



# Università degli Studi di Ferrara

## DOTTORATO DI RICERCA IN "SCIENZE E TECNOLOGIE PER L'ARCHEOLOGIA E I BENI CULTURALI"

CICLO XXIV

COORDINATORE Prof. Carlo Peretto

### ***LE PEUPEMENT DE L'ASIE DU SUD-EST PAR HOMO SAPIENS : ANALYSE DE LA VARIABILITE MORPHOLOGIQUE DES MOLAIRES DEFINITIVES HUMAINES***

Settore Scientifico Disciplinare BIO/08

**Dottorando**  
Dott. Julien Corny

**Tutore**  
Prof. Carlo Peretto

**Tutore**  
Marta Arzarello

**Tutore**  
Florent Détroit

Anni 2009/2012



**Le peuplement de l'Asie du Sud-Est par *Homo sapiens* :  
analyse de la variabilité morphologique des molaires définitives humaines.**

Résumé : La diversité humaine moderne en Asie du Sud-Est a longtemps été considérée comme le résultat de deux vagues de migrations majeures. Pourtant des scénarios alternatifs, et souvent plus complexes, ont été proposés. L'étude de la variabilité morphologique occupe une place centrale dans ce débat car les fossiles et séries ostéologiques et dentaires sont des témoins directs des événements passés qui ont modelé la diversité biologique de l'homme.

Le présent travail repose sur une étude comparative de la conformation du contour des couronnes des molaires définitives humaines modernes. Cette approche est adaptée à l'étude du peuplement de l'Asie du Sud-Est car elle permet un large échantillonnage archéologique et l'analyse rigoureuse des variations de la forme (taille et conformation des dents ont un fort degré d'héritabilité). Au total, 1537 molaires ont été échantillonnées en Asie du Sud-Est continentale et insulaire, en Australie et en Mélanésie, dont 661 provenant de contextes archéologiques couvrant les périodes chrono-culturelles du Pléistocène supérieur à la période actuelle. Plusieurs innovations importantes ont permis de résoudre des difficultés méthodologiques liées à l'anatomie des contours des molaires : (i) l'élaboration d'une méthode de normalisation (= standardisation) des contours des molaires humaines permettant l'application des descripteurs elliptiques de Fourier pour l'étude morphométrique des molaires humaines, (ii) la création d'une méthode robuste d'identification anatomique du rang des molaires humaines isolées à partir de l'analyse de la conformation de leur contour ( $\leq 5\%$  d'erreur de détermination).

Les résultats obtenus par l'analyse de la variabilité morphologique des molaires, par la quantification et la description des affinités morphologiques entre groupes humains, et par la modélisation des principales hypothèses de peuplement, soutiennent l'hypothèse d'une histoire de l'homme moderne en Asie du Sud-Est basée sur plusieurs mouvements majeurs de populations, depuis le Pléistocène supérieur. Nos résultats mettent aussi en exergue le rôle important joué sur la structuration de la variabilité biologique humaine par les variations eustatiques (notamment lors du dernier maximum glaciaire) et les mouvements de populations ayant accompagné la diffusion du Néolithique dans certaines régions. Ces résultats concordent avec ceux de plusieurs travaux récents de génétique des populations. Ils concourent par ailleurs à souligner le rôle clé de l'Asie du Sud-Est dans la compréhension de l'histoire et la diversité d'*Homo sapiens*.

Mots-clés : morphométrie géométrique, analyses de contour, descripteurs elliptiques de Fourier, normalisation, identification anatomique, modélisation, homme anatomiquement moderne, migrations, Néolithique.

**The peopling of Southeast Asia by *Homo sapiens*:  
analysis of the morphological variability of permanent human molars**

Abstract: The biological diversity of modern humans in Southeast Asia has long been regarded as resulting of two major migrations waves. Nevertheless, alternative and/or more complex scenarios have also been proposed. Analysis of the morphological variability of osteological and dental archaeological series is a corner stone as they are direct evidence of the main past events that shaped the modern human diversity in the region.

The present study is based on a comparative analysis of the crown contour shape of permanent modern human molars with the combined advantages of a large archaeological sampling and the use of methods which allow detecting and quantifying low intraspecific morphological changes (size and shape of human teeth have a high degree of heritability). The sample includes 1537 modern human molars from Mainland and Island Southeast Asia, Australia and Melanesia; 661 are coming from various chrono-cultural periods spanning from the Upper Pleistocene to the sub-actual period. Important methodological developments presented in this work circumvent major difficulties due to particular crown features of human molars: (i) development of a new procedure for the normalization (= standardization) of molar crown outlines that allows using elliptic Fourier analysis, (ii) creation of a new method for the determination of the rank of isolated modern human molars that is highly reliable ( $\leq 5\%$  of misclassifications).

Our results, based on quantified patterns of shape and size diversity, morphological affinities as well as elaboration and test of design matrices modeling main hypotheses for the peopling of Southeast Asia, are congruent with scenarios based on series of migratory processes since the Upper Pleistocene. Sea level variations (especially at the Last Glacial Maximum) and demic diffusion of the "Neolithic" in certain regions are likely to impact significantly on the structure of the biological diversity of modern humans in Southeast Asia. The major outcomes of the present study are congruent with the results of several recent genetic works in the region. In conclusion, Southeast Asia is a key region for future development aiming at understanding the history and diversity of *Homo sapiens*.

Keywords: geometric morphometrics, contour shape analysis, elliptic Fourier analysis, normalization, anatomical determination, settlement models, anatomically modern human, migrations, Neolithic.

**Il popolamento del Sud-Est asiatico da parte dell'*Homo sapiens* :  
analisi della variabilità morfologica dei molari definitivi umani.**

Riassunto: La moderna diversità umana del Sud-Est asiatico è stata per molto tempo considerata come il risultato di due principali ondate migratorie. Tuttavia sono stati proposti alcuni scenari alternativi, spesso più complessi. Lo studio della variabilità morfologica occupa un posto centrale nel dibattito perché i fossili e le serie osteologiche e dentali archeologiche sono testimoni diretti degli eventi passati che hanno plasmato la diversità biologica dell'uomo.

Il presente lavoro si basa su uno studio comparativo della conformazione di contorno delle corone dei molari definitivi umani moderni. Questo approccio è stato adattato allo studio del popolamento dell'Asia del Sud-Est perché la regione conserva un ampio campionario archeologico che permette l'analisi rigorosa delle variazioni della forma (taglia e conformazione dei denti hanno un alto grado di ereditabilità). Il nostro campione è composto in totale da 1537 molari provenienti dall'Asia del Sud-Est, continentale e insulare, dall'Australia e dalla Melanesia, tra questi, 661 provengono da contesti archeologici che coprono i periodi crono-culturali dal Pleistocene superiore al periodo attuale. Numerose importanti innovazioni hanno permesso di risolvere difficoltà metodologiche legate all'anatomia dei contorni dei molari: (i) l'elaborazione di un metodo di normalizzazione (= standardizzazione) dei contorni dei molari umani che permetta di applicare i descrittori ellittici di Fourier allo studio morfometrico dei molari, (ii) la creazione di un solido metodo di identificazione anatomica del rango dei molari umani isolati basato sull'analisi della conformazione del loro contorno ( $\leq 5\%$  dell'errore di determinazione).

I risultati ottenuti dall'analisi della variabilità morfologica dei molari, dalla quantificazione e descrizione delle affinità morfologiche tra gruppi umani e dalla modellizzazione delle principali ipotesi di popolamento, sostengono l'ipotesi di una storia dell'uomo moderno in Asia del Sud-Est basata su diversi movimenti di popolazioni, a partire dal Pleistocene superiore. I nostri risultati evidenziano, inoltre, l'importante ruolo che le variazioni eustatiche (specialmente durante l'ultimo massimo glaciale) e i movimenti di popolazioni che hanno accompagnato la diffusione del Neolitico in alcune regioni, hanno giocato sulla strutturazione della variabilità biologica umana. Questi risultati concordano con quelli di alcuni recenti lavori di genetica delle popolazioni e concorrono a sottolineare il ruolo chiave che il Sud-Est asiatico ricopre nella comprensione della storia e della diversità dell'*Homo sapiens*.

Parole chiavi: morfometria geometrica, analisi di contorno, descrittori ellittici di Fourier, normalizzazione, identificazione anatomica, modellizzazione, uomo anatomicamente moderno, migrazioni, Neolitico.



## Remerciements

L'occasion m'est donnée ici d'exprimer toute ma reconnaissance aux nombreuses personnes qui ont accompagné ce travail à des degrés divers et qui ont permis sa finalisation. A commencer par les personnes qui ont accepté de le juger.

J'aimerais vivement remercier Carlo Peretto et Marta Arzarello pour m'avoir accueilli au sein du *Dipartimento di Biologia ed Evoluzione* de l'*Università degli Studi di Ferrara*, et pour leur encadrement. J'ai eu l'opportunité de faire mes premiers pas de chercheur aux Philippines, il y a quelques années au côté de Marta, et depuis, j'ai toujours bénéficié de son soutien sans faille, de sa disponibilité et de son expertise scientifique. Je l'en remercie profondément.

Je suis heureux d'avoir l'opportunité en ces quelques lignes d'exprimer toute ma reconnaissance à Florent Détroit (Muséum national d'Histoire naturelle). Pendant ces années de doctorat, et même avant en Master, il a su me communiquer son engouement pour la recherche. Plus qu'un travail d'encadrement, il a su prendre en compte avec psychologie et finesse, toutes les tergiversations d'un jeune chercheur. De plus, sa disponibilité constante et ses relectures ont été des plus précieuses jusqu'aux derniers moments de ce travail. En un mot, merci.

Je souhaite exprimer ma gratitude à François Sémah et Christophe Falguères pour leur intérêt en ce projet, et pour m'avoir accueilli au sein du Département de Préhistoire du Muséum national d'Histoire naturelle. Le soutien répété de François Sémah à des moments clés a été décisif. A ce titre, je souhaite remercier également Dominique Grimaud-Hervé (Département de Préhistoire)

Ce travail a bénéficié de l'accès à de nombreuses collections ostéologiques grâce à l'accueil et aux soutiens d'un grand nombre de personnes :

Je remercie Philippe Mennecier et Alain Froment pour m'avoir permis l'accès aux grandes collections de références du Musée de l'Homme-Muséum national d'Histoire naturelle. Un grand merci à Aurélie Fort, Véronique Laborde et Liliana Huet pour leur grande disponibilité et leur aide tout au long de ces années.

C. Alvina, W.P. Ronquillo et E.Z. Dizon m'ont donné un accès complet aux riches collections du *National Museum of the Philippines*. J'aimerais aussi remercier tous les membres de l'*Archaeology Division*, particulièrement S.C.B Jago-on, H. Bautista, R. Fernandez et Jimmy. Concernant les collections du *Palawan Museum Branch* de Quezon (Philippines, Palawan), merci à N. Radam, A.S. Sta. Iglesia, R.E. Fernandez. Pour avoir rendu possible et facilité l'étude du matériel préservé à la *National Museum station of Peñablanca* (Luzon), j'aimerais remercier profondément D. Pagulayan et N. Pagulayan pour leur accueil et leur gentillesse pendant ces quelques jours à la station. Merci aussi à P. Pagulayan, B. Pacion et L. Soriano Jr. dont l'aide a été précieuse pendant ces quelques jours à *Peñablanca*.

Je voudrais remercier V. Paz et A.S. Mijares de l'*Archaeological Studies Program (ASP)* de l'*University of the Philippines* pour m'avoir favorisé l'accès aux collections des grottes d'Ille

et Callao. Merci aussi à M. Lara pour le partage de ses connaissances sur les collections ostéologiques d'Ille. Je remercie également Aya, Jane, Janine, Vito, et bien d'autres, pour leur accueil à l'ASP.

Un grand merci à J. de Vos pour le temps qu'il m'a consacré et au partage de ses connaissances détaillées sur les célèbres ossements humains conservés au *National Museum of Natural History* de Leiden (Pays-Bas).

Pour les collections préservées à l'*Institute of Archaeology* de Hanoï, je remercie Nguyen Giang Hai, Nguyen Kim Thuy and Nguyen Thi Mai Huong pour l'accès complet aux collections et leur accueil chaleureux. Je salue particulièrement Nguyen Anh Tuan pour ses nombreuses indications concernant les collections, sa gentillesse et le cœur qu'il a mis à me faire découvrir Hanoï et à essayer de m'apprendre à manger avec des baguettes.

Toute ma gratitude va également à la Man Bac *team*, qui m'a donné accès sans réserve au matériel. Merci particulièrement à H. Matsumura, M.F. Oxenham et D.G. Huffer pour leur intérêt dans ce projet. M. Oxenham m'a particulièrement aidé par sa connaissance des sites archéologiques du Nord du Vietnam.

La passion de Nguyen Viet (*Center for Southeast Asian Prehistory, Pham Huy Thong Museum, Quang Ninh, Vietnam*) pour le site de Dong Xa, fût communicative et son accueil des plus sympathiques.

Je remercie le *Thai Fine Arts Department*, en particulier le bureau régional de Phimai, pour m'avoir permis l'accès aux collections de Ban Non Wat. A ce titre, je voudrais grandement remercier C. Higham (*University of Otago*), R. Thosarat et A. Kijngam (*Fine Arts Dept.*). Je remercie chaleureusement N. Tayles (*University of Otago*) pour le partage des données et pour m'avoir pris sous son aile pendant le mois passé à Phimai !

Mes remerciements vont également à Gisselle Garcia-Pack et Ian Tattersall pour l'accès aux collections de l'*American Museum of Natural History* de New York. Merci également à E. Delson et C. Astorino.

Je remercie P. Bellwood qui a eu un rôle de premier plan dans ce travail, par ses conseils et sa connaissance immense du terrain, ainsi que par son aide pour l'accès à nombre de collections. Je remercie également K. Szabó pour les informations sur les sites de Palawan. A. Lee a été d'une grande gentillesse en soutenant un de mes projets en début de thèse.

U. Thun Hohenstein, C. Falguères, Y. Badday, Lena Fabbri ont grandement participé au bon déroulement de ce doctorat, et toujours disponible à l'heure même où j'écris ces lignes.

L'aspect scientifique et méthodologique de ce projet doit beaucoup aux discussions avec T. Ingicco, M. Friess, N. Bonneau, L. Puymérail, A. Evin, C. Zanolli, G. Daver, F. Demeter, A. Balzeau.

Ce travail a reçu le support financier de SYNTHESYS, du Département de Préhistoire du Muséum national d'Histoire naturelle et de l'IUSS-Ferrara 1391. Je remercie profondément les personnes qui en sont à l'origine.



Tout autrement mais tout aussi importants, le soutien de mes amis, certains depuis longtemps déjà, et d'autre plus récemment : Laurent (0-4), Jean-Jacques Smitch, Boris, le Bat, Caro, Alix, Pierre, Clément, Guillaume, Aude, Audrey, Stéphane, Madda, Patricia, Cat, Hermine, JT, Julie(s), Archie, Thomas, Noémie, Yvette, Xavier, et al.

Enfin j'aimerais conclure avec mes proches. Ma famille m'a soutenu dans mes projets...même lorsqu'il s'agit de quelques malheureuses molaires...mouais certains se reconnaissent! En particulier, mes parents m'ont toujours témoigné un soutien sans faille. Je remercie infiniment Gilles et Monique. Et bien sûr, ma dernière pensée, mais pas la moindre, va à celle qui partage ma vie et malheureusement aussi pour elle la fin de ma thèse ! ...mais quelque chose me dit que la situation va s'inverser bientôt.



*“Ce qui est connu est fini ; ce qui est inconnu, infini ; intellectuellement, nous nous trouvons sur un îlot au milieu d’un océan illimité de matière inexplicable. C’est l’affaire de chaque génération que d’arracher aux flots un petit bout de terre en plus, d’ajouter quelque chose à l’étendue et à la solidité de nos possessions.”*

Thomas Henry Huxley (1887)



## TABLE DES MATIERES

### **PARTIE I: INTRODUCTION ET CONTEXTE**

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>21</b>
<b>1. ORIGINE ET ÉVOLUTION D’<i>HOMO SAPIENS</i> EN ASIE DU SUD-EST .....</b>	<b>31</b>
1.1. HYPOTHESE A DEUX VAGUES DE MIGRATION .....	31
1.1.1. <i>La première vague.....</i>	31
1.1.1.1. Quand sont-ils arrivés ? .....	31
1.1.1.2. Quelles routes ont-ils empruntées ? .....	33
1.1.1.3. Quelle est leur origine ? .....	35
1.1.2. <i>La deuxième vague.....</i>	39
1.1.2.1. Cadre chronologique et géographique de l’expansion .....	39
1.1.2.2. Les familles des langues austronésiennes .....	41
1.1.2.3. Le « package » néolithique .....	42
1.1.2.4. Données ostéologiques .....	43
1.1.2.5. Données génétiques .....	45
1.2. LES HYPOTHESES ALTERNATIVES.....	46
1.2.1. <i>Hypothèse à une seule vague de migration majeure.....</i>	46
1.2.2. <i>Plusieurs vagues de migrations.....</i>	50
1.2.3. <i>Une Asie du Sud-Est insulaire active.....</i>	53
1.3. QUESTIONS LIEES A LA VARIABILITE MORPHOLOGIQUE ET HYPOTHESES DE CE TRAVAIL .....	55

### **PARTIE II: MATERIEL ET METHODES**

<b>2. MATÉRIEL.....</b>	<b>61</b>
2.1. DEFINITIONS GEOGRAPHIQUES ET CHRONOLOGIQUES DE L’ECHANTILLON .....	62
2.1.1. <i>Définitions géographiques.....</i>	62
2.1.2. <i>Définitions chronologiques.....</i>	64
2.2. MATERIEL COMPARATIF RECENT.....	66
2.3. CORPUS ARCHEOLOGIQUE .....	66
2.3.1. <i>Les sites du nord du Vietnam.....</i>	70
2.3.1.1. Sites préneolithiques découverts au début du XX <sup>ème</sup> siècle .....	70
2.3.1.2. Mai Da Dieu et Mai Da Nuoc.....	72
2.3.1.3. Con Co Ngua.....	73
2.3.1.4. Man Bac .....	74
2.3.1.5. Les sites de l’Age des Métaux .....	76
2.3.2. <i>Tam Hang (Laos).....</i>	77

2.3.3.	<i>Thaïlande : Ban Non Wat</i> .....	78
2.3.4.	<i>Malaisie péninsulaire : Guar Kepah</i> .....	78
2.3.5.	<i>Les sites d'Indonésie</i> .....	81
2.3.5.1.	Les sites de Java .....	81
2.3.5.2.	Les sites de l'île de Florès .....	84
2.3.5.2.1.	Liang Toge .....	84
2.3.5.2.2.	Liang Momer .....	85
2.3.5.2.3.	Les autres sites de Florès .....	87
2.3.5.3.	Le site de Leang Tjadang (Sulawesi).....	88
2.3.6.	<i>Les sites des Philippines</i> .....	88
2.3.6.1.	Nord de Luzon .....	89
2.3.6.1.1.	Callao .....	89
2.3.6.1.2.	Les sites des amas coquilliers de Lal-lo.....	91
2.3.6.1.3.	Site de Conciso (amas coquillier de Catayauan).....	92
2.3.6.1.4.	Site de Dombrique (amas coquillier de Catugan).....	93
2.3.6.1.5.	Site de Siriban (amas coquillier de San Lorenzo).....	93
2.3.6.2.	Les sites de l'île de Palawan.....	94
2.3.6.2.1.	La grotte d'Ille.....	94
2.3.6.2.2.	Leta Leta.....	95
2.3.6.2.3.	Bato Puti.....	97
<b>3.</b>	<b>ETUDE DE LA CONFORMATION DES MOLAIRES DÉFINITIVES HUMAINES: THÉORIE ET APPLICATIONS</b> .....	<b>99</b>
3.1.	MORPHOMETRIE: NOTIONS FONDAMENTALES ET DEFINITIONS.....	99
3.1.1.	<i>Définitions</i> .....	99
3.1.1.1.	Morphométrie linéaire .....	100
3.1.1.2.	Morphométrie géométrique .....	101
3.1.2.	<i>Méthodes basées sur les points-repères</i> .....	102
3.1.3.	<i>Méthodes d'analyses de contours</i> .....	104
3.1.4.	<i>Etude de la conformation des molaires humaines : quelle méthode choisir ?</i> .....	106
3.2.	LES DESCRIPTEURS DE FOURIER.....	109
3.2.1.	<i>Les séries de Fourier</i> .....	109
3.2.2.	<i>Les fonctions de Fourier elliptiques</i> .....	109
3.2.3.	<i>Elaboration d'une méthode de normalisation</i> .....	111
3.2.4.	<i>La transformée de Fourier inverse</i> .....	113
<b>4.</b>	<b>PROTOCOLE D'ACQUISITION DES DONNÉES</b> .....	<b>115</b>
4.1.	DESCRIPTION DU DISPOSITIF OPTIQUE.....	115
4.1.1.	<i>Déformations optiques et qualité d'image</i> .....	115
4.1.2.	<i>La parallaxe</i> .....	117
4.2.	NUMERISATION .....	120

4.3.	QUANTIFICATION DE L'ERREUR DE MESURE.....	121
4.3.1.	<i>Test de répétabilité.....</i>	121
4.3.2.	<i>Choix du nombre d'harmoniques.....</i>	122
4.3.3.	<i>Mesure de la taille.....</i>	124
<b>5.</b>	<b>MÉTHODES D'ANALYSES STATISTIQUES ET MODÉLISATION DES HYPOTHÈSES DE PEUPEMENT.....</b>	<b>127</b>
5.1.	DESCRIPTION DE LA VARIABILITE MORPHOLOGIQUE DES MOLAIRES.....	128
5.1.1.	<i>Tailles et allométries.....</i>	128
5.1.1.1.	Comparaison de la taille des molaires.....	128
5.1.1.2.	Identification et description des allométries.....	129
5.1.2.	<i>Analyses en composantes principales (ACP).....</i>	130
5.1.3.	<i>MANOVA non-paramétriques et analyses discriminantes linéaires.....</i>	131
5.1.3.1.	MANOVA non-paramétriques (NPMANOVA).....	131
5.1.4.	<i>Elaboration de phénogrammes.....</i>	132
5.2.	MODELISATION DES HYPOTHESES DE PEUPEMENT.....	133
5.2.1.	<i>Calcul des matrices chrono-géographiques.....</i>	133
5.2.2.	<i>Définitions chrono-géographiques des groupes.....</i>	135
5.2.3.	<i>Les modèles de peuplement.....</i>	136
5.2.3.1.	Modèle d'isolement par distances (matrice IBD).....	136
5.2.3.2.	Modèle à une seule vague de migration (matrice 1MIG).....	137
5.2.3.3.	Modèle à deux vagues de migration (matrice 2MIGa et 2MIGb).....	139
5.2.3.4.	Modèle « dernier maximum glaciaire » (matrice LGM).....	141
5.2.3.5.	Modèle Nusantao (matrice NUSAN).....	142
5.3.	TRAITEMENTS STATISTIQUES AVEC R.....	143
<b>6.</b>	<b>CRÉATION D'UNE MÉTHODE D'IDENTIFICATION DU RANG DES MOLAIRES HUMAINES ISOLÉES.....</b>	<b>145</b>
6.1.	OBJECTIFS.....	145
6.2.	MATERIEL ET METHODES.....	147
6.3.	SYNTHESE DES RESULTATS ET DE LA DISCUSSION.....	149
6.4.	APPLICATION SUR LES MOLAIRES ISOLEES DE L'ECHANTILLON.....	150

## **PARTIE III: RESULTATS**

<b>7. TAILLE ET CONFORMATION DES PREMIÈRES MOLAIRES SUPÉRIEURES DÉFINITIVES</b>	<b>157</b>
7.1. TRAITEMENT DE LA CUSPIDE DE CARABELLI.....	157
7.2. ANALYSE DE LA TAILLE.....	158
7.3. ANALYSE DE LA CONFORMATION.....	160
7.3.1. <i>Description des allométries</i> .....	160
7.3.2. <i>Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est continentale</i> .....	165
7.3.2.1. Nord du Vietnam.....	165
7.3.2.2. Le site de Ban Non Wat.....	167
7.3.2.3. Malaisie péninsulaire.....	169
7.3.2.4. Totalité de l'Asie du Sud-Est continentale.....	171
7.3.2.5. Focus sur les spécimens préneolithiques.....	173
7.3.2.6. Focus sur les spécimens du Néolithique et de l'Age des Métaux.....	174
7.3.3. <i>Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est insulaire et Australo-Mélanésie</i> .....	176
7.3.3.1. Les Philippines.....	176
7.3.3.2. Les individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire.....	176
7.3.3.3. Les individus récents d'Australo-Mélanésie.....	179
7.3.3.4. Spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire.....	181
7.3.4. <i>Variabilité morphologique de la totalité de l'échantillon</i> .....	184
7.3.4.1. Arbre de distance avec la méthode du NJ.....	184
7.3.4.2. Arbre de distance avec la méthode UPGMA.....	187
7.4. RESULTATS DES MODELISATIONS.....	187
<b>8. TAILLE ET CONFORMATION DES DEUXIÈMES MOLAIRES SUPÉRIEURES DÉFINITIVES</b>	<b>191</b>
8.1. ANALYSE DE LA TAILLE.....	191
8.2. ANALYSE DE LA CONFORMATION.....	193
8.2.1. <i>Description des allométries</i> .....	193
8.2.2. <i>Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est continentale</i> .....	196
8.2.2.1. Nord du Vietnam.....	196
8.2.2.2. Le site de Ban Non Wat.....	201
8.2.2.3. Malaisie péninsulaire.....	203
8.2.2.4. Totalité de l'Asie du Sud-Est continentale.....	203
8.2.2.5. Focus sur les spécimens préneolithiques.....	207
8.2.2.6. Focus sur les spécimens du Néolithique et de l'Age des Métaux.....	208
8.2.3. <i>Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est insulaire et Australo-Mélanésie</i> .....	208
8.2.3.1. Les Philippines.....	208
8.2.3.2. Les individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire.....	210
8.2.3.3. Les individus récents d'Australo-Mélanésie.....	211
8.2.3.4. Spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire.....	213
8.2.4. <i>Variabilité morphologique de la totalité de l'échantillon</i> .....	216
8.2.4.1. Arbre de distances avec la méthode du NJ.....	216



8.2.4.2.	Arbre de distances avec la méthode UPGMA .....	218
8.3.	RESULTAT DES MODELISATIONS .....	220
<b>9.</b>	<b>TAILLE ET CONFORMATION DES PREMIÈRES MOLAIRES INFÉRIEURES DÉFINITIVES</b>	<b>223</b>
9.1.	ANALYSE DE LA TAILLE .....	223
9.2.	ANALYSE DE LA CONFORMATION .....	224
9.2.1.	<i>Description des allométries</i> .....	224
9.2.2.	<i>Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est continentale</i> .....	229
9.2.2.1.	Nord du Vietnam .....	229
9.2.2.2.	Le site de Ban Non Wat .....	233
9.2.2.3.	Totalité de l'Asie du Sud-Est continentale .....	234
9.2.2.4.	Focus sur les spécimens préneolithiques .....	235
9.2.2.5.	Focus sur les spécimens du Néolithique et de l'Age des Métaux .....	238
9.2.3.	<i>Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est insulaire et Australo-Mélanésie</i> .....	238
9.2.3.1.	Les Philippines .....	238
9.2.3.2.	Les individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire.....	239
9.2.3.3.	Les individus récents d'Australo-Mélanésie .....	240
9.2.3.4.	Spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire .....	241
9.2.4.	<i>Variabilité morphologique de la totalité de l'échantillon</i> .....	243
9.2.4.1.	Arbre de distances avec la méthode du NJ .....	244
9.2.4.2.	Arbre de distances avec la méthode UPGMA .....	245
9.3.	RESULTATS DES MOLELISATIONS .....	247
<b>10.</b>	<b>TAILLE ET CONFORMATION DES DEUXIÈMES MOLAIRES INFÉRIEURES DÉFINITIVES</b>	<b>249</b>
10.1.	ANALYSE DE LA TAILLE .....	249
10.2.	ANALYSE DE LA CONFORMATION .....	250
10.2.1.	<i>Description des allométries</i> .....	250
10.2.2.	<i>Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est continentale</i> .....	252
10.2.2.1.	Nord du Vietnam.....	252
10.2.2.2.	Le site de Ban Non Wat .....	253
10.2.2.3.	Totalité de l'Asie du Sud-Est continentale .....	254
10.2.2.4.	Focus sur les spécimens préneolithiques .....	256
10.2.2.5.	Focus sur les spécimens du Néolithique et de l'Age des Métaux .....	258
10.2.3.	<i>Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est insulaire et Australo-Mélanésie</i> .....	258
10.2.3.1.	Les Philippines.....	258
10.2.3.2.	Les individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire .....	260
10.2.3.3.	Les individus récents d'Australo-Mélanésie .....	260
10.2.3.4.	Spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire.....	262
10.2.4.	<i>Variabilité morphologique de la totalité de l'échantillon</i> .....	264
10.2.4.1.	Arbre de distance avec la méthode du NJ.....	265
10.2.4.2.	Arbre de distance avec la méthode UPGMA.....	266
10.3.	RESULTATS DES MODELISATIONS.....	268

## **PARTIE IV: DISCUSSION ET CONCLUSION**

<b>11. SYNTHÈSE ET DISCUSSION.....</b>	<b>273</b>
11.1. CONSIDÉRATIONS MÉTHODOLOGIQUES ET ÉVOLUTIVES DES RÉSULTATS OBTENUS SUR LES DIFFÉRENTS DENTS .....	273
11.2. VARIABILITÉ ET AFFINITÉS MORPHOLOGIQUES .....	276
11.2.1. <i>Trois pôles morphologiques ?</i> .....	276
11.2.1.1. Les affinités morphologiques .....	276
11.2.1.2. Le pôle australo-mélanésien.....	276
11.2.1.3. Deux pôles asiatiques ? .....	277
11.2.1.4. Les variations de taille des molaires.....	279
11.3. MORPHOLOGIE DES GROUPES HUMAINS PRÉNEOLITHIQUES .....	280
11.3.1. <i>Une morphologie hétérogène</i> .....	280
11.3.1.1. Variabilité morphologique préneolithique continentale .....	281
11.3.1.2. Variabilité morphologique préneolithique insulaire .....	281
11.3.1.3. Plusieurs migrations préneolithiques ? .....	282
11.3.2. <i>Un signal morphologique majeur du Néolithique ?</i> .....	284
11.3.2.1. En Asie du Sud-Est continentale .....	284
11.3.2.2. En Asie du Sud-Est insulaire.....	287
11.3.3. <i>Influence du facteur géographique</i> .....	288
11.4. QUEL MODÈLE DE PEUPLEMENT ? .....	290
<b>CONCLUSION .....</b>	<b>295</b>

# **PARTIE I**

---

## **INTRODUCTION ET CONTEXTE**



# INTRODUCTION

---

Depuis les observations de A.R. Wallace au milieu du XIX<sup>ème</sup> siècle jusqu'aux avancées de la génétique en ce début de XXI<sup>ème</sup> siècle, en passant par les découvertes du *Pithecanthropus* de Java (Dubois, 1894) ou du « hobbit » de Florès (*Homo floresiensis* ; Brown et al., 2004 ; Morwood et al., 2004), l'Asie du Sud-Est a toujours occupé une place centrale dans la quête de nos origines. L'Asie du Sud-Est est témoin des premières migrations de notre espèce hors d'Afrique : notre compréhension de la complexité de ces premières arrivées, faites de rencontres probablement fécondes avec certains groupes d'homininés archaïques préexistants (Reich et al., 2010, 2011), a un impact direct sur la perception de notre diversité biologique (Stringer, 2012). Par ailleurs, l'Asie du Sud-Est est un terrain de choix pour l'étude de l'interaction de l'homme avec son environnement. Les variations eustatiques liées au dernier maximum glaciaire n'ont peut-être provoqué nulle part ailleurs un bouleversement géographique aussi grand qu'en Asie du Sud-Est. Si en Europe les conditions environnementales lors de cette période ont probablement favorisé la formation de barrières naturelles pour les hommes, l'exondation de l'immense plate-forme de la Sonde en Indonésie occidentale et Malaisie péninsulaire a pu être au contraire un vecteur de dispersions humaines. La hausse rapide du niveau des mers après le dernier maximum glaciaire, atteignant même un niveau supérieur à celui que nous connaissons actuellement au cours de l'Holocène, permet d'étudier l'adaptation biologique et comportementale de l'homme à des changements d'environnement drastiques. Les nombreuses îles de la zone de Wallace posent la question des premières traversées maritimes avec bien sûr l'arrivée de l'homme en Australie mais aussi avec la découverte récente d'un métatarse du genre *Homo* daté de 68000 BP sur l'île de Luzon aux Philippines (Mijares et al., 2010). Pendant l'Holocène, les modalités d'apparition du mode de vie néolithique sont des sujets de controverses dans plusieurs régions du monde, et l'Asie du Sud-Est illustre parfaitement ce débat avec

notamment les discussions autour de l'impact génétique d'une des plus grandes expansions linguistiques de l'histoire de l'homme : celle de la famille des langues austronésiennes.

Appréhender l'histoire et la diversité biologique de l'homme moderne en Asie du Sud-Est dépasse donc un cadre uniquement régional et constitue un point central dans la compréhension de notre espèce.

## **Les hypothèses de peuplement de l'Asie du Sud-Est par l'homme moderne**

### Un paradigme : le peuplement de l'Asie du Sud-Est en deux vagues de migrations

La diversité biologique de l'homme moderne en Asie du Sud-Est et en Océanie (incluant l'Australie) a longtemps été perçue comme une dichotomie entre groupes humains modernes dits « Australo-Mélanésiens<sup>1</sup> » (actuellement représentés par les Aborigènes d'Australie, les Mélanésiens et les « Négritos ») et ceux autrefois appelés « Mongoloïdes » (la grande majorité des habitants actuels de l'Asie du Sud-Est). Dès le XIX<sup>ème</sup> siècle, notamment par l'observation des groupes dits « Négritos », ces deux grands pôles morphologiques ont été interprétés en terme d'hypothèses de peuplement : les Négritos ont été considérés comme les descendants de populations ancestrales « australo-mélanésiennes » qui auraient peuplé l'Asie du Sud-Est au Pléistocène supérieur et au début de l'Holocène avant l'arrivée des populations « mongoloïdes » venues du Nord (Pickering, 1850, « *the geographical distribution sufficiently indicates that the Negritto race once occupied more space than it does at this time, and that in many instances it has preceded the dissemination of other races* », p.180 ; Newton, 1920 ; Hrdlička, 1921 ; von Koenigswald, 1952). A partir des années 1980, ce modèle à deux vagues de migration majeures reçut un

---

<sup>1</sup> Il est nécessaire de préciser l'utilisation de certains termes pouvant être perçus comme faux et dépassés dans un travail scientifique moderne. Dans les pages suivantes, des mots tels que « Mongoloïde », « Australoïde », « Négrito » peuvent être compris comme faisant directement référence à la notion de race. Ils ne sont en fait utilisés qu'à des fins de synthèse, de visualisation, de simplification et ne représentent, bien sûr, pas une réalité biologique. Ainsi, un fossile ou une population qualifiée de « mongoloïde » ou « australoïde » désignera des hommes semblant avoir un nombre assez important de points communs avec les habitants d'Asie du Sud-Est ou d'Australie, mais sans oublier que la nature de la variabilité biologique humaine rend inexacte ce genre de raccourci. « La notion de race, comme celle de cline ou de population, est une abstraction utilisée pour organiser une information : ce n'est pas un fait réel mais un outil, pas une fin en soi mais un moyen d'organiser les données » (Susanne & Polet, 2005)

cadre théorique avec la synthèse proposée par P. Bellwood intégrant données archéologiques, linguistiques et biologiques (Bellwood, 1997). P. Bellwood relia l'apparition de l'agriculture en Asie du Sud-Est à l'expansion de la famille des langues austronésiennes et austro-asiatiques par un modèle de diffusion démique du Néolithique depuis un foyer situé en Chine du Sud-Est à partir de 6000/5000 BP (Bellwood 1997, 2001). Ces grandes vagues d'expansion néolithiques depuis la Chine auraient progressivement absorbé les groupes humains « australo-mélanésiens », issus d'une première vague de migration au Pléistocène supérieur qui avait atteint l'Australie vers 40000/60000 BP. Depuis près d'une trentaine d'années, la plupart des données archéologiques (multidisciplinaires) sont interprétées à la lumière de ce modèle, parfois qualifié de « paradigme » par ses détracteurs (Terrell et al., 2001 ; Solheim, 2006).

#### Les hypothèses alternatives

Ce schéma de deux vagues de migration majeures est certainement trop simple : certaines études paléanthropologiques, génétiques et archéologiques (*e.g.* Détroit, 2002 ; Hill et al., 2007 ; Bulbeck, 2008 ; Karafet et al., 2010) soulignent la complexité des processus démographiques et l'hétérogénéité biologique et culturelle dans la région bien avant l'arrivée hypothétique d'une vague de migration néolithique. De plus, les partisans du modèle à deux vagues de migration indiquent eux-mêmes que des « zones de frictions » caractérisées par des populations denses de chasseurs-cueilleurs et/ou des environnements peu propices à l'agriculture (par exemple les forêts tropicales denses) ont certainement freiné l'expansion démique du Néolithique (Bellwood, 2001 ; Higham, 2011). Des métissages entre chasseurs-cueilleurs et nouveaux arrivants sont également intervenus à plus ou moins grande échelle (Diamond & Bellwood, 2003). En outre, Oppenheimer (2004) précise que l'expansion d'une culture matérielle et d'une famille de langues peut être indépendante des mouvements réels de populations. Szabó & O'Connor (2004), tout en ne remettant pas nécessairement en question l'existence d'importants mouvements de populations et l'expansion des langues austronésiennes pendant l'Holocène, précisent que la linguistique et

la culture matérielle ne concordent pas forcément et qu'il est dangereux d'associer les témoins culturels archéologiques à l'expression culturelle d'un seul groupe sans avoir au préalable réalisé des « analyses comparatives rigoureuses ». Ainsi, les importants changements de mode de subsistance observés à partir du Néolithique pourraient aussi être envisagés indépendamment des mouvements de populations, par exemple par le biais d'échanges économiques et culturels (transmission horizontale) et pas uniquement par des mouvements de populations apportant un nouveau système économique et une nouvelle culture (transmission verticale) (Szabó & O'Connor, 2004).

Plusieurs hypothèses alternatives de peuplement de l'Asie du Sud-Est ont donc été proposées mais leur difficulté à présenter une synthèse multidisciplinaire cohérente a souvent limité leur influence. Cette situation évolue depuis quelques années avec (i) les nouvelles perspectives apportées par les études génétiques, (ii) la multiplication de découvertes archéologiques permettant d'affiner les chronologies existantes et de discuter d'éventuelles « sphères d'interaction » (Bulbeck, 2008), (iii) des critiques argumentées du paradigme de Blust (1995, 1996) sur la phylogénie des langues austronésiennes. Ces nouvelles données soulignent notamment l'influence prépondérante des variations eustatiques depuis le dernier maximum glaciaire sur la variabilité biologique de l'homme moderne et ses échanges culturels. Les interprétations alternatives du peuplement de la région sont donc très diverses, allant d'un modèle basé uniquement sur des processus d'évolution locale depuis la vague initiale de peuplement de l'Asie du Sud-Est, jusqu'à d'autres proposant de multiples migrations/expansions de populations depuis le Pléistocène supérieur et modérant l'impact démographique du Néolithique. Le premier chapitre de ce travail revient sur la description fine des hypothèses de peuplement proposées pour l'Asie du Sud-Est.

L'analyse de la variabilité morphologique humaine occupe une place centrale dans ce débat. Les fossiles et séries ostéologiques provenant de contextes archéologiques sont les témoins



directs des processus qui ont modelé la diversité humaine au cours du temps. Leur étude peut permettre de répondre à plusieurs questions fondamentales pour la compréhension de l'origine et de l'évolution de l'homme moderne en Asie du Sud-Est depuis le Pléistocène supérieur :

- Comment la variabilité biologique d'*Homo sapiens* actuelle et passée en Asie du Sud-Est est-elle structurée ?
- Est-il possible de détecter des changements morphologiques dans la région selon un facteur chronologique et/ou géographique ?
- Ces changements peuvent-ils être corrélés avec des mouvements de groupes humains et/ou des métissages entre populations ? Ou des facteurs (paléo)environnementaux ?
- La structure de la diversité phénétique est-elle congruente avec les hypothèses de peuplement proposées en Asie du Sud-Est ?

### **Le choix d'une méthode adaptée**

Pour répondre à ces questions, nous avons choisi de réaliser une analyse comparative de la conformation du contour de la couronne des 1<sup>ères</sup> et 2<sup>èmes</sup> molaires inférieures et supérieures définitives humaines modernes. Un large échantillon de molaires provenant de contextes archéologiques et d'individus récents a été créé pour fournir un cadre chronologique et géographique adéquat à l'analyse de la diversité morphologique en Asie du Sud-Est. Certaines collections paléanthropologiques inédites dans une étude comparative vaste telle que celle que nous proposons ont été incluses. La constitution de cet échantillon a représenté une part importante de ce travail et sera présentée dans le chapitre 2.

### Pourquoi analyser les dents humaines ?

La forme des dents humaines (conformation et taille) possède un fort degré d'héritabilité (Hughes et al., 2000 ; Dempsey & Townsend, 2001 ; Kabban et al., 2001 ; Bernal et al., 2010 ; Townsend et al., 2009, 2012) ce qui signifie que la part de variabilité phénotypique attribuable à un facteur génétique est importante. Qui plus est, le pattern de variabilité morphologique des dents humaines modernes tend à refléter des forces évolutives neutres (Hanihara, 2008 ; von Cramon-Taubadel & Weaver, 2009 ; Gómez-Robles & Polly, 2012), c'est-à-dire que les variations phénotypiques sont attribuables principalement à des phénomènes de dérives et flux génétiques. L'étude de la diversité morphologique des dents humaines peut donc être utilisée comme indicateur des affinités biologiques entre groupes humains (Scott & Turner, 1988; von Cramon-Taubadel & Weaver, 2009). De plus, les dents sont les éléments anatomiques les mieux préservés du registre fossile ce qui est d'une grande importance en Asie du Sud-Est car les collections ostéologiques préhistoriques sont très fragmentées.

### Pourquoi choisir la conformation du contour des couronnes des molaires en 2D ?

Bien qu'informatrice, l'analyse de la taille et des caractères discrets permet difficilement de capturer, quantifier et analyser précisément les faibles différences morphologiques interindividuelles à l'échelle intraspécifique (Bailey & Lynch, 2005 ; Bernal, 2007 ; Gómez-Robles et al., 2011). L'étude de la conformation du contour des couronnes permet d'y remédier en préservant l'intégralité de l'information géométrique de la structure tout au long de l'analyse (Adams et al., 2004). Cette méthode a été appliquée pour des problématiques portant sur des différenciations interspécifiques (voir par exemple : Bailey & Lynch, 2005 ; Gómez-Robles et al., 2007, 2008 ; Martín-Torres et al., 2006 ; Souday, 2008) mais rarement à une échelle intraspécifique (voir cependant : Ferrario, 1999 ; Bernal, 2007 ; Gómez-Robles, 2012). Avec ce travail, elle est utilisée pour la première fois concernant la problématique du peuplement de l'Asie du Sud-Est mais aussi pour caractériser la variabilité de l'homme moderne à une aussi grande échelle.

Les principes fondamentaux et les avantages des méthodes de morphométrie géométrique seront développés dans le chapitre 3 en prêtant une attention particulière aux techniques d'analyses de contours. Ceci permettra de justifier notre choix d'utiliser les fonctions de Fourier elliptiques pour quantifier la conformation des contours. Le protocole d'acquisition des données de contours que nous avons mis au point et sa fiabilité sont présentés et testés dans le chapitre 4.

### **Challenges méthodologiques**

Une part importante de ce travail a été consacrée à des développements méthodologiques afin de répondre à certaines difficultés posées par l'analyse morphométrique des contours d'un large échantillon de molaires :

Lors de l'analyse de grandes séries de molaires humaines, il est indispensable de pouvoir identifier avec certitude le rang anatomique des molaires isolées, fréquentes dans le registre préhistorique. Or cette détermination est souvent problématique (White & Folkens, 2005) : l'importance relative de certains caractères anatomiques de la couronne ou des racines, décrivant des tendances de la 1<sup>ère</sup> à la 3<sup>ème</sup> molaire, est généralement utilisée pour déterminer leur rang dans le maxillaire ou la mandibule. Cependant, la proximité morphologique des molaires au sein d'une même arcade, particulièrement les 1<sup>ères</sup> et 2<sup>èmes</sup> molaires, rend fréquemment l'identification incertaine. Pour remédier à ce problème, nous avons créé une méthode d'identification des molaires basée sur la conformation du contour des couronnes. La procédure et son application sur l'échantillon sont présentées dans le chapitre 6.

L'autre innovation méthodologique concerne l'élaboration d'une méthode d'analyse de contours adaptée aux contraintes posées par l'anatomie des molaires humaines. Les caractéristiques anatomiques de la surface occlusale et son usure quasi-systématique

empêchent dans la plupart des cas de placer des points-repères respectant une correspondance biologique. Il est donc nécessaire d'utiliser des méthodes pouvant s'affranchir de cette contrainte. Notre choix est allé vers les fonctions de Fourier elliptiques car elles ont déjà été utilisées avec succès pour quantifier des différences morphologiques intraspécifiques. Cependant, la méthode classique de normalisation des coefficients de Fourier (Kuhl & Giardina, 1982) pose également des problèmes d'homologie lorsque le contour n'est pas défini par un axe fort, comme c'est le cas pour la couronne des molaires. Nous avons donc développé et testé une méthode de normalisation basée sur une superposition Procrustes des contours. La fiabilité de cette procédure a été testée en comparant les résultats obtenus avec d'autres méthodes d'analyse de contours. La procédure est détaillée dans le chapitre 3 et les tests de fiabilité dans le chapitre 6.

### **Analyse de la variabilité morphologique**

Deux approches complémentaires ont été utilisées pour analyser et interpréter la variabilité morphologique. Une première approche vise à décrire et quantifier la variabilité et les distances phénétiques par les méthodes d'analyses statistiques multivariées et la construction de phénogrammes. Ces procédures permettent d'estimer les affinités biologiques entre groupes humains sur la base de leur degré de ressemblance. En revanche, elles ne permettent pas de tester directement les modèles de peuplement. Nous avons donc entrepris une deuxième approche consistant à modéliser les hypothèses de peuplement en créant des matrices de distances chrono-géographiques entre groupes humains préalablement définis. Les corrélations entre distances morphologiques et distances chrono-géographiques sont ensuite calculées.

Ces procédures méthodologiques sont présentées dans le chapitre 5. Un chapitre de résultats est dédié à chaque type de molaire (1<sup>ères</sup> et 2<sup>èmes</sup> molaires inférieures et supérieures ; chapitres 7 à 10). Chacun de ces chapitres de résultats contiendra une analyse

de la variabilité de taille, une étude des allométries, une analyse de la variabilité de conformation et des affinités morphologiques (région par région puis à grande échelle) et enfin les résultats des modélisations. Le dernier chapitre sera consacré à l'interprétation des résultats et leur signification pour le peuplement de l'Asie du Sud-Est.



# 1. ORIGINE ET EVOLUTION D'*HOMO SAPIENS* EN ASIE DU SUD-EST

---

## 1.1. HYPOTHESE A DEUX VAGUES DE MIGRATION

### 1.1.1. La première vague

#### 1.1.1.1. Quand sont-ils arrivés ?

Les traces d'occupations humaines, témoins culturels et fossiles concordent pour estimer l'arrivée d'*Homo sapiens* en Asie du Sud-Est, Mélanésie et Australie entre 60000 et 40000 BP (O'Connell & Allen, 2004 ; Franklin & Habgood, 2007 ; O'Connor, 2007 ; Habgood & Franklin, 2008 ; O'Connell et al., 2010 ; O'Connell & Allen, 2012 ; Oppenheimer, 2012 ; Balme, 2013). Il faut citer néanmoins les fossiles humains de la grotte de Zhiren (>100000 BP ; Liu et al., 2010) et de Liujiang (>68000 BP ; Shen et al., 2002), dans le Sud-Est de la Chine, qui sont plus anciens mais leur attribution taxonomique et/ou leurs datations font débat (Kaifu & Fujita, 2012 ; Oppenheimer, 2012).

Au Laos, plusieurs fragments crâniens découverts dans la grotte de Tam Pa Ling sont datés entre 63000 et 46000 BP (Demeter et al., 2012a) mais là aussi la stratigraphie et les datations sont pour l'instant discutées (Pierret et al., 2012 ; voir Demeter et al., 2012b pour une réponse). En Asie du Sud-Est insulaire occidentale (plate-forme de la Sonde), les niveaux d'occupation humaine les plus anciens de la grotte de Niah (Sarawak, Malaisie ; Figure 1) sont datés à environ 45000 BP (Higham et al., 2009) et l'ancienneté du célèbre « Deep Skull » a été confirmée à environ 40000 BP (Barker et al., 2007). Dans la grotte de Tabon (Palawan, Philippines ; Figure 1), une des datations directes par les séries de l'Uranium a

fourni une date de 47000 +11000/-10000 BP sur une diaphyse de tibia découverte en 2000 (Détroit et al., 2004). Un métatarse 3 humain daté de 66700 +/-1000 BP (séries de l'Uranium) a été mis au jour en 2007 dans la grotte de Callao (Luzon, Philippines) (Mijares et al., 2010). Il s'agit à ce jour du plus ancien ossement humain connu à l'est de la ligne de Wallace. Toutefois, si le métatarse est humain (genre *Homo*), sa conformation et ses très faibles dimensions posent question quant à son attribution spécifique (Détroit et al., *in press*).

Des industries lithiques datées de plus de 40000 BP ont été retrouvées dans plusieurs grottes d'Asie du Sud-Est insulaire et continentale. Dans le Sud-Ouest de la Thaïlande, l'abri sous-roche de Lang Rongrien (Figure 1) a fourni une industrie lithique sur éclat et plusieurs foyers dans le niveau archéologique le plus ancien du site, daté entre 43000 et 37000 BP (Anderson, 1997). Au Laos, des outils dits « préhoabinhiens<sup>2</sup> » ont été mis au jour dans des sédiments datés entre 43000 et 59000 BP par OSL (luminescence stimulée optiquement) (Zeitoun et al., 2012). En Malaisie péninsulaire, des éclats et des outils sur galets ont été datés à environ 70000 BP à Kota Tampan (Zuraina & Tjia, 1988), posant la question de la présence d'*Homo sapiens* en Asie du Sud-Est avant l'éruption du Toba<sup>3</sup> (Oppenheimer, 2012). A Java, les sites de Tabuhan et Song Terus ont livré de l'industrie dans des niveaux datés d'au moins 45000 BP et 100000 BP respectivement (Sémah et al., 2002). Au Sud-Est de la zone de Wallace, au Timor oriental, le site de Jerimalai (Figure 1) a livré des traces d'activités humaines liées à la pêche datées de 42000 BP (O'Connor, 2007 ; O'Connor et al., 2011). En Nouvelle-Guinée, les niveaux anciens de plusieurs sites archéologiques situés à 2000 m d'altitude à Kosipe dans la vallée d'Ivane ont permis de mettre en évidence un comportement de subsistance basé en partie sur la collecte de plantes (*pandanus* et *yam*) dès 49000 BP (Summerhayes et al., 2010). La péninsule de Huon (Nouvelle-Guinée orientale)

---

<sup>2</sup> Hoabinhien : Industrie lithique réalisée sur galets entre la fin du Pléistocène supérieur et le milieu de l'Holocène caractéristique de l'Asie du Sud-Est continentale et de Sumatra (Borel, 2010).

<sup>3</sup> « Supervolcan » situé à Sumatra dont l'éruption il y a environ 74000 BP aurait été 3500 fois supérieure à la plus importante éruption connue dans la période historique. Les conséquences de cette éruption sur l'environnement, le climat et la biodiversité sont discutées mais elles ont probablement été majeures (Oppenheimer, 2002)



détient également des sites avec des niveaux d'occupations humaines entre 45000 et 40000 BP (Groube et al., 1986 ; O'Connell & Allen, 2004). En Nouvelle-Irlande (archipel des Bismarck), les datations C<sup>14</sup> de plusieurs coquilles marines provenant des niveaux les plus profonds du site de Buang Merabak (Figure 1) suggèrent une arrivée d'*Homo sapiens* à partir de 40000/39000 BP (Leavesley & Chappell, 2004). En Australie, les traces humaines les plus anciennes se situent probablement entre 50000 et 45000 BP (Gillespie, 2002 ; Bowler et al., 2003 ; O'Connell & Allen, 2012) même si des dates plus anciennes entre 60000 et 50000 BP ont été proposées (Roberts et al., 1994 ; Roberts et al., 2005). En l'absence de fossile humain associé, il est impossible de connaître l'auteur de ces preuves d'occupations humaines très anciennes en Asie du Sud-Est et Australo-Mélanésie. A l'Est de la ligne de Wallace, ces sites sont généralement considérés comme les preuves les plus anciennes de la présence d'*Homo sapiens* mais les découvertes de ces dix dernières années incitent à la prudence (Brown et al., 2004 ; Morwood et al., 2004 ; Mijares et al., 2010 ; Déroit et al., *in press*).

#### 1.1.1.2. Quelles routes ont-ils empruntées ?

Les routes de migrations empruntées en Asie du Sud-Est par l'homme anatomiquement moderne jusqu'en Australie sont probablement étroitement liées aux variations eustatiques du Pléistocène (Birdsell, 1977 ; Pope & Terrell, 2008 ; O'Connell et al., 2010 ; O'Connell & Allen, 2012 ; Balme, 2013). Lors des bas-niveaux marins provoqués par les périodes glaciaires du Pléistocène, les îles d'Indonésie occidentale (dont les plus vastes sont Sumatra, Java, Bornéo et Bali) étaient reliées au continent asiatique par l'intermédiaire d'une vaste zone de terres émergées, la plate-forme de la Sonde (Voris, 2000) (Figure 9). Le rattachement de l'île de Palawan à la plate-forme de la Sonde lors des plus bas niveaux marins est discuté (*e.g.* van den Bergh, 2001 ; Piper et al., 2011). La Nouvelle-Guinée, les îles Aru, l'Australie et la Tasmanie formaient un ensemble de terres émergées lors de l'exondation de la plate-forme du Sahul (Figure 9). La zone de Wallace s'étend entre ces deux plates-formes et en a toujours été séparée par des bras de mer profonds et assez larges (au moins 65 km pour Birdsell,

1977) (Figure 9). Si les premières migrations humaines vers l'Australie ont eu lieu entre 60000 et 40000 BP, le niveau de la mer se situait entre 50 et 90 m sous le niveau actuel (Lambeck & Chappell, 2001). Le niveau de la mer était donc bien plus haut que lors du dernier maximum glaciaire (-130/-140 m ; entre 20000 et 18000 BP) ce qui signifie que plusieurs bras de mer assez importants ont été franchis (jusqu'à 80/90km ; Balme, 2013 : Figure 1). Birdsell (1977) proposa deux voies de passages hypothétiques entre les plates-formes de la Sonde et de Sahul visant à minimiser les distances de traversées maritimes : la première passe par Sulawesi, les Moluques et arrive en Papouasie Nouvelle-Guinée, la seconde suit le chapelet des îles de la Sonde entre Java et Timor pour arriver au nord de l'Australie. L'inter-visibilité d'île en île semble avoir été possible tout le long de la route nord, c'est pourquoi elle a parfois été favorisée par certains auteurs (*e.g.* Allen & O'Connell, 2008). Cependant, les dates d'occupations les plus anciennes sont pour l'instant au Timor pour la zone de Wallace (O'Connor et al., 2011) et dans le Nord-Ouest pour l'Australie (Roberts et al., 1990 ; Roberts et al., 2005). De plus, l'hypothèse d'un corridor de savane sur la plate-forme de la Sonde lors des bas-niveaux marins (Bird et al., 2005 ; Boivin et al., *in press*) aurait pu favoriser un passage par Java et Timor. A contre-pied d'une vision de la zone de Wallace comme une barrière à l'expansion humaine, O'Connell & Allen (2012) proposent que la hausse du niveau des mers vers 47/46000 BP ait permis le développement d'une économie de subsistance basée sur les ressources maritimes dont l'exploitation aurait abouti au perfectionnement des techniques de navigation (voir aussi Balme, 2013). Cette hypothèse reprend la proposition de Chappell (1993) que la hausse du niveau marin permet le développement des récifs coralliens, lagons et estuaires. La hausse du niveau marin aurait également limité considérablement les ressources fauniques terrestres disponibles sur les îles (Thiel, 1987). L'exploitation des ressources, d'île en île, aurait permis progressivement les incursions des groupes humains sur la plate-forme du Sahul et l'archipel des Bismarck.

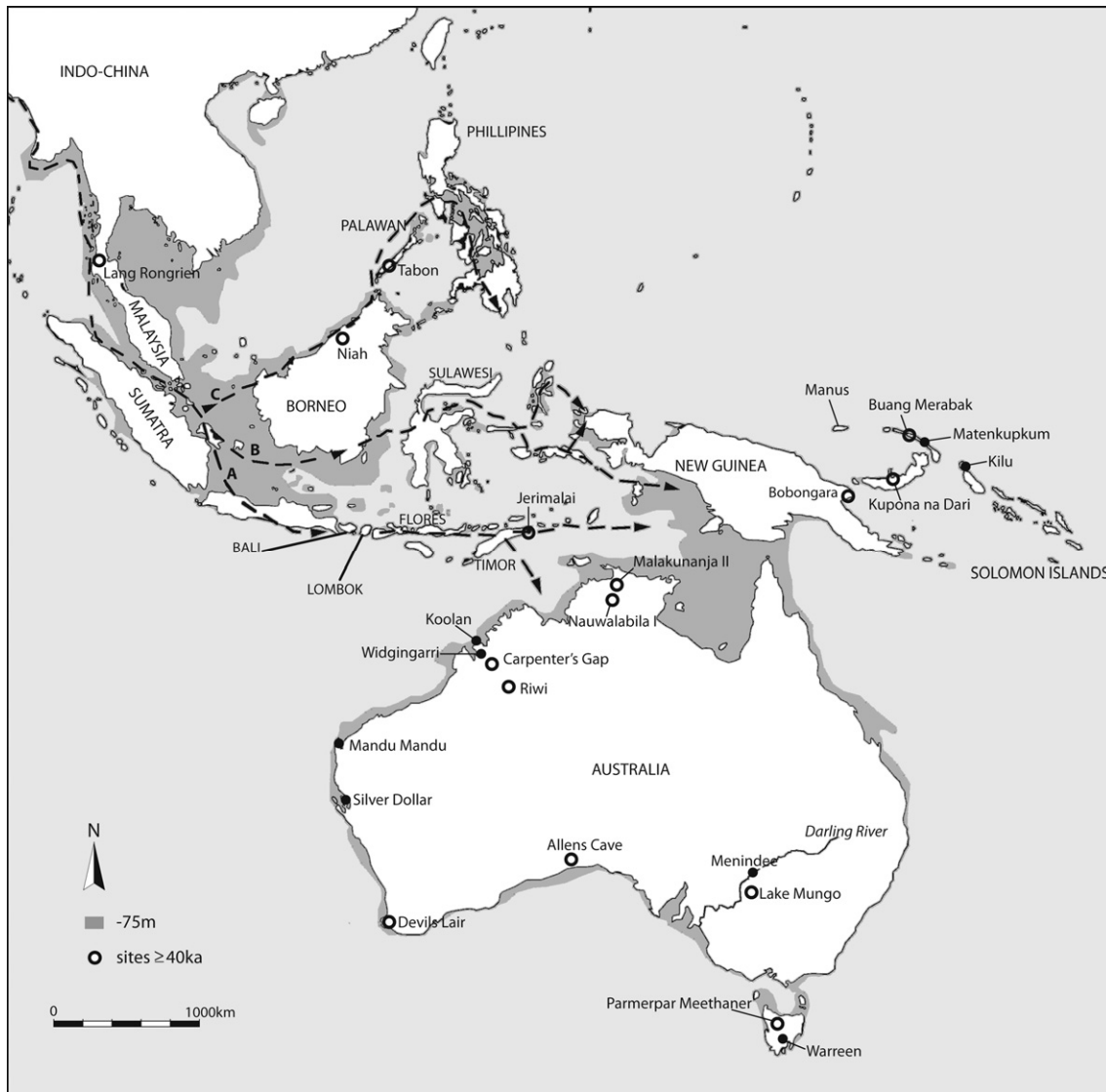


Figure 1 : Routes proposées pour les premières migrations d'*Homo sapiens* en Asie du Sud-Est, Australie et Mélanésie et certains des sites majeurs. (Illustration : Balme, 2013).

### 1.1.1.3. Quelle est leur origine ?

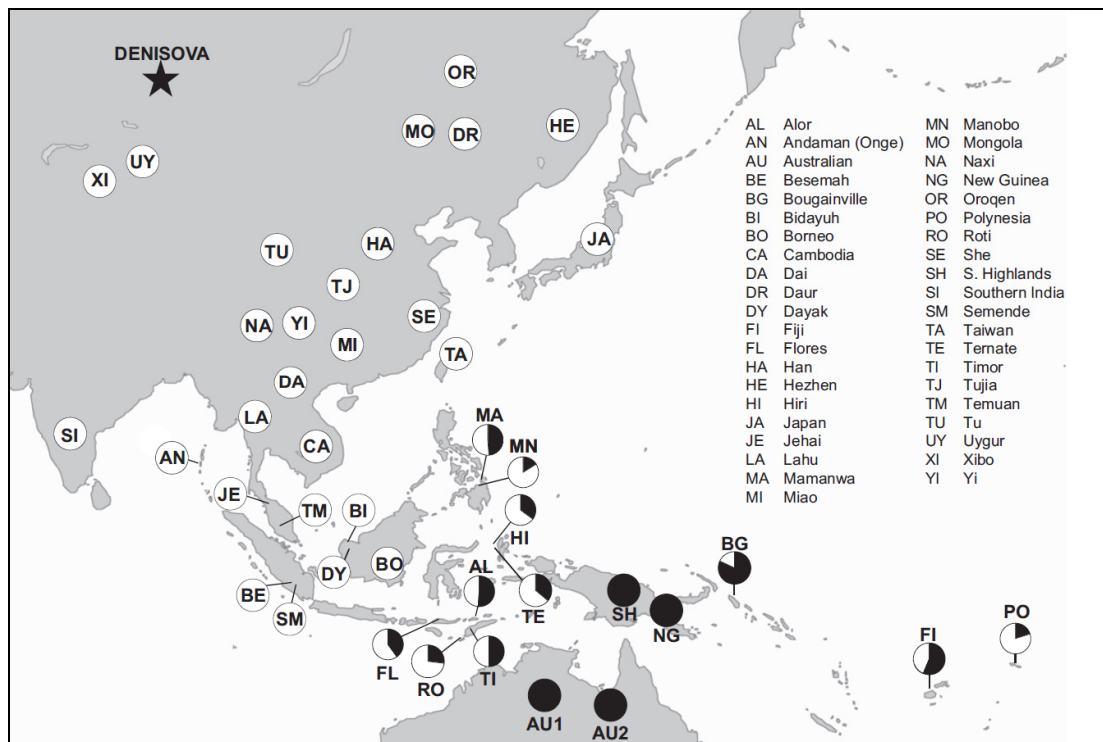
L'identité des premiers hommes anatomiquement modernes en Australasie est à rechercher dans le débat plus général sur l'origine d'*Homo sapiens* dans lequel s'opposent traditionnellement deux visions extrêmes, un modèle avec remplacement et un modèle « multirégional », alors que de nouvelles études indiquent qu'un modèle intermédiaire serait à envisager. Selon le modèle avec remplacement, les hommes anatomiquement modernes auraient évolué uniquement en Afrique depuis « *Homo erectus* » (au sens large) en passant

par une forme archaïque d'*Homo sapiens* (Howells, 1959 ; Stringer & Andrews, 1988 ; White, 2003 ; Trinkaus, 2005 ; Bräuer, 2008). L'homme anatomiquement moderne serait ensuite sorti d'Afrique entre 80000 et 60000 BP<sup>4</sup> (estimations par coalescence : *e.g.* Macaulay et al., 2005 ; Soares et al., 2009 ; Rasmussen et al., 2011) et aurait colonisé l'ensemble du globe en remplaçant les populations archaïques préexistantes dans certaines régions (*e.g.* Cann et al., 1987 ; Vigilant et al., 1991 ; Stringer, 2002). Selon le modèle multirégional, *Homo sapiens* serait issu d'une évolution graduelle et continue à partir de populations archaïques présentes en Afrique, en Europe et en Asie (Weidenreich, 1947 ; Frayer et al., 1993 ; Wolpoff, 1999 ; Thorne & Wolpoff, 2003). Ces populations archaïques auraient été liées depuis leur origine (africaine) par un réseau de flux génétiques constants dont l'intensité a varié au cours du temps et selon les régions. Les caractères morphologiques modernes seraient apparus en mosaïque dans différentes régions à différents moments, par l'action différentielle de la sélection naturelle, des flux génétiques et de la dérive génétique. Depuis les années 1980, l'étude de la diversité génétique humaine moderne, notamment à travers l'analyse des marqueurs génétiques uniparentaux (ADN mitochondrial et chromosome Y ; *e.g.* Cann et al., 1987 ; Vigilant et al., 1991 ; Underhill & Kivisild, 2007) a largement favorisé le modèle avec remplacement. Néanmoins, la démonstration récente que des flux génétiques seraient intervenus entre populations humaines archaïques (*i.e.* autre que *Homo sapiens*) et modernes hors d'Afrique relance le débat (Green et al., 2010 ; Reich et al., 2010, 2011 ; Disotell, 2012 pour une synthèse). L'origine africaine récente de l'homme moderne n'est pas remise en question (structure des haplogroupes : voir articles précédemment cités ; patrons de diversité biologique de l'homme moderne : *e.g.* Ramachandran et al., 2005 ; Hanihara, 2008 ; Li et al., 2008 ; Betti et al., 2010), mais l'intensité des métissages avec les populations archaïques est difficile à appréhender (Skoglung & Jakobsson, 2011), malgré

---

<sup>4</sup> Ces dates ne prennent pas en compte les fossiles de Qafzeh et Skhul (110000-90000 BP) retrouvés en Israël, ni les vestiges archéologiques de la péninsule arabique (Armitage, 2011) car ils sont souvent considérés comme représentant une ou des sortie(s) brève(s) du continent africain et ne témoigneraient pas du mouvement initial de l'expansion humaine moderne à travers le globe (Stringer, 2002 ; Oppenheimer, 2012) même si d'autres interprétations sont possibles (Boivin et al., in press). Les fossiles de la grotte de Zhiren (>100000 BP) et de Liujiang (>68000 BP) ne sont pas non plus pris en compte car leur attribution taxonomique et/ou âge font débat (Kaifu & Fujita, 2012 ; Oppenheimer, 2012).

plusieurs quantifications de cette part de génome humain archaïque retenue chez certaines populations actuelles (Plagnol & Wall, 2006 ; Green et al., 2010 ; Reich et al., 2010 ; Meyer et al., 2012) (Figure 2).



**Figure 2 : Estimations de la proportion de gènes dénisoviens dans plusieurs populations actuelles d'Asie de l'Est, d'Asie du Sud-Est et d'Australo-Mélanésie. La fraction de génome dénisovien représentée dans les diagrammes circulaires est calculée en fonction de celle présente en Nouvelle-Guinée (fixée donc à 100% dans cette figure). D'après l'étude de Reich et al. (2011), seules les populations d'Australo-Mélanésie, d'Asie du Sud-Est orientale (Est de la ligne de Wallace) et de Polynésie occidentale possèderaient un peu de ce génome dénisovien dans leur *pool* génétique. (Illustration : Reich et al., 2011).**

Ces développements récents ont une implication directe pour le peuplement humain de l'Asie du Sud-Est : la majeure partie des travaux génétiques soutient une seule sortie majeure d'Afrique ayant suivi le littoral sud asiatique jusqu'en Australie (e.g. Endicott et al., 2003 ; Macaulay et al., 2005 ; Mellars, 2006 ; Thangaraj et al., 2006 ; Oppenheimer, 2009, 2012 pour synthèses) même si d'autres interprétations basées sur des données paléoenvironnementales (Boivin et al., *in press*), génétiques (Cordaux et al., 2004) et archéologiques (Mirazon Lahr & Foley, 1994) sont proposées. Une seule vague de migration majeure d'*Homo sapiens* pourrait donc expliquer la diversité biologique passée et

contemporaine de l'homme moderne (HUGO Consortium, 2009). Pourtant, des études récentes ont détecté un signal génétique « dénisovien » (Krause et al., 2010), représentant 4 à 7% du génome) chez certains Australiens, Mélanésiens, Négritos des Philippines, Polynésiens et Est Indonésiens, et pas - ou très peu - chez les habitants actuels et fossiles de l'Asie de l'Est (Reich et al., 2011 ; Fu et al., 2013), de l'Asie du Sud-Est continentale (« Négritos » de Malaisie et d'Andaman inclus) et d'Indonésie occidentale (ces résultats sont discutés, voir Skoglung & Jakobsson, 2011). Ces deux grands ensembles de groupes humains pourraient donc être issus de deux vagues de migrations distinctes (Reich et al., 2011 ; Stoneking & Krause, 2011). L'hypothèse qui pour l'instant semble le mieux correspondre aux données génétiques impliquerait une seule sortie majeure d'Afrique de l'homme moderne, suivie par des migrations distinctes en Asie du Sud-Est et Mélanésie à partir de ce noyau populationnel ancestral non-Africain (Wollstein et al., 2010 ; Rasmussen et al., 2011 ; Stoneking & Krause, 2011) (Figure 3).



**Figure 3 : Hypothèse de dispersion de l'homme moderne après sa sortie d'Afrique. Une seule sortie majeure d'Afrique est considérée. Elle est suivie par des épisodes d'expansion et parfois de métissages avec certaines populations archaïques. L'hypothèse que des épisodes d'hybridation entre groupes humains anatomiquement modernes avec les Dénisoviens se soient produits uniquement en Asie du Sud-Est insulaire expliquerait le pattern de distribution du génome dénisovien au sein des populations étudiées par Reich et al. (2011) (cf. Figure 2). (Illustration : Stoneking & Krause, 2011).**

### 1.1.2. La deuxième vague

D'après les défenseurs d'un modèle à deux vagues de migrations majeures en Asie du Sud-Est (voir par exemple : Diamond & Bellwood, 2003 ; Bellwood, 2011), la deuxième vague de migration liée à la diffusion du mode de vie néolithique est visible à travers un faisceau de preuves multidisciplinaires : linguistiques, archéologiques et biologiques.

#### 1.1.2.1. Cadre chronologique et géographique de l'expansion

La source commune de cette deuxième vague de migration en Asie du Sud-Est continentale et insulaire se situe en Chine, probablement le long du Yangzi Jiang et/ou du Huang He, entre 7000 et 5000 BP (Chi & Hung, 2010). La diffusion du Néolithique serait ensuite corrélée à l'expansion des peuples de langues austronésiennes en Asie du Sud-Est insulaire (Bellwood, 1997 ; Diamond & Bellwood, 2003) et à l'expansion des langues austro-asiatiques en Asie du Sud-Est continentale (Higham, 2004). Ces dispersions auraient été caractérisées par des événements d'expansions rapides suivis de pauses (« *pulse-pause expansion* »), plutôt que par une diffusion régulière et progressive (particulièrement concernant l'expansion vers la Mélanésie et le Pacifique) (Gray et al., 2009 ; Wilmshurst et al., 2011).

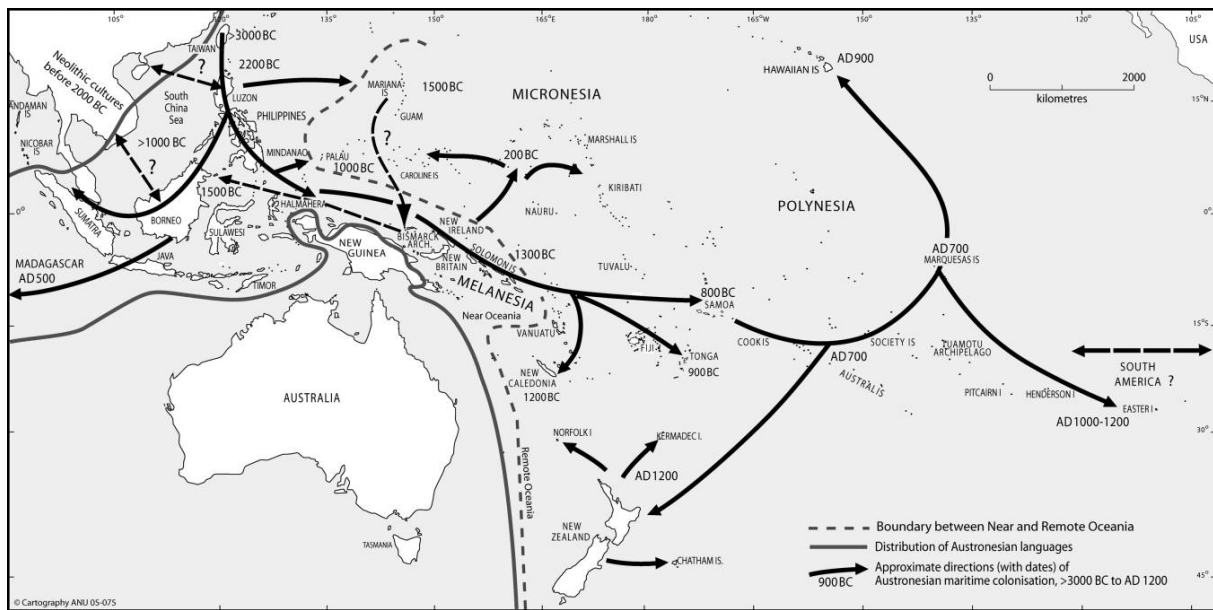
En Asie du Sud-Est insulaire, après une phase dite « proto-austronésienne », les peuples de langues austronésiennes seraient sortis de Taïwan pour atteindre l'extrême Nord des Philippines vers 4500/4000 BP dans les îles Batanes (Bellwood & Dizon, 2005 ; Spriggs, 2007 ; Bellwood et al., 2011) puis le Nord de l'île de Luzon vers 4000 BP (Mijares, 2007 ; Bellwood et al., 2011). Plusieurs directions auraient ensuite été suivies (Figure 4) :

- Vers le sud-ouest : par les îles de Palawan (3600-3200 BP; Szabó & Ramirez, 2009), Bornéo (environ 3500/3000 BP ; Spriggs, 2007), Java, Sumatra (2700-2000 BP ; Forestier et al., 2006 ; Forestier, 2007) pour atteindre enfin le Sud-Est du continent asiatique (vers 2500 BP).

- Vers le sud : pour atteindre Sulawesi (4000/3000 BP ; Spriggs, 2007) et Timor (3800-3600 BP ; Spriggs, 2007).
- Vers l'est : les premières traces humaines en Micronésie sont datées d'environ 3200/3000 BP (Hung et al., 2011).
- Vers le sud-est : c'est l'expansion la plus spectaculaire avec notamment les premières colonisations humaines des îles lointaines du Pacifique. Elle correspond à l'hypothèse « *Express Train* » (Diamond, 1988) pour les auteurs considérant que peu d'échanges génétiques se sont produits entre Asiatiques et Mélanésiens au cours de cette dispersion, et à l'hypothèse « *Slow Boat* » pour ceux défendant un flux génétique substantiel entre migrants et Mélanésiens autochtones (Oppenheimer & Richards, 2001 ; mais ces auteurs tendent par ailleurs à privilégier une origine austronésienne en Asie du Sud-Est insulaire). Les « Austronésiens » auraient atteint les Moluques vers 3500-3300 BP (Spriggs, 2007), puis les côtes de Nouvelle-Guinée, l'archipel des Bismarck (environ 3300 BP ; Spriggs, 2007), l'Océanie lointaine avec l'archipel des Salomon (3100-3000 BP ; Spriggs, 2003), le Vanuatu, la Polynésie occidentale (3000-2600 BP ; Rieth & Hunt, 2008) et enfin la Polynésie orientale (900-700 BP ; Wilmshurst et al., 2011).

En Asie du Sud-Est continentale, le site de Man Bac présente à ce jour les plus anciennes preuves de l'apparition du Néolithique dans le Nord du Vietnam, entre 3800 et 3400 BP (Matsumura & Oxenham, 2011). Le site de An Son, dans le Sud du Vietnam, est quant à lui daté d'environ 4000-3800 BP (2100 cal. BC ; Piper et al., *in press*). En Thaïlande, le site de Ban Non Wat présente des niveaux néolithiques datés entre 3200 et 3000 BP (Higham & Higham, 2009).





**Figure 4 : Routes de migration des peuples de langues austronésiennes selon l'hypothèse « Out of Taiwan » (Bellwood, 1997). Les routes empruntées de Taïwan à la Polynésie, témoignant d'une expansion rapide, correspondent à l'hypothèse de l'« Express Train » (Diamond, 1988). (Illustration : Bellwood et al., 2011).**

#### 1.1.2.2. Les familles des langues austronésiennes

La linguistique constitue la base de l'argumentation de ce modèle de diaspora néolithique, surtout en Asie du Sud-Est insulaire avec l'expansion des langues austronésiennes (Bellwood et al., 2011), l'histoire des langues austro-asiatiques en Asie du Sud-Est continentale étant plus discutée (Sidwell & Blench, 2011). La famille des langues austronésiennes est une des plus grandes au monde, tant du point de vue de son extension géographique (de Madagascar jusqu'à l'île de Pâques ; de Taïwan à la Nouvelle-Zélande) que du nombre de langues parlées (environ 1200) et de locuteurs (environ 400 millions). Parmi les neuf branches principales de la famille des langues austronésiennes, huit se trouvent à Taïwan. Toutes les langues austronésiennes en-dehors de Taïwan appartiennent à la branche « malayo-polynésienne » (Figure 6). Les langues austronésiennes du Pacifique appartiennent à la sous-branche « océanique ». Cette structure constitue un argument solide en faveur d'une origine des langues austronésiennes à Taïwan (« *the principle of least moves* », Blust, 1995, 1996 ; Gray et al., 2009). L'analyse comparée du vocabulaire montre que les langues

proto-austronésiennes parlées à Taïwan vers 6000 BP comportaient déjà une gamme de mots en rapport avec une économie de production de nourriture caractéristique du Néolithique comprenant le riz, le millet, plusieurs animaux domestiques (cochons, chiens, buffles d'eau, probablement poules), la poterie. A leur arrivée aux Philippines et dans le reste de l'Asie du Sud-Est insulaire, les langues austronésiennes se seraient enrichies de mots en rapport avec la navigation (par exemple bateau, pagaie) et l'horticulture (banane, sagou, noix de coco, canne à sucre, patate douce, taro) (Blust, 1995, 1996).

### 1.1.2.3. Le « package » néolithique

Cette expansion démique des peuples de langues austronésiennes a probablement été accompagnée culturellement par un « *package* » néolithique dont la composition a pu varier géographiquement au gré des contraintes environnementales et des contacts avec les populations indigènes (Spriggs, 2011). La culture du riz est considérée comme une composante essentielle du *package* néolithique supposé des Austronésiens mais sa trace a rarement été retrouvée en Asie du Sud-Est insulaire (Barker & Richards, *in press*). D'après Bellwood (2011), cela est probablement dû à sa mauvaise conservation, au manque de techniques appropriées pour l'identifier dans les sites archéologiques et, pour certaines régions, aux conditions environnementales qui n'étaient pas propices à sa culture (Bellwood, 2011). Les espèces animales domestiquées (cochon, chien, poule) sont une autre composante essentielle de ce *package*. Le cochon (*Sus scrofa*) est présent dans les niveaux néolithiques de plusieurs sites de Taïwan et du site philippin de Nagsabaran au nord de Luzon avant l'introduction du « *Pacific clade*<sup>5</sup> » en Mélanésie (Piper et al., 2009 ; Bellwood, 2011). Les ossements de chien les plus anciens datent de 7000 BP au Sud-Est de la Chine (date à prendre avec prudence selon Larson et al., 2012), 4800 BP à Taïwan et entre 3000 et 3500 BP dans les Moluques et au Timor (voir Larson et al., 2012 pour une synthèse et

---

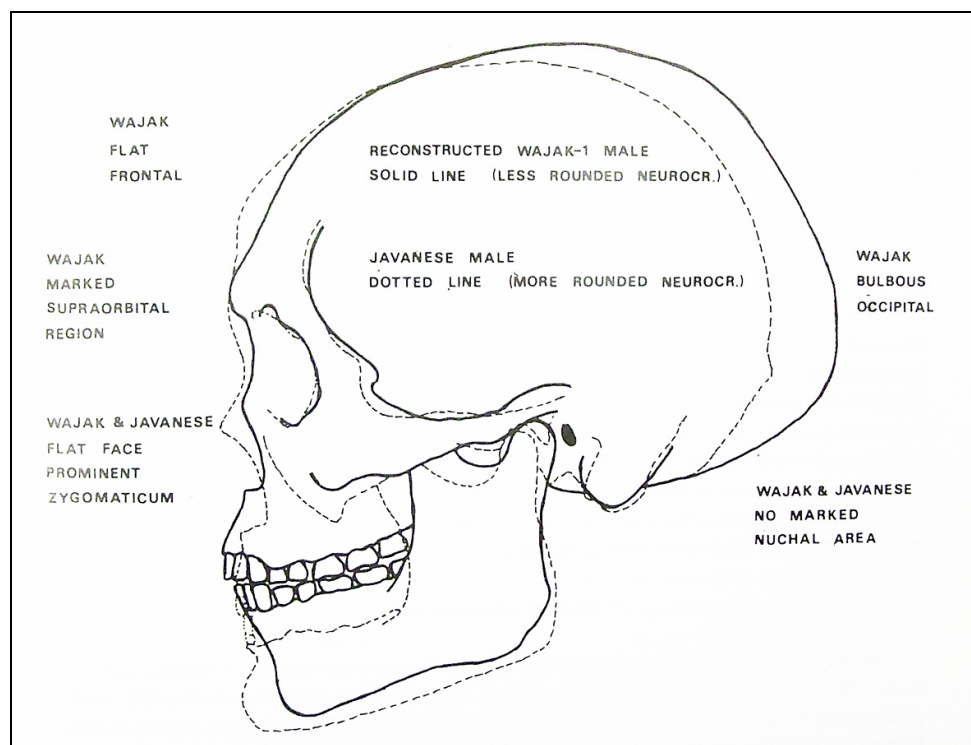
<sup>5</sup> Haplotype de l'ADN mitochondrial du cochon (*Sus*) retrouvé à l'Est de la ligne de Wallace et trouvant son origine en Asie de l'Est.

discussion de toutes ces dates). L'identification de l'haplogroupe E dans l'ADN mitochondrial d'ossements de poulet (*Gallus gallus*) provenant du site thaïlandais de Ban Non Wat (1550 BP), du Vanuatu, de Tonga et de Micronésie (plus de 1000 BP) soutiendrait l'hypothèse d'une dispersion ancienne du poulet (avant 3000 BP), à partir d'un foyer commun (Storey et al., 2012). Concernant la culture matérielle, la poterie à engobe rouge (*red-slipped pottery*) est le marqueur le plus largement utilisé pour déceler l'apparition du Néolithique en Asie du Sud-Est insulaire (Spriggs, 2007) avec une origine et un développement précoce identifiés dans les séquences stratigraphiques néolithiques de Taïwan, avant l'expansion austronésienne en Asie du Sud-Est (Bellwood et al., 2011). Les outils et ornements en jade dont l'origine serait située à Taïwan sont aussi largement répandus et témoignent d'un vaste réseau d'échanges en Asie du Sud-Est (Hung et al., 2007). Les haches en pierre polie ainsi que les objets liés au tissage et à la fabrication de vêtements (*e.g.* fusaiöle, battoir en pierre pour les étoffes d'écorce) et à l'exploitation des ressources marines (*e.g.* objets en coquilles de mollusques marins, hameçons, poids pour les filets de pêche) sont aussi considérés comme faisant partie de la *boîte à outils* austronésienne (Bellwood, 1997, 2011).

#### 1.1.2.4. Données ostéologiques

Il semble que la variabilité morphologique des populations humaines actuelles d'Australasie se situe entre deux grandes tendances ou pôles morphologiques : le pôle australo-mélanésien (actuellement représenté par les Aborigènes d'Australie, les Mélanésiens et les Négritos) et le pôle asiatique, autrefois appelé « mongoloïde » (comprenant la grande majorité des habitants actuels de l'Asie du Sud-Est). D'une manière générale, les premiers tendent à se distinguer des seconds par : un neurocrâne plutôt dolichocéphale, des impressions musculaires plus marquées, une face plus haute avec un prognathisme alvéolaire légèrement plus marqué, des superstructures généralement plus robustes, notamment au niveau des arcades sus-orbitaires et de la glabelle, une mandibule plus robuste et des dents de plus grandes dimensions (Bulbeck, 1982 ; Storm, 2001 ; Détroit,

2002 ; Matsumura, 2006) (Figure 5). D'après le registre fossile sud-est asiatique, il est généralement reconnu que les *Homo sapiens* fossiles de la fin du Pléistocène supérieur sont plutôt robustes et ressemblent davantage au pôle actuel australo-mélanésien, alors que ceux de la fin de l'Holocène semblent plus graciles et sont parfois qualifiés de « Mongoloïdes » (e.g. Mijsberg, 1940 ; Hooijer, 1950 ; Jacob, 1967 ; Bellwood, 1997 ; Matsumura et al., 2005)



**Figure 5 : Comparaison de la morphologie dite « australo-mélanésienne » avec celle dite « mongoloïde » en prenant comme exemple le crâne fossile de Wajak (ligne continue) et celui d'un Javanais sub-actuel (en pointillé). (Storm, 1995).**

Si ces deux pôles morphologiques ont souvent été interprétés comme résultant de deux vagues de migrations majeures (e.g. Mijsberg, 1940 ; von Koenigswald, 1952 ; Matsumura et al., 2005), rares sont les études ostéologiques ayant étayé l'hypothèse d'une diffusion démiqque du Néolithique à partir d'un foyer populationnel chinois. A ce jour, seule l'étude de Matsumura & Hudson (2005) portant sur les dimensions et les caractères discrets des dents de 325 individus provenant de contextes archéologiques sur toute l'Australasie défend

l'hypothèse d'un métissage entre groupes « australo-mélanésiens » et est-asiatiques concordant avec la diffusion du Néolithique. A une plus petite échelle, les travaux effectués dans le nord du Vietnam (notamment à Man Bac) montreraient un double signal correspondant au Néolithique : une grande variabilité morphologique crânienne et dentaire interprétée comme le résultat de mélanges de populations (Matsumura, 2011a, 2011b ; Matsumura et al., 2011) et une dégradation de l'état sanitaire des populations (Oxenham & Domett, 2011 ; McDonnell & Oxenham, 2012). Récemment, Buck & Vidarsdóttir (2012) ont privilégié l'hypothèse de l'« *Express Train* » pour expliquer la plus grande proximité des conformations cranio-faciales des Polynésiens récents avec leur échantillon d'Asie du Sud-Est par rapport aux Mélanésiens récents. Par ailleurs, une corrélation entre la diminution de la taille des dents humaines et un perfectionnement technologique de préparation des aliments a été proposée dans les années 1970/80 (Brace, 1978 ; Brace & Hinton, 1981). Ainsi, en Asie du Sud-Est, la variabilité de taille des dents selon un facteur temporel et spatial montrerait une arrivée de populations à morphologie « mongoloïde » dont le berceau se situerait approximativement en Chine du Sud-Est à partir du Néolithique (Brace, 1978 ; Brace & Hinton, 1981).

#### 1.1.2.5. Données génétiques

Les études soutenant l'hypothèse d'une deuxième vague de migration majeure liée à l'expansion du Néolithique (*Out of Taiwan*) sont surtout issues de certains travaux effectués sur les marqueurs génétiques. Ceux-ci tendent en effet à montrer que l'origine des populations polynésiennes – et à degré moindre mélanésiennes - est probablement asiatique (et notamment taïwanaise). Friedlaender et al. (2008), avec l'analyse de près de 900 marqueurs autosomiques, soulignent ainsi la grande proximité génétique de trois populations d'Océanie lointaine (Samoans, Maori et Micronésiens) avec les populations de l'Asie de l'Est, notamment taïwanaises, et dans le même temps un très faible apport génétique asiatique en Mélanésie. Kayser et al. (2008) estiment que l'apport mélanésien

dans le pool génétique polynésien a été bien plus important (21% d'après l'étude de 377 *loci* autosomaux) et supportent donc davantage le modèle *Slow-Boat*. Les études de l'ADN mitochondrial ont principalement porté sur le « motif polynésien », suite de quatre polymorphismes nucléotidiques simples situés dans la région de contrôle, présent chez la très grande majorité des Polynésiens et qui trouverait son origine à Taïwan (*e.g.* Melton et al., 1995 ; Redd et al., 1995 ; Skyes et al., 1995). La phylogéographie de plusieurs haplogroupes du chromosome Y montrerait un signal correspondant à une expansion austronésienne récente en Asie du Sud-Est (*e.g.* Capelli et al., 2001 ; Karafet et al., 2010) et un lien génétique entre les Polynésiens et les aborigènes Ami de Taïwan (Mirabel et al., 2012). Xu et al. (2012) ont estimé à partir de plusieurs milliers de SNPs (*single-nucleotide Polymorphisms*) l'âge du principal épisode de métissage entre « pré-Austronésiens » et « Austronésiens » entre 6000 et 4000 BP en Indonésie orientale (Est de la ligne de Wallace) (voir Denham & Donohue, 2012 pour une interprétation alternative des données présentées dans l'article ; réponse dans Xu & Stoneking, 2012). Enfin, les analyses génétiques d'une bactérie présente dans l'estomac de la plupart des hommes modernes, *Helicobacter pylori*, fournissent un support à l'*Out of Taiwan* en retraçant l'origine du groupe hspMaori (présent en Polynésie) à Taïwan, via les Philippines et la Mélanésie (Moodley et al., 2009).

## 1.2. LES HYPOTHESES ALTERNATIVES

### 1.2.1. Hypothèse à une seule vague de migration majeure

A l'inverse du modèle à deux vagues, l'hypothèse d'une seule vague majeure de peuplement expliquant la variabilité biologique actuelle et passée de l'homme moderne est largement soutenue par les études paléanthropologiques et en sont même à l'origine. Turner (1987, 1990), par son étude des caractères discrets des dents sur un large échantillon d'individus récents asiatiques, australiens et mélanésiens, ne reconnaît pas de morphologie

typiquement australo-mélanésienne et n'est pas en accord avec les hypothèses de migrations de populations « mongoloïdes » vers l'Asie du Sud-Est au cours de l'Holocène. D'après lui, la variabilité des dents en Asie se répartirait principalement en deux grandes catégories : le complexe dentaire « sinodonte » en Asie de l'Est et du Nord et le complexe dentaire « sundadonte » en Asie du Sud-Est et en Australie. D'une manière générale, la « Sundadontie » serait caractérisée par une plus grande simplicité morphologique et moins de variabilité/spécialisation morphologique (Turner, 1987 ; Hanihara, 1988). Bulbeck (1982), par l'analyse des caractères discrets des dents, de la mandibule et du crâne d'un échantillon de spécimens préhistoriques, rejoint le point de vue de Turner en ne remarquant pas de changements morphologiques majeurs dans le registre fossile depuis le Pléistocène supérieur. Hanihara a comparé les caractères discrets crâniens et dentaires (1992a, 1992b) et réalisé plusieurs études morphométriques du bloc cranio-facial (1993a, 1993b, 1994) d'un large échantillon asiatique, australien et polynésien en intégrant également des spécimens archéologiques (peu d'individus préneolithiques). Ses résultats indiquent que la variabilité morphologique humaine moderne en Australasie serait uniquement corrélée à leur répartition géographique. Dans l'une de ses études les plus récentes d'une centaine d'individus préhistoriques (dont seulement 10 fossiles préneolithiques), Pietrusewsky (2006) ne remarque pas non plus de différences morphologiques significatives entre les spécimens fossiles et modernes pour une même région. En revanche, il observe deux pôles morphologiques principaux qu'il interprète comme étant issus de deux origines différentes : un pôle australo-mélanésien (composé des Australiens, Tasmaniens, Papous et Mélanésiens) et un pôle est/sud-est asiatique. Concernant l'Asie du Sud-Est, il observe une nette corrélation entre la morphologie et la provenance géographique des spécimens, avec une séparation entre les crânes d'Asie de l'Est et ceux d'Asie du Sud-Est, ainsi que, chez ces derniers, une différence entre les spécimens continentaux et insulaires. Tous ces auteurs privilégient donc une histoire biologique de l'homme moderne en Asie du Sud-Est principalement influencée par des processus d'évolution locale plutôt que par des flux génétiques lors de migrations majeures au cours de l'Holocène (Bulbeck, 1982 ; Turner, 1987,

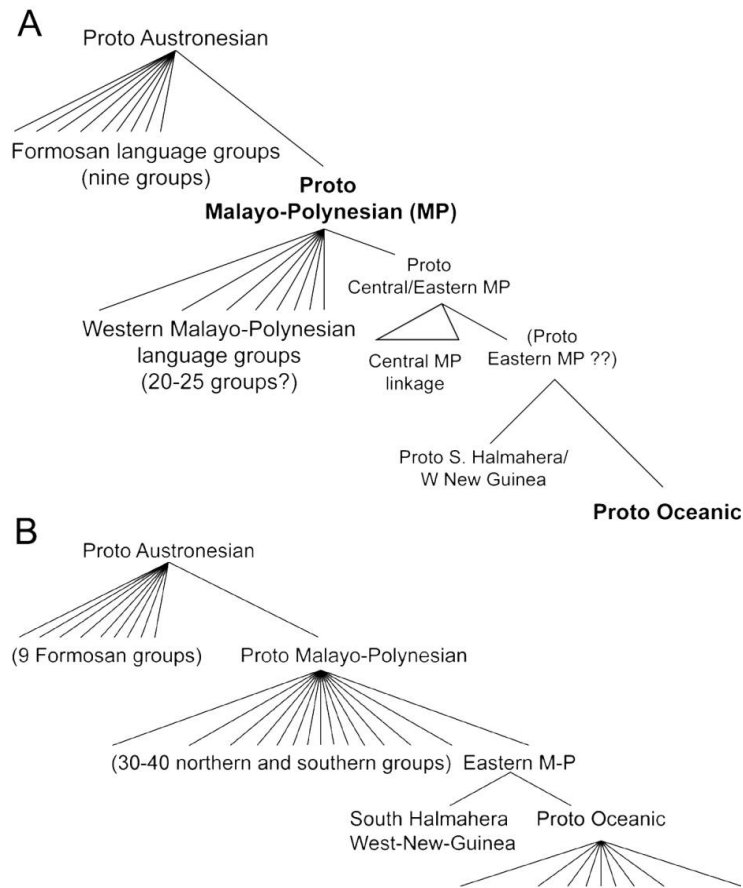
1990 ; Hanihara, 1993b ; Pietrusewky, 2006, 2010). Selon Hanihara (1992a) et Turner (1990), une population « protosundadonte » est à l'origine de deux branches : d'une part les Aborigènes australiens, possédant une morphologie « sundadonte », et qui évolueraient localement depuis 40000 à 50000 BP, et d'autre part les « proto-Malais », eux aussi « sundadontes », et qui auraient abouti au complexe « sundadonte » actuel en Asie du Sud-Est (dont font partie les Négritos des Philippines et les Dayaks de Bornéo) ainsi qu'au complexe « sinodonte » par des migrations vers le Nord autour de 20000 BP. Selon Hanihara (1992a, 1993b), les similarités morphologiques cranio-faciales et dentaires des Dayaks et des Négritos des Philippines seraient la conséquence d'une convergence microévolutive due à une adaptation au même type d'environnements. Cette hypothèse avait déjà été proposée par Omoto au début des années 1980 d'après la comparaison de plusieurs marqueurs génétiques sanguins de plus de 600 Négritos Aeta et Mamanwa ainsi que plusieurs populations asiatiques et non-asiatiques (Omoto, 1981). Pour Omoto (1981), la grande variabilité génétique présentée par ces marqueurs montre que les divers groupes dits « Négritos » ne partagent pas une origine commune et que leur phénotype est le résultat d'une adaptation particulière aux environnements de la forêt tropicale.

Ce modèle d'évolution locale en Asie du Sud-Est à partir d'une vague de migration majeure a reçu un support génétique majeur en 2009 avec l'étude d'un grand nombre de marqueurs génétiques (54794 SNPs) chez près de 2000 individus représentant 73 populations asiatiques (HUGO, 2009). Les résultats de cette étude montrent que : (i) la diversité génétique est corrélée avec la répartition géographique des populations, (ii) ce pattern de variabilité génétique semble lié plutôt à des « divergences populationnelles préhistoriques » qu'à un phénomène d'isolement par distances, (iii) l'Asie du Sud-Est a potentiellement été une source populationnelle pour l'Asie de l'Est car elle présente une plus grande diversité génétique (pour ce dernier point voir aussi par exemple Ballinger et al., 1992 ; Peng et al., 2011), (iv) les Négritos et les non-Négritos d'Asie du Sud-Est partagent une origine commune et une même vague de peuplement initiale est ainsi privilégiée. Par ailleurs, une analyse de



l'ADN mitochondrial (Peng et al., 2011) a été réalisée sur 168 Cham, groupe ethnique du Vietnam dont la langue, le Cham, fait partie de la branche malayo-polynésienne des langues austronésiennes. Cette étude n'a pas trouvé de « signal austronésien d'Asie du Sud-Est insulaire » dans le pool génétique des Cham, mais elle a montré en revanche leur proximité avec les groupes humains échantillonnés en Asie du Sud-Est continentale.

Cette idée d'absence de migration majeure pouvant être corrélée avec la dispersion du mode de vie Néolithique en Asie du Sud-Est se retrouve dans la synthèse proposée récemment par Donohue & Denham (2010). Cette synthèse est basée principalement sur une réévaluation de l'histoire des langues austronésiennes et une « déconnexion » (« *disconnecting* ») critique des données archéologiques, linguistiques et biologiques (voir aussi la réponse de Bellwood dans le même volume). Les auteurs ne contredisent pas l'origine taïwanaise de la famille des langues austronésiennes mais la structure hiérarchique et directionnelle de la branche malayo-polynésienne telle qu'elle est présentée par Blust (1995, 1996). Selon Donohue & Denham (2010), les langues malayo-polynésiennes se seraient développées et propagées en Asie du Sud-Est insulaire dans plusieurs directions et ne présenteraient pas une phylogénie clairement structurée selon un axe nord-sud (Figure 6). Ainsi, de petits groupes humains provenant de Taïwan, exerçant une « *elite dominance* » et ayant un impact génétique faible sur les populations indigènes, auraient imposé leur langue et certains éléments matériels (*e.g.* la poterie à engobe rouge) dans une Asie du Sud-Est insulaire qui formait déjà un réseau maritime d'échanges culturels depuis le Pléistocène supérieur ou le début de l'Holocène (Bulbeck, 2008). Cette hypothèse suggère donc une « Austronésianisation » des groupes humains d'Asie du Sud-Est plutôt qu'une influence majeure (*i.e.* biologique) des « Austronésiens » (Blench, 2012).



**Figure 6 : Deux propositions de phylogénie des langues de la famille austronésienne : ces deux modèles phylogénétiques considèrent une origine taïwanaise de la famille des langues austronésiennes mais sont en revanche radicalement opposés en ce qui concerne la diffusion de ces langues en-dehors de l'île (branche malayo-polynésienne). A : les groupes de langues sont clairement hiérarchisés et indiquent une diffusion nord-sud (Blust, 1995), supportant l'hypothèse d'une dispersion rapide vers la Polynésie et l'Indonésie occidentale (« *Express Train* ») ; B, d'après Donohue & Denham (2010), il est impossible de dégager des structures affichant clairement une direction de dispersion. (Illustration : Donohue & Denham, 2010).**

### 1.2.2. Plusieurs vagues de migrations

Peu d'analyses ostéologiques ont soutenu le modèle à migrations multiples qui semble de plus en plus défendu par la génétique des populations. Jacob (1967), à partir d'un large échantillon pré- et post-Néolithique d'Asie du Sud-Est continentale et insulaire observe une réduction progressive de la taille des dents des plus anciens spécimens jusqu'aux groupes actuels. Selon lui, cette réduction serait le résultat de migrations lentes et régulières depuis le Pléistocène supérieur ou le début de l'Holocène de petits groupes à morphologie « mongoloïde » en Asie du Sud-Est. Les populations humaines d'Asie du Sud-Est auraient

donc évolué progressivement d'une morphologie « australo-mélanésienne » vers une morphologie « mongoloïde ». Déroit (2002) a réalisé une analyse craniométrique au moyen de la morphométrie géométrique en 3 dimensions. Cette étude, avec celle de Jacob (1967), contient le plus large échantillon d'individus provenant de contextes préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire inclus jusqu'à maintenant dans une étude morphométrique. Déroit (2002) montre que les premiers hommes anatomiquement modernes en Asie du Sud-Est étaient globalement plus robustes que les habitants actuels mais la forte variabilité morphologique des spécimens fossiles et récents en Asie du Sud-Est indiquerait que cette région du monde était une « zone de contacts et d'hybridations inter-populationnelles » depuis le Pléistocène supérieur, entre deux pôles morphologiques principaux situés en Asie de l'Est continentale et en Australie. L'histoire migratoire d'*Homo sapiens* en Asie du Sud-Est serait ainsi marquée par des mouvements relativement constants de populations entre ces deux pôles, ou au moins composée de plusieurs migrations. L'influence des migrations relatives à l'arrivée du Néolithique en Asie du Sud-Est, présentée comme prépondérante par les partisans de l'hypothèse à deux vagues de migrations, serait ainsi à modérer. En outre, la diversité des pratiques funéraires en Asie du Sud-Est mise en évidence dans ce même travail semble étayer cette hypothèse.

Plusieurs travaux récents de génétique vont dans le sens de migrations multiples de l'Asie du Sud-Est continentale vers l'Asie du Sud-Est insulaire dès le Pléistocène supérieur. Les analyses génétiques et morphométriques du cochon (spécimens récents et en contextes archéologiques) démontreraient que plusieurs épisodes de dispersion ont eu lieu au cours de l'Holocène, notamment une dans la direction ouest-est, de l'Asie du Sud-Est continentale à la Mélanésie en passant par les îles de la Sonde (Larson et al., 2007 ; Dobney et al., 2008). Concernant la génétique des populations, Trejaut et al. (2011), à partir de la phylogéographie de l'haplogroupe P de l'ADN mitochondrial, soutiennent que la plate-forme de la Sonde a été une plate-forme d'« expansions et de dispersions » des hommes modernes au Paléolithique. Hill et al. (2006, 2007) ont étudié les phylogénies et phylogéographies des

haplogroupes de la région codante de l'ADN mitochondrial à une échelle locale (Malaisie péninsulaire) et régionale (Asie du Sud-Est continentale et insulaire). Les résultats montrent que : (i) les variations de l'ADN mitochondrial au sein des Orang-Asli de Malaisie péninsulaire (Semang, Senoi et aborigènes malais) indiqueraient des épisodes de métissages lors de trois événements majeurs de migrations : début Holocène, milieu Holocène (Néolithique ?) et fin Holocène (Hill et al., 2006) ; (ii) le séquençage de près de 1000 individus d'Asie du Sud-Est insulaire confirme que des événements de migrations multiples, depuis l'Asie du Sud-Est continentale vers l'Asie du Sud-Est insulaire, sont détectables depuis la fin du dernier maximum glaciaire, mais sans signal génétique majeur pouvant correspondre à une éventuelle vague de migration néolithique provenant de Taïwan (Hill et al., 2007). L'étude d'une centaine de marqueurs sur le chromosome Y de près de 2000 individus d'Indonésie, notamment par la phylogéographie de l'haplogroupe O, souligne également des événements de dispersion dits « pré-Austronésiens » depuis le Pléistocène supérieur, intimement liés aux variations eustatiques, ainsi que des signaux faibles néolithiques (Austronésiens) et post-Néolithiques (influence de l'Inde, de l'Islam et de la Chine) (Karafet et al., 2010) (Figure 7). Soares et al. (2008) défendent également le fait que la hausse du niveau marin après le Pléistocène supérieur est le principal facteur qui a influencé le pool génétique dans la région. Finalement, à partir de la synthèse de ces études et grâce à une nouvelle analyse de 12150 SNPs de l'ADN mitochondrial et de l'autosome d'un large échantillon d'Asie du Sud-Est insulaire et continentale, Jinam et al. (2012) ont formulé l'hypothèse d'un « *Early Train* » provenant d'Asie du Sud-Est continentale, et se dispersant en Indonésie occidentale entre 30000 et 10000 BP. Cet « *Early Train* » expliquerait la majeure partie de la diversité génétique actuelle dans ces régions. Au niveau culturel, une corrélation entre le « *Early Train* » et le développement du complexe culturel Hoabinhien en Asie du Sud-Est continentale et insulaire a été proposée (Hill et al., 2006 ; Soares et al., 2008 ; Karafet et al., 2010 ; Jinam et al., 2012).

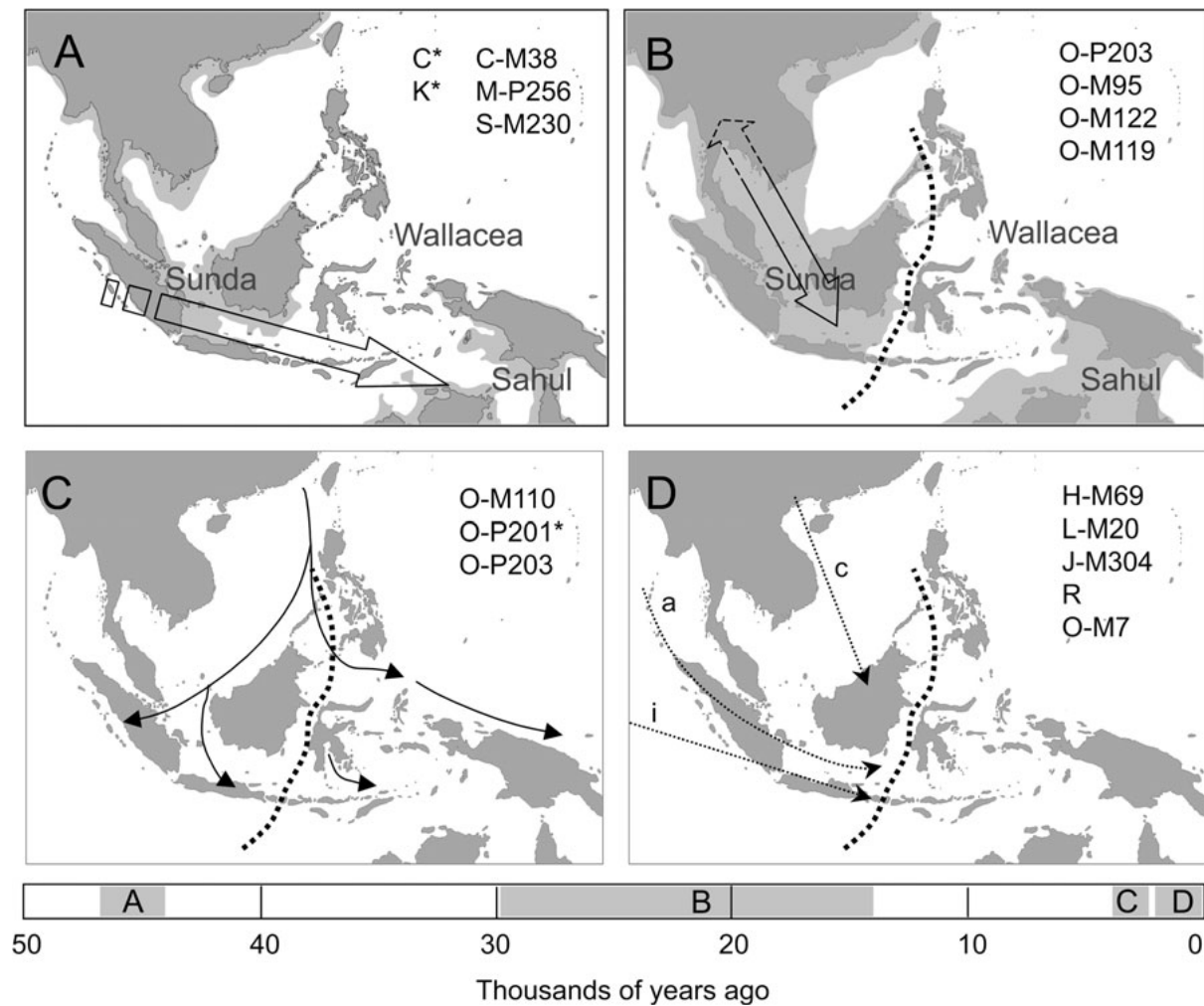


Figure 7 : Hypothèse de vagues multiples de migration en Asie du Sud-Est depuis le Pléistocène supérieur (d'après l'étude du chromosome Y ; Karafet et al., 2010). A : vague initiale de peuplement de l'Asie du Sud-Est jusqu'en Australie ; B : mouvements de populations dont les vecteurs principaux sont les changements drastiques de l'environnement liés aux importantes variations eustatiques à la fin du Pléistocène supérieur ; C : expansion austronésienne dont l'impact sur le *pool* génétique des populations d'Asie du Sud-Est insulaire est mineur ; D, mouvements humains lors des périodes historiques dont l'impact sur la diversité biologique humaine aurait été mineur. En pointillé : ligne biogéographique de Wallace modifiée par Huxley. (Illustration : Karafet et al., 2010).

### 1.2.3. Une Asie du Sud-Est insulaire active

A partir des années 1970/80, Solheim proposa le « concept » du « *Nusantao Maritime Trading Network* » qui diffère radicalement du modèle à deux vagues de migration (Solheim, 1984, 2006). Selon lui, la hausse du niveau marin après le dernier maximum glaciaire aurait favorisé le développement progressif d'un réseau d'échanges culturels principalement orienté vers les ressources maritimes en Asie du Sud-Est insulaire. L'expansion des Nusantao

(peuples des îles) aurait débuté vers 8000/7000 BP à partir d'un foyer situé quelque part dans la zone de Wallace. Les Nusantao auraient atteint Taïwan et les côtes du Sud-Est de la Chine vers 7000/6000 BP, l'Indonésie occidentale, Sumatra, la Malaisie péninsulaire et les côtes du Sud du Vietnam vers 5000/4000 BP. Ils se seraient également dispersés en direction de l'Est en Mélanésie vers 4000 BP, où ils seraient à l'origine du complexe culturel Lapita, puis jusqu'en Polynésie. Si l'hypothèse de Solheim (1984, 2006) souffrait d'un manque de données archéologiques à l'époque de sa formulation, la multiplication des recherches dans la région a permis d'étoffer cette proposition et de l'élargir à un cadre multidisciplinaire.

L'exploitation poussée des ressources aquatiques (*e.g.* mollusques, poissons, tortues) est prouvée depuis le Pléistocène supérieur en Asie du Sud-Est insulaire et en Mélanésie (*e.g.* Leavesley & Chappell, 2004 ; Veth et al., 2005 ; Szabó et al., 2007 ; O'Connor et al., 2011 ; Barker & Richards, 2012). Dans les grandes îles telles que Bornéo ou Sulawesi, les mollusques d'eau douce ont largement été consommés, et dans les plus petites îles de la zone de Wallace, le mode de subsistance était davantage tourné vers les ressources maritimes (Szabó & Amesbury, 2011). Les grottes de Niah à Bornéo et d'Ille à Palawan, qui comportent des séquences stratigraphiques de la fin du Pléistocène supérieur et du début de l'Holocène, montrent que le mode de subsistance reposait sur un large éventail de ressources et techniques, incluant bien sûr la chasse et la cueillette, mais aussi la « végéiculture » avec une exploitation poussée de graines, de fruits et de tubercules (Barker et al., 2011 ; Barker & Richards, 2012). Par ailleurs, les échanges culturels pré-néolithiques mis en évidence à l'intérieur de ce monde insulaire témoignent de la complexité des sociétés humaines holocènes dans cette région du monde : par exemple le transport inter-îles d'obsidienne probablement dès le Pléistocène supérieur (Reepmayer et al., 2011), la translocation par l'homme du cochon de Sulawesi à l'île de Florès et au Timor (Larson et al., 2007), ou encore les outils et ornements en coquilles de mollusques marins (Bulbeck, 2008). En somme, l'utilisation continue de cette gamme de ressources au cours de l'Holocène, la mise en évidence de réseaux d'échanges pré-austronésiens et l'absence fréquente d'un

*package* néolithique clairement établi indiqueraient que l'apparition du « mode de vie néolithique » dans la région n'a pas consisté en une coupure culturelle abrupte mais plutôt en une modification complexe des relations entre les hommes et leurs ressources et l'occurrence d'innovations culturelles au cours du temps (Denham, 2011; Barker & Richards, 2012). De plus, des « systèmes d'échanges maritimes » (Barker & Richards, 2012) ou des « sphères d'interaction » (Bulbeck, 2008) non-austronésiens entre Mélanésie, Asie du Sud-Est insulaire et Asie du Sud-Est continentale au cours de l'Holocène ont été décrits pour la poterie (Solheim, 2006 ; Bulbeck, 2008), les langues (Blench, 2010) et la domestication de certaines plantes (banane, canne à sucre, igname, taro ; Denham, 2011).

Au niveau génétique, Oppenheimer & Richards (2001) défendent l'hypothèse que le « motif polynésien » trouverait son origine en Indonésie orientale plutôt qu'à Taïwan. Les analyses les plus récentes de ce motif (Soares et al., 2011 ; Trejaut et al., 2011) montrent ainsi qu'un « proto motif polynésien » aurait eu une « période d'incubation holocène » en Asie du Sud-Est insulaire et que la dispersion du « motif polynésien » aurait été indépendante de la dispersion des langues austronésiennes en Asie du Sud-Est insulaire et en Mélanésie.

### 1.3. QUESTIONS LIEES A LA VARIABILITE MORPHOLOGIQUE ET HYPOTHESES DE TRAVAIL

Ce premier chapitre montre combien les interprétations du peuplement de l'Asie du Sud-Est par *Homo sapiens* sont diverses. Même s'il s'agit bien entendu d'une simplification de la réalité, une hypothèse de peuplement a pour but de proposer et d'expliquer quels ont été les principaux facteurs ayant modelé la diversité biologique humaine. Chaque modèle de peuplement doit donc théoriquement concorder avec des patrons de variabilité et d'affinités morphologiques précis. La présente étude, portant sur l'analyse de la conformation d'un des

plus larges échantillons de molaires définitives archéologiques et récentes d'*Homo sapiens* en Asie du Sud-Est, va nous permettre de tester les hypothèses suivantes :

Selon l'hypothèse à deux vagues de migration, un changement morphologique majeur doit être détecté lors de la transition Prénéolithique/Néolithique. De plus, la variabilité morphologique devrait se répartir en deux pôles principaux : un premier constitué des individus préneolithiques et des descendants de cette première vague, c'est-à-dire les Australiens et Négritos, et un deuxième formé par les groupes néolithiques et post-néolithiques asiatiques.

D'après l'hypothèse selon laquelle les processus d'évolution locale ont été les forces évolutives majeures en Asie du Sud-Est, soit les changements morphologiques ont été graduels et continus au cours du temps (« mongoloïdisation » ; Bulbeck, 1982), soit aucun changement significatif n'est détectable. Par ailleurs, les différences morphologiques entre groupes humains devraient être corrélées aux distances géographiques.

Selon le modèle considérant plusieurs migrations humaines majeures depuis le Pléistocène supérieur, la variabilité morphologique doit être structurée de manière plus complexe que dans le cas de deux vagues de migration : d'abord, la morphologie des groupes humains préneolithiques devrait être hétérogène, ensuite une migration néolithique éventuelle n'aurait pas laissé nécessairement un signal morphologique majeur. De plus, si l'exondation de la plate-forme de la Sonde a été un vecteur d'expansions et de mouvements de populations lors des bas niveaux marins, la ligne de Wallace devrait être un facteur de différenciation morphologique.

Selon l'hypothèse de l'Asie du Sud-Est insulaire comme source d'expansions de populations, on devrait observer une grande variabilité morphologique dans la région avec des différences morphologiques significatives entre Asie du Sud-Est insulaire, Asie du Sud-Est continentale, la plate-forme du Sahul et la Mélanésie (insulaire, « hors Sahul »).



Par ailleurs, nous avons vu que des études génétiques récentes indiquent que certaines populations actuelles portent une petite part de génome archaïque « en elles ». Ainsi, en Australasie, certaines populations porteraient entre 4 et 7% de gènes dénisoviens (Reich et al., 2011). Tout en mettant en garde contre certaines dérives pouvant émaner d'une mauvaise compréhension de la diversité humaine, Stringer (2012) se demande dans quelle mesure cet héritage archaïque est visible sur le phénotype, et si la variabilité morphologique dentaire observée chez certaines populations australo-mélanésiennes n'en serait pas un « signe ». La question se pose donc de savoir comment détecter un signal phénotypique dénisovien éventuel. Une première piste pourrait être d'observer si les affinités phénétiques sont plus fortes chez les populations partageant un signal génétique dénisovien similaire. Nous examinerons cette hypothèse dans la discussion.



# **PARTIE II**

---

## **MATERIEL ET METHODES**



## 2. MATERIEL

Un large échantillon de molaires définitives d'individus récents et de spécimens provenant de contextes préhistoriques a été constitué afin de pouvoir caractériser, comparer et modéliser la variabilité morphologique d'*Homo sapiens* en Asie du Sud-Est selon des facteurs chronologiques (chrono-culturels) et géographiques. L'échantillonnage concerne les premières et deuxièmes molaires inférieures et supérieures provenant d'Asie du Sud-Est continentale et insulaire, Australie et Mélanésie (Figure 8). Les troisièmes molaires n'ont pas été incluses dans cette étude car leur morphologie est très irrégulière (White & Folkens, 2005 ; Scheid & Weiss, 2011). Au total, 1537 molaires définitives d'*Homo sapiens* ont été

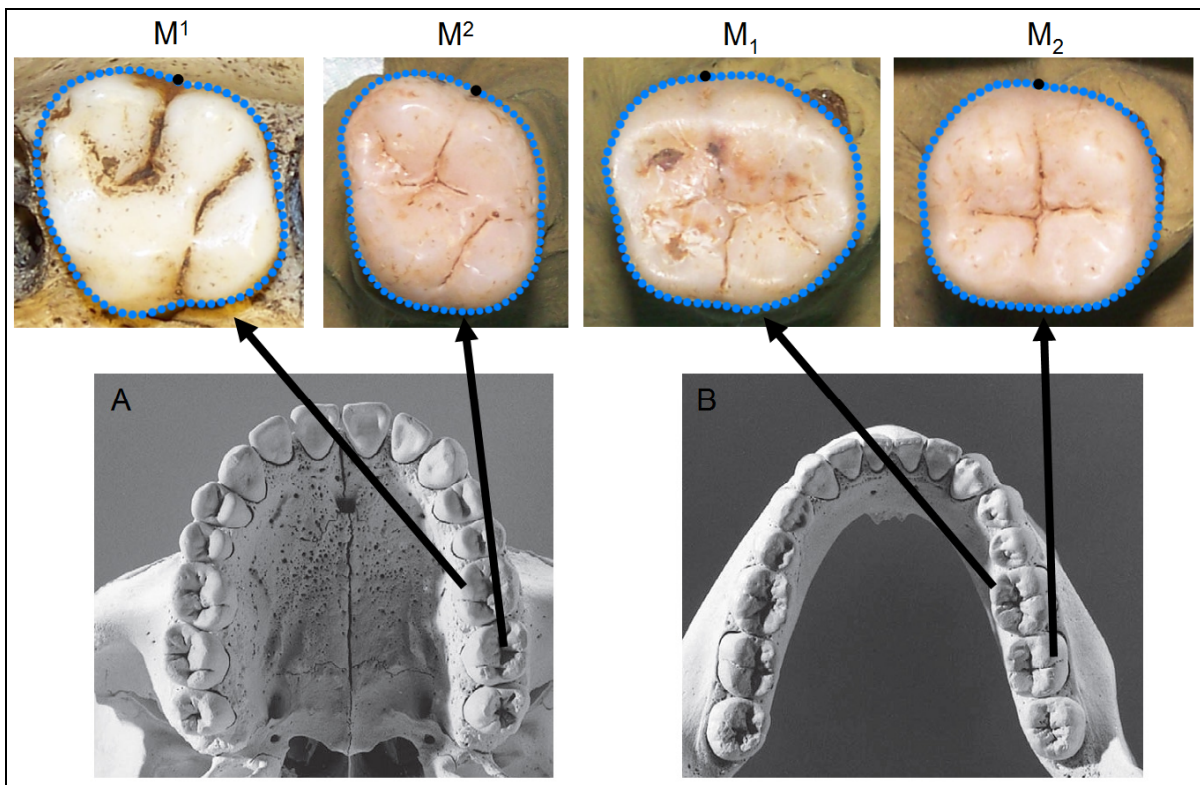


Figure 8 : L'échantillonnage a porté sur les premières et deuxièmes molaires humaines définitives supérieures et inférieures ( $M^1$  et  $M^2$  gauches,  $M_1$  et  $M_2$  droites). A, maxillaire ; B, mandibule. Le point de départ du tracé des contours (dans le sens des aiguilles d'une montre) est indiqué pour chaque molaire par un point noir. Face buccale vers le haut, face mésiale vers la gauche. (Remarque : les molaires représentées ont été sélectionnées pour cette figure parce qu'elles possèdent des caractéristiques anatomiques typiques du rang qu'elles représentent. Dans les faits, les premières et deuxièmes molaires sont la plupart du temps beaucoup plus proches morphologiquement).

échantillonnées, dont 440 M<sup>1</sup>, 459 M<sup>2</sup>, 278 M<sub>1</sub>, 360 M<sub>2</sub> (Tableau 1 ; Tableau 2).

Les molaires échantillonnées ont été sélectionnées selon plusieurs critères :

- Une usure occlusale modérée afin que le contour maximal de la couronne en vue occlusale n'en soit pas ou très peu affecté. L'usure occlusale des molaires ne dépasse pas le stade 4 de la table de Smith (1984). Cependant, un très petit nombre de spécimens clés pour lesquels l'usure atteint le stade 5 mais n'affecte pas la forme du contour occlusal a été inclus dans les analyses.
- Les facettes d'usure interproximales doivent être modérées de manière à ce que le tracé manuel des contours soit fiable (*cf.* Chapitre 4 et Figure 8).
- Le tartre, surtout déposé sur la face buccale des couronnes, doit être faible pour ne pas masquer les contours des couronnes.
- L'absence de pathologie affectant les contours (ex : caries).
- Le sexe des individus n'a pas été un critère de choix pour deux raisons :
  - Ferrario et al. (1999) ont démontré qu'il n'existe pas de différence de conformation significative liée au dimorphisme sexuel en ce qui concerne le contour des couronnes des M<sup>1</sup> définitives d'*Homo sapiens* en vue occlusale.
  - L'identification du sexe à un niveau de confiance acceptable n'a pu être effectuée que sur peu d'individus.

## 2.1. DEFINITIONS GEOGRAPHIQUES ET CHRONOLOGIQUES DE L'ECHANTILLON

### 2.1.1. Définitions géographiques

L'échantillon peut être défini géographiquement selon deux critères :

- La géographie actuelle de l'Australasie selon quatre grands ensembles :

- Asie du Sud-Est continentale : Chine du Sud-Est, Vietnam, Laos, Thaïlande, Malaisie péninsulaire (incluant Singapour).
  - Asie du Sud-Est insulaire : Archipels philippin, indonésien (d'un point de vue administratif inclus la Malaisie orientale avec le Nord de Bornéo, le sultanat de Brunei et Timor oriental) et Taïwan.
  - Australie (incluant la Tasmanie).
  - Mélanésie : Papouasie Nouvelle-Guinée (incluant l'archipel des Bismarck), les archipels des Salomon et du Vanuatu.
- La configuration géographique de l'Australasie lors du dernier maximum glaciaire (LGM) et défini par Dunn & Dunn (1977) (voir Figure 9 pour une carte de l'Asie du Sud-Est selon la géographie actuelle et lors du LGM) :
- Plate-forme de la Sonde : la zone géographique située entre l'Asie du Sud-Est continentale et la ligne de Huxley, c'est-à-dire principalement la Thaïlande et Malaisie péninsulaires, Sumatra, Bornéo, Java, mais aussi Palawan (contrairement à Dunn & Dunn, 1977). A noter que par la suite le terme « Indonésie occidentale » désignera l'ensemble des îles d'Indonésie rattachées à la plate-forme de la Sonde.
  - Plate-forme du Sahul : elle correspond à l'immense continent que formaient la Papouasie Nouvelle-Guinée, l'Australie et la Tasmanie lors des bas niveaux marins.
  - Zone de Wallace : la zone comportant l'ensemble des îles situées entre la ligne de Huxley à l'ouest et la plate-forme du Sahul au sud-est, c'est-à-dire les Philippines (sauf Palawan), Sulawesi, les Moluques, Nusa Tenggara orientale (principalement Florès, Sumba, Timor occidental) et Timor oriental. Ces îles n'ont jamais été rattachées aux plates-formes de la Sonde ou du Sahul lors des plus bas niveaux marins.

### 2.1.2. Définitions chronologiques

L'hétérogénéité chronologique des spécimens archéologiques et, pour certains d'entre eux, les informations limitées concernant leur contexte de découverte (manque de datations absolues ou relatives, stratigraphie mal définie, pas de matériel archéologique associé ou peu de descriptions) ont rendu nécessaire d'effectuer un découpage chrono-culturel et chronologique adapté pour fournir un cadre fiable et robuste à l'étude de la variabilité morphologique à travers le temps.

D'un point de vue chrono-culturel, une limite majeure correspond à l'apparition du Néolithique en Asie du Sud-Est insulaire, c'est-à-dire le passage d'un mode de vie basé sur la production de ressources alimentaires et souvent plus sédentaire. Généralement, le passage au Néolithique se caractérise archéologiquement par l'apparition de la poterie. Toutefois, la réalité est plus complexe puisque certaines régions du monde montrent l'usage de la poterie par des groupes de chasseurs-cueilleurs et inversement, des faciès culturels acéramiques ont été mis en évidence chez des communautés préhistoriques dont le mode de vie est clairement basé sur l'agriculture. Le premier cas est par exemple rencontré au Nord du Vietnam avec la phase culturelle *Da But*<sup>6</sup> au milieu de l'Holocène, souvent qualifiée de Néolithique, mais qui précède le premier faciès culturel pleinement basé sur l'agriculture et la domestication. Ce dernier correspond régionalement à la phase *Phung Nguyen*<sup>7</sup>, dont le site majeur est Man Bac (Matsumura & Oxenham (2011), et qui est parfois considéré

---

<sup>6</sup> Da But : Phase culturelle du nord du Vietnam entre 6500 et 4500 BP. La plupart des sites sont des amas coquilliers. De nombreuses sépultures humaines témoignent de cette phase, notamment grâce au site de Con Co Ngua (Vinh, 1991 ; Oxenham et al., 2005). La culture matérielle est constituée de poteries cordées, d'outils lithiques sur éclats, de haches polies, de meules, de poids pour les filets de pêche, de fusaïoles. Les communautés humaines étaient probablement largement tournées vers les ressources marines/aquatiques et probablement assez sédentaires. De nombreuses sépultures humaines témoignent de cette phase, notamment grâce au site de Con Co Ngua (Vinh, 1991 ; Oxenham et al., 2005).

<sup>7</sup> Phung Nguyen : Phase culturelle du nord du Vietnam qui marque l'apparition du Néolithique dans cette région. Elle a été considérée autrefois comme Néolithique tardif ou même parfois incluse dans l'Age des Métaux (Nguyen et al., 2004) mais la découverte récente du site de Man Bac a permis de prouver qu'il s'agit bien des premières communautés humaines dont le mode de vie est basé sur l'agriculture et l'élevage, conséquence de vagues d'expansion néolithiques depuis la Chine (Oxenham & Matsumura, 2011). La fin de cette phase marque la transition avec l'Age du Bronze.



régionalement comme Néolithique tardif, incluant même parfois le début de l'Age des Métaux (Nguyen et al., 2004). En Asie du Sud-Est insulaire, la poterie est un meilleur marqueur du Néolithique et de l'Age des Métaux, avec respectivement l'apparition de la poterie à engobe rouge (*red-slipped pottery*) et la poterie à engobe noire (*black pottery*) (Bellwood, 1997 ; Spriggs, 2007). Dans ce travail, nous adopterons la nomenclature proposée par Oxenham & Matsumura (2011) et désignerons comme Néolithique les sites dont l'économie est basée sur la domestication et précédant l'Age des Métaux (ces auteurs considèrent les sites antérieurs contenant de la poterie comme « *Pre-Neolithic Pottery using Cultures* »). Le terme « Prénéolithique » regroupera tous les sites antérieurs au Néolithique en Asie du Sud-Est à partir du Pléistocène supérieur. L'utilisation de ce terme est bien « chronologique » et n'implique pas que les groupes dits « prénéolithiques » soient à l'origine du processus de néolithisation. Le terme « mésolithique », souvent utilisé dans la littérature (*e.g.* Jacob, 1967) pourra parfois être évoqué pour désigner les un ou deux milliers d'années précédant le Néolithique mais ne sera pas employé en tant que période chrono-culturelle car son utilisation est floue et non adaptée aux réalités archéologiques de l'Asie du Sud-Est. Le terme « Récent » sera appliqué aux collections ostéologiques du XIX<sup>ème</sup> et XX<sup>ème</sup> siècle. Pour résumer, quatre grandes périodes chrono-culturelles majeures vont être employées dans ce travail : Prénéolithique, Néolithique, Age des Métaux, Récente.

D'un point de vue chronologique, la limite Pléistocène supérieur/Holocène utilisée est celle définie par Walker et al. (2008) à 11700 BP. Dans notre étude, l'Holocène est découpé de manière arbitraire entre « Début Holocène » (env. 11700-7000BP), « Milieu Holocène » (env. 7000/6000 – 5000/4000 BP) et « Holocène tardif » (à partir de 4000/3000 BP).

## 2.2. MATERIEL COMPARATIF RECENT

La stratégie d'échantillonnage des individus récents a eu pour objectif d'offrir une couverture géographique la plus complète possible de l'Asie du Sud-Est continentale et insulaire et de l'Australo-Mélanésie. Cet objectif a pu être atteint grâce aux échantillonnages effectués dans les deux grandes collections anthropologiques de référence du Muséum national d'Histoire naturelle (Paris) et de l'*American Museum of Natural History* (New York). A partir d'éléments d'archives et de rares publications (Montano, 1886; Marche, 1887), les provenances géographiques exactes des différentes collections ostéologiques ont été recherchées (le matériel date généralement de la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle). Un tableau synthétique de l'échantillonnage région par région est disponible ci-dessous (Tableau 1).

## 2.3. CORPUS ARCHEOLOGIQUE

Deux stratégies d'échantillonnage ont été appliquées pour les individus provenant de contextes archéologiques (Figure 9 ; Tableau 2) :

- Couvrir le mieux possible l'Asie du Sud-Est (géographiquement et chronologiquement) pour pouvoir réaliser une étude comparative à grande échelle.
- Echantillonner des zones géographiques précises mais représentées par des spécimens correspondant à une période chronologique large afin de tester si des changements morphologiques sont décelables au cours du temps, indépendamment d'un facteur géographique.

Séries ostéologiques	N M <sup>1</sup>	N M <sup>2</sup>	N M <sub>1</sub>	N M <sub>2</sub>	Collections	Provenances
<i>ASE continentale</i>						
Chine du Sud-Est	17	16	7	6	MNHN	Canton, Guangxi, Hong-Kong, Sichuan, Shanghai, Yunnan
Malaisie péninsulaire	27	32	-	-	AMNH	Singapour
Thaïlande	28	29	16	16	AMNH	Bangkok
Vietnam	23	23	13	20	MNHN, AMNH	Nord (Hanoi, Son-Toy, Tuyen-Quang), Centre, Sud (Mékong). 24 individus non localisés.
<i>ASE insulaire</i>						
Andaman	5	6	1	2	MNHN, AMNH	Négritos. Localisation exacte inconnue.
Bornéo	8	8	5	10	MNHN, AMNH	Dayaks de Pontianak, nanboun, Landak, Oubin. 11 individus non localisés.
Java	27	27	19	22	MNHN	Bezoek, Probolinggo, Pacitan, Soegaure, Surakarta, Suarabaya, Sumarang, Madura. 18 individus non localisés.
Négritos Philippines	14	12	8	8	MNHN	Dinalupihan, Laolaman, Monts Tabacoja, Monts Tanauan, Olongapo, Yriga. 2 individus non localisés.
Philippines (non-Négritos)	21	22	9	6	MNHN	Cagraray, Marinduque
Sulawesi	12	11	10	12	MNHN	Kamong Boughis, Etat de Sindingring, Kaili. 7 individus non localisés.
Sumatra	10	9	3	5	AMNH	Belitung, Halbinsel Samosir, Mentawai. 1 individu non localisé.
Sulu	9	9	5	6	MNHN	
<i>Australo-Mélanésie</i>						
Australie	18	27	11	18	MNHN, AMNH	Nord (Camp in Heaven), Nouvelle Galles du Sud (White Cliffs), Ouest (Murchison River), Queensland (Cooktown), Tasmanie, Territoire du Nord (péninsule de Cobourg, Port Darwin)
Bismarck	31	30	23	26	AMNH	Ralum (Est de la Nouvelle-Bretagne)
Salomon	11	8	3	5	AMNH	Non localisés
Vanuatu	14	16	14	7	MNHN	Malekula, Efaté, Erromango, Pentost, 4 individus non localisés.
TOTAL (876)	275	285	147	169		

**Tableau 1 : Tableau synthétique des échantillons d'individus récents. AMNH, American Museum of Natural History (New York); MNHN, Muséum national d'Histoire naturelle (Paris); ASE, Asie du Sud-Est.**

Les nombreux sites du nord du Vietnam et du nord du Laos ont permis d'étudier un grand nombre d'individus sur une zone géographique assez restreinte depuis la fin du Pléistocène supérieur jusqu'à l'Age des Métaux. L'échantillonnage du site de Ban Non Wat a offert l'unique possibilité en Asie du Sud-Est d'étudier un grand nombre de spécimens définis par une chronologie culturelle très fine entre le tout début du Néolithique jusqu'à la fin de l'Age du Fer. Les individus provenant des sites archéologiques des Philippines sont inclus pour la première fois dans un travail comparatif à grande échelle, grâce notamment à plusieurs sites fouillés récemment (Garong, 2002 ; Mijares, 2007). Les Philippines ont une place centrale

Séries archéologiques	M <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	Chronologie	Provenances séries (collections)
<b>Préolithique ASE continentale</b>						
Tam Hang (MNHN)	6	4	4	6	Pléistocène sup. (15700 +/- 800 BP)	Province de Hua Pan, Laos
Sites du Nord Vietnam (MNHN, IAH)	9	18	12	20	Début Holocène (env. 8000-7000 BP)	Cau Giat, Lang Cuom, Mai Da Dieu, Mai Da Nuoc, Long Gao, Pho Binh Gia.
Con Co Ngua (IAH)	15	16	7	23	Milieu Holocène (6500-5000 BP)	Province de Thanh Hoa, Nord Vietnam.
Guar Kephah (NNML)	5	5	8	6	Milieu Holocène (5000-4000 BP)	Province de Wellesley, Malaisie péninsulaire.
<b>Néolithique ASE continentale</b>						
Ban Non Wat (TFADP)	6	11	8	11	Fin Holocène (3200-3000 BP)	Plateau de Khorat, Thaïlande.
Man Bac (IAH)	11	14	14	15	Fin Holocène (3800-3400 BP)	Province de Ninh Binh, Nord Vietnam.
<b>Age des Métaux ASE continentale</b>						
Sites du Nord Vietnam (CESEAP, IAH)	27	25	14	16	Fin Holocène (3300-1700 BP)	Doi Son, Dong Mom, Dong Xa, Minh Duc, Nui Nap, Quy Chu, Vinh Quang.
Ban Non Wat (TFADP)	50	56	33	56	Fin Holocène (1800-1600 BP)	Plateau de Khorat, Thaïlande.
<b>Préolithique ASE insulaire</b>						
Wajak (NNML)	2	2	1	2	Milieu Holocène (6560 +/- 140 BP)	Gunung Lawa, Java, Indonésie.
Sampung (= Guwa Lawa) (NNML)	0	0	0	1	Milieu Holocène (5000-3000 BP)	Ponorogo, Java, Indonésie.
Sites de Florès (NNML)	5	7	5	5	Milieu Holocène (5000-3000 BP)	Aimere, Gua Nempong, Liang Alo, Liang Momer, Liang Panas, Liang Toge.
Ille (UP)	0	1	0	0	Début Holocène (> 7000-5000 BP)	El Nido, Nord Palawan, Philippines.
<b>Néolithique ASE insulaire</b>						
Callao (UP)	1	0	3	2	Fin Holocène (3500-3000 BP)	Cagayan, Philippines
Leta Leta (NMP-M)	0	0	0	1	Fin Holocène (3653-3321 BP)	Ile Langen, Nord Palawan
Hoekgrot (NNML)	1	1	0	0	Fin Holocène (3265 +/- 55 BP)	Gunung Lawa, Java, Indonésie
Gua Jimbe (NNML)	0	1	0	1	Fin Holocène (2650 +/- 55 BP)	Redjobangan, Java, Indonésie
<b>Age des Métaux ASE insulaire</b>						
Sites de la région de Cagayan (Nord Luzon, Philippines) (NMP-M)	6	5	1	0	Fin Holocène (2000-1000 BP)	Catugan (Dombrique), Catayuan (Conciso), San Lorenzo (Siriban)
Bato-Puti (NMP-Q)	0	3	2	6	Fin Holocène (Env. 2000 BP)	Lipun Point, Palawan, Philippines
Leang Tjadang (NNML)	21	19	19	20	Fin Holocène (Env. 2000 BP)	Tjita, Sulawesi, Indonésie
TOTAL (661)	165	174	131	191		

**Tableau 2 : Tableau récapitulatif des échantillons issus de contextes archéologiques d'Asie du Sud-Est. CESEAP, Center for Southeast Asian Prehistory (Musée de Pham Huy Thong, Quang Ninh, Vietnam) ; IAH, Institute of Archaeology, Hanoï, Vietnam ; MNHN, Muséum national d'Histoire naturelle (Paris, France) ; NNML, Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leiden (Pays-Bas) ; NMP-M, National Museum of the Philippines, Manille ; NMP-Q, National Museum of the Philippines, branche locale de Quezon, Palawan ; TFADP, Thai Fine Arts Department, Phimai ; ASP, Archaeological Studies Program, Université Diliman des Philippines, Manille ; ASE, Asie du Sud-Est.**

dans les modèles de peuplement proposés pour l'Asie du Sud-Est (e.g. les hypothèses *Out of Taiwan* et *Nusantao* ; voir chapitre 1) ; pouvoir inclure des spécimens provenant de cette région était donc important. Les célèbres collections archéologiques indonésiennes (Java, Florès, Sulawesi) et de Malaisie péninsulaire (Guar Kepah) préservées au *Natural History Naturalis* de Leiden (Pays-Bas) sont également des fossiles clés par la place qu'ils tiennent dans l'histoire de la paléanthropologie en Asie du Sud-Est et ont donc été étudiées dans ce travail.

Dans ce chapitre, nous présentons le contexte de découverte des individus préhistoriques inclus dans cette étude. Le but n'est pas de donner une description exhaustive des

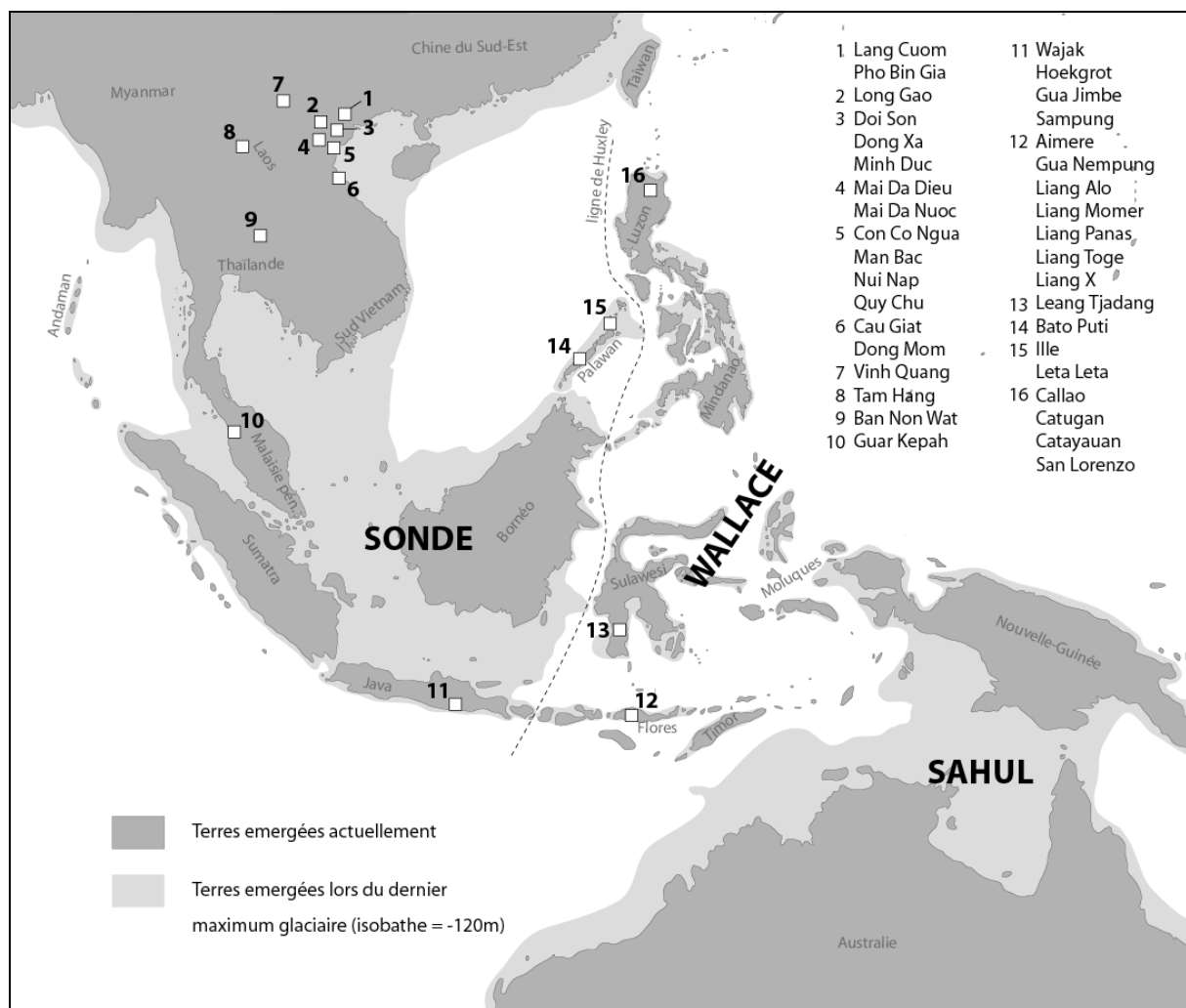


Figure 9 : Localisation des sites archéologiques échantillonnés en Asie du Sud-Est ayant livré des dents étudiées dans ce travail. (Fond de carte : Voris, 2000).

informations connues sur chaque gisement mais plutôt une présentation synthétique, centrée sur les informations pertinentes pour appréhender la suite de ce travail (stratigraphie, éventuelles datations, matériel associé aux éléments ostéologiques). Toutefois, la description de certains sites ayant donné lieu à peu (ou pas) de publications a été volontairement étendue. Les informations détaillées sur chaque spécimen (lieu de conservation, numéro d'inventaire, sexe, âge, attribution chrono-culturelle, anatomie des molaires) sont données en Annexes <sup>8</sup> et 9. Un tableau synthétique de l'échantillonnage par région et période chrono-culturelle est fourni ci-dessous (Tableau 2).

### 2.3.1. Les sites du nord du Vietnam

#### 2.3.1.1. Sites préneolithiques découverts au début du XX<sup>ème</sup> siècle

Au début du siècle dernier, un grand nombre de spécimens ont été découverts en contexte archéologique dans le nord du Vietnam par des équipes françaises. Toutefois, relativement peu de documents relatant leur contexte de découverte nous sont parvenus. Ce n'est que récemment qu'une partie de ces collections (conservées au Muséum national d'Histoire naturelle) a été mise en valeur, notamment grâce à des datations directes des fossiles (Demeter, 2000) qui ont permis de les attribuer au début de l'Holocène. Quatre de ces sites ont été échantillonnés pour ce travail : Lang Cuom, Pho Binh Gia, Cau Giat, Lang Gao. Les descriptions détaillées du contexte de découverte et de l'anatomie de ces fossiles ont été effectuées par F. Demeter (2000). La grotte de Lang Cuom, située dans la vallée du Souei An, a été fouillée par H. Mansuy en 1910. Peu de détails sur la stratigraphie du site sont disponibles : le site a été fouillé sur au moins trois mètres de profondeur et trois niveaux archéologiques ont été reconnus, tous contenant du matériel archéologique caractéristique du Hoabinhien (ou Bacsonien<sup>8</sup> ; Matsumura et al., 2012). Les ossements

---

<sup>8</sup> Evolution du faciès culturel Hoabinhien dans le Nord du Vietnam au début de l'Holocène. Il comporte notamment des haches polies et des outils sur galets hoabinhiens (Matsumura et al., 2011)

humains anciens, composés de 80 fragments osseux dont 13 *calvarium*, ont été mis au jour dans un niveau archéologique situé à environ deux mètres de profondeur. L'âge de ces ossements est estimé au début de l'Holocène (6440 +/- 50BP) à partir de la datation par C<sup>14</sup> du calvarium n°19408<sup>9</sup> (Demeter, 2000).

L'abri-sous-roche de Pho Binh Gia, situé à proximité de la grotte de Lang Cuom, a été découvert en 1906 par H. Mansuy. Des restes humains correspondant à sept individus (cinq adultes et deux enfants) ont été mis au jour dans une couche archéologique caractérisée par plusieurs niveaux fins de cendres, de nombreux outils lithiques Hoabinhien (ou Bacsonien), de nombreuses coquilles d'origine fluviatile et quelques restes fauniques de petits mammifères et de tortues. L'âge de ces ossements humains est estimé à 7470 +/- 50 BP par la datation directe au C<sup>14</sup> du crâne n°18504 (Demeter, 2000).

Le site de Cau Giat est un amas coquilliers situé sur le littoral du nord du Vietnam, dans la province de Nghe An. Ce site a été fouillé à partir des années 1930 par Madeleine Colani et Louis Pajot. Plusieurs sépultures représentant au moins 35 individus ont été découvertes. Ces individus sont aujourd'hui principalement représentés par des mandibules (deux complètes et 31 fragments) mais aussi par deux maxillaires, sept *calvae* et un crâne presque complet (Demeter, 2000). Les résultats de ces campagnes de fouilles n'ont jamais été publiés et il est donc impossible de dresser une stratigraphie du site et d'avoir des indications sur les modes d'inhumations. Néanmoins, les outillages lithiques retrouvés seraient caractéristiques de la culture Quynh Van<sup>10</sup> et une datation directe au C<sup>14</sup> du crâne n°1 a fourni une date de 7520 +/- 50 BP (Demeter et al., 2000).

Lang Gao est une « grotte sépulcrale » fouillée en 1927 par M. Colani. Elle se trouve dans la province de Hoa-Binh, dans le nord du Vietnam, dans le Thang-Luong, près du village de

---

<sup>9</sup> Numéro d'inventaire du Muséum national d'Histoire naturelle.

<sup>10</sup> Culture du Nord du Vietnam caractérisée par des outils sur éclats et la présence de poterie cordée (Nguyen et al., 2004).

Lang-Gao. A l'entrée de la grotte formant un abri-sous-roche, se trouvait un niveau « argilo-calcaire » d'environ un mètre d'épaisseur contenant un grand nombre de coquilles marines accumulées par l'action humaine (Colani, 1927). Dans ce niveau a été trouvé une vingtaine de crânes humains fragmentés à une profondeur moyenne de 60 cm et sur une surface d'environ 25 m<sup>2</sup>. Quatre ou cinq crânes ont été retrouvés à une profondeur de 1,50 m et proviendraient de dépôts plus anciens. Quelques éléments postcrâniens ont été également retrouvés «à proximité» (Colani, 1927). Peu d'outils lithiques ont été mis au jour : « quelques objets en pierre taillée de petites dimensions et trois haches dont le tranchant est poli » (Colani, 1927). M. Colani précise clairement que le remplissage n'a subi aucun remaniement et qu'aucun vestige culturel moderne n'a été retrouvé. Récemment, ces restes ont été attribué au Hoabinhien (Nguyen, 1994 ; Tayles & Oxenham, 2006 ; Matsumura et al., 2011).

#### 2.3.1.2. Mai Da Dieu et Mai Da Nuoc

Plusieurs sépultures ont été mises au jour dans les années 1980 dans les sites de Mai Da Dieu et Mai Da Nuoc grâce à des campagnes de fouilles menées par l'Institut d'Archéologie de Hanoi (Nguyen, 1986). Un kilomètre sépare ces deux sites localisés dans l'ouest de la province de Thanh Hoa au nord du Vietnam.

La sépulture de Mai Da Nuoc a été mise au jour à 80 cm de profondeur dans un niveau d'argile compact en association avec des artefacts attribués à la culture Son Vi<sup>11</sup> (environ 20000-10000 BP). De larges dalles constituaient la base de la sépulture. Six coquilles de mollusques ont été retrouvées au niveau de la base du crâne. D'après la position des quelques éléments postcrâniens encore conservés (fragments de diaphyse d'os longs, un humérus droit dont la partie proximale est manquante et des phalanges de la main droite) et

---

<sup>11</sup> Sonvien : faciès culturel du Nord du Vietnam qui précède l'apparition du Hoabinhien (à partir d'environ 25000 BP). Il est caractérisé par des galets taillés et des outils sur éclats (Borel, 2010).



du crâne, l'individu reposait en décubitus dorsal. Il s'agirait d'un homme de plus de 40 ans. Le crâne presque complet (seuls des fragments situés dans la région antérieure du foramen magnum et du sphénoïde ne sont pas conservés) est dolichocéphale et les dents (toutes conservées) sont larges et peu usées (Nguyen, 1986). Le crâne a été décrit comme présentant des caractéristiques anatomiques intermédiaires entre « Australoïdes » et « Mongoloïdes » (Nguyen, 1987, 1994).

Les fouilles du site de Mai Da Dieu ont mis en évidence deux niveaux stratigraphiques. Le niveau supérieur (de 0 à 80 cm de profondeur) contenait plusieurs sépultures et des artefacts lithiques définis comme Hoabinhiens (Nguyen, 1986). Le niveau inférieur (de 80 à 140 cm de profondeur) contenait une industrie lithique attribuée à la culture de Son Vi. Les sépultures de Mai Da Dieu seraient ainsi potentiellement plus récentes que celle de Mai Da Nuoc (Nguyen, 1986) et une datation directe au  $C^{14}$  d'un des squelettes a fourni une date de 8200 +/- 70 BP (Demeter, 2000). La base des sépultures était formée de petits galets calcaires entourés de grandes pierres. A l'exception des trois sépultures découvertes en 1984, peu d'informations sont disponibles sur le contexte de découverte et le nombre total de sépultures mises au jour. Nguyen (1986) ne fait état que de trois individus, Tayles & Oxenham (2006) évoquent huit individus et Nguyen (2002) mentionne 27 sépultures hoabinhiennes découvertes en trois campagnes de fouilles. Nous prendrons en compte la date obtenue par  $C^{14}$  pour l'âge des quatre spécimens de notre échantillon provenant de ce site mais ceci est à prendre avec grande prudence.

#### 2.3.1.3. Con Co Ngua

Le site de Con Co Ngua est situé à environ 30 km du littoral, dans la province de Thanh Hoa, district d'Ha Trung. Les ossements de 96 individus appartenant à la phase culturelle Da But ont été mis au jour en 1979 et 1980 par une équipe de l'Institut d'Archéologie de Hanoi (Vietnam). Les individus ont été inhumés en position accroupie, la majorité faisant face à

l'est. La majorité des individus sont des hommes de plus de 30 ans. L'observation des pathologies osseuses révèle un bon état de santé général des individus. La période d'occupation du site est estimée entre 6500 et 5000 BP. (Oxenham, 2000 ; Oxenham et al., 2005)

#### 2.3.1.4. Man Bac

Man Bac (Figure 10) est un site de plein air se trouvant au Nord du Vietnam, à environ 25 km du littoral, dans la province de Ninh Binh, district de Yen Mo. Les recherches sont menées depuis 1999 dans le cadre d'une coopération entre l'*Institute of Archaeology* de Hanoï (Vietnam), l'*Australian National University* et la *Sapporo Medical University* (Japon). C'est un des rares sites d'habitation et d'inhumation (99 sépultures) néolithiques d'Asie du Sud-Est, c'est-à-dire que les niveaux d'occupation témoignent d'un comportement de subsistance principalement basé sur l'agriculture et précédant l'Age des Métaux. Plusieurs datations C<sup>14</sup> ont permis de définir la période d'occupation entre 3800 et 3400 BP (Matsumura & Oxenham, 2011). Du point de vue régional, l'occupation du site est définie comme appartenant au complexe culturel de Phung Nguyen.

D'un point de vue paléodémographique, 47% des sépultures sont des sépultures d'enfants de moins de 5 ans et 39% des sépultures d'adultes de plus de 20 ans, indiquant un taux de fertilité élevé, comparable à celui d'autres sites contemporains de Thaïlande (Domett & Oxenham, 2011). Pour les individus adultes, l'estimation de la stature est d'en moyenne 161 cm pour les hommes et 154 cm pour les femmes, ce qui est également très proche des estimations obtenues pour les individus de période comparable en Thaïlande (Matsumura et al., 2011). L'étude paléopathologique des individus montre un niveau sanitaire général moins bon que celui des groupes humains antérieurs (Prénéolithique) et ultérieurs (Age des Métaux) de la même région (Oxenham & Domett, 2011 ; McDonnell & Oxenham, 2012). Ceci s'explique probablement par l'interaction de plusieurs facteurs : l'arrivée de groupes

humains extérieurs, la sédentarisation, l'adoption de nouvelles stratégies de subsistance et une fertilité élevée (Oxenham & Domett, 2011 ; McDonnell & Oxenham, 2012). Du point de vue des affinités populationnelles, les individus de Man Bac présentent une grande variabilité morphologique crânienne et dentaire qui pourrait indiquer l'arrivée de nouveaux



Figure 10 : Sépultures et poteries mises au jour dans le site de Man Bac. En haut à gauche, sépultures de nouveau-nés, enfants et adultes provenant de la tranchée 2007 H2 (vue en direction de l'est). En haut à droite, poteries associées aux sépultures 2 à 18 de la tranchée 2007 H2. En bas, schéma de l'ensemble des sépultures découvertes à Man Bac. (D'après Nguyen et al., 2011 ; Matsumura & Oxenham, 2011).

groupes humains provenant de l'Est de l'Asie, supportant ainsi l'hypothèse de peuplement à deux vagues de migration (Matsumura, 2011a, 2011b ; Matsumura et al., 2011).

### 2.3.1.5. Les sites de l'Age des Métaux

L'échantillon d'individus attribués à l'Age des Métaux provient de six sites (Tableau 3) appartenant aux complexes culturels de Dong Dau<sup>12</sup>, Go Mun<sup>13</sup> et Dong Son<sup>14</sup>. Peu de datations absolues sont disponibles, mais des corrélations effectuées à partir du matériel associé permettent d'estimer l'âge des ossements mis au jour dans ces sites entre 3300 et 1700 BP. Une description détaillée des sites a été effectuée par Oxenham (2000).

Tous les individus étaient inhumés en décubitus dorsal. L'étude des pathologies révèle une forte hausse des maladies infectieuses par rapport à la phase chrono-culturelle Da But (Oxenham et al., 2005). Les individus de ces premières phases de l'Age des Métaux au Vietnam présentent des affinités morphologiques avec les individus récents d'Asie du Sud-Est ainsi qu'avec ceux de l'Age des Métaux en Chine et en Thaïlande (Matsumura et al., 2011 ; Hanihara et al., 2012).

Sites	Phases culturelles	N	Dates (BP)
Dong Mom	Dong Son	1	2200-1700
Doi Son	Dong Son	2	2200-1700
Dong Xa	Dong Son	14	2200-1700
Nui Nap	Go Mun	11	2400-1670
Quy Chu	Dong Dau / Go Mun	6	3300-2500
Vinh Quang	Dong Son	5	2200-1700

**Tableau 3 : Sites de l'Age des Métaux du nord du Vietnam échantillonnés pour ce travail.**

<sup>12</sup> Culture de l'Age du Bronze dans le Nord du Vietnam entre 3500 et 3000 BP. Marquée notamment par l'apparition des lances et des pointes de flèches en bronze (Matsumura et al., 2011).

<sup>13</sup> Suite de la culture de l'Age du Bronze de Dong Dau dans le Nord du Vietnam à partir de 3000 BP environ (Nguyen et al., 2004).

<sup>14</sup> Culture du Nord du Vietnam considérée comme l'apogée de l'Age du Bronze à partir de 2500 BP. Marquerait le passage de villages autonomes aux premières chefferies centralisées. (Matsumura et al., 2011).

### 2.3.2. Tam Hang (Laos)

La zone dans laquelle ont été découverts les ossements humains de Tam Hang est d'une exceptionnelle richesse paléanthropologique puisqu'à quelques mètres ont été mis au jour les restes humains de Tam Pong et de Tam Nang An (Demeter, 2000), ainsi que ceux très anciens de Tam Pa Ling (63000-46000 BP selon Demeter et al., 2012a ; mais voir aussi Pierret et al., 2012 pour une critique de cette datation et Demeter et al., 2012b pour la réponse).

Les trois abris-sous-roches de Tam Hang (Nord, Centre, Sud) sont situés à 1120 mètres d'altitude dans les montagnes de P'ou Loi, dans la province de Hua Pan au Laos, sur le versant sud-est de la Chaîne annamitique septentrionale. Dix-sept crânes humains ont été découverts en 1934 par Jacques Fromaget. Dix crânes sont aujourd'hui conservés au Muséum national d'Histoire naturelle, associés pour six d'entre eux à des éléments relativement complets du squelette postcrânien. Parmi ces dix crânes, neuf proviennent de Tam Hang Sud et un seul de Tam Hang Nord. La datation d'une côte de THS 10 par C<sup>14</sup> a fourni une date de 15700 +/- 800 BP (Demeter, 2000). En 2003, de nouvelles fouilles à Tam Hang Sud ont mis en évidence six niveaux (A à F). Le croisement des descriptions de J. Fromaget et des nouvelles données stratigraphiques a permis de définir que les ossements humains proviendraient de la base du niveau E, caractérisée par la présence de larges blocs calcaires liés à l'effondrement de la paroi déposés en plusieurs strates (Shackelford & Demeter, 2012).

La stature des individus de Tam Hang est estimée entre 140 et 163 cm. Aucune pathologie n'a été enregistrée sur les fossiles soulignant le bon état de santé générale de ce groupe. (Demeter, 2000 ; Shackelford & Demeter, 2012).

### 2.3.3. Thaïlande : Ban Non Wat

Ban Non Wat est un site de plein air situé sur le plateau de Khorat dans le nord-est de la Thaïlande, au niveau du bassin versant supérieur de la rivière Mun. Jusqu'à maintenant, les fouilles réalisées sur une surface de 892 m<sup>2</sup> indiquent une occupation humaine continue du site d'environ 3300-3200 BP à 1800-1600 BP (Figure 11). Elles ont permis de mettre au jour 637 sépultures, ce qui en fait le site d'Asie du Sud-Est ayant fourni le plus grand nombre de sépultures jusqu'à aujourd'hui. La séquence stratigraphique, les modes d'inhumation, l'énorme quantité de témoins culturels retrouvés dans les tombes et 75 dates C<sup>14</sup> (AMS) effectuées sur coquilles de bivalves ont permis d'établir une chronologie fine en neuf phases chrono-culturelles successives à partir du début du Néolithique (ou légèrement avant) jusqu'à la fin de l'Age du Fer (Néolithique 1B et 1C, Age du Bronze 1 à 5, Age du Fer 1 et 2 ; Higham & Higham, 2009 ; Higham & Kijngam, 2009, 2011, 2012). Une 10<sup>ème</sup> phase (entre 3300 et 3000 BP ; Higham & Wiriyaromp, 2011) est représentée par 14 sépultures contenant des squelettes dont les membres inférieurs sont en position fléchie, ce qui est un mode d'inhumation fréquemment utilisé par les chasseurs-cueilleurs préhistoriques en Asie du Sud-Est (Higham et al., 2011). Elles se démarquent donc singulièrement des plus anciennes sépultures néolithiques de Ban Non Wat, probablement contemporaines (datées entre 3300 et 3200 BP), qui sont représentées exclusivement par des individus en décubitus dorsal. D'un point de vue biologique, s'agit-il de deux populations différentes (intrusion des premiers groupes néolithiques) ou d'une même population avec des pratiques culturelles différentes ?

### 2.3.4. Malaisie péninsulaire : Guar Kepah

Le site de Guar Kepah (ou « Gua Kepah ») est situé en Malaisie péninsulaire, dans la province de Wellesley. Il a été repéré par G.W. Earl en 1860 puis fouillé en 1934 par P.V. van Callenfels, H.D. Collings et M.W.F. Tweedie. Le site est formé de trois amas coquilliers (A, B



Figure 11 : Sépultures de Ban Non Wat. En haut à gauche, exemples de sépultures en décubitus dorsal des Ages du Bronze et du Fer (A=sep.197, Bronze 2 ; B= sep.263, Bronze 3 ; C= sep.549, Bronze 4 ; D= sep.126, Bronze 5 ; E= sep.473, Fer 1). En haut à droite, exemple de sépulture en position fléchée (sep.633). En bas, plan de l'ensemble des sépultures mises au jour à Ban Non Wat selon les différentes périodes chronoculturelles. (Higham & Higham, 2009 ; Higham & Kijngam, 2011).

et C) dont les niveaux supérieurs sont remaniés, voire n'existent plus, suite à des activités humaines dans les périodes historiques (Jacob, 1967). De nombreux restes humains très fragmentés ont été mis au jour dans les trois amas coquilliers en association avec du matériel Hoabinhien (Jacob, 1967). Au total, 88 sépultures ont été découvertes. Celles des amas B et C sont secondaires tandis que celles de l'amas A proviennent d'un contexte trop remanié pour déterminer le type de dépôt (Bulbeck, 1996). Une proportion importante des restes humains est teintée d'hématite. Bulbeck (1996) estime les restes humains à 4000/5000 BP à partir de la comparaison des pratiques funéraires (particulièrement l'utilisation d'hématite) avec celles des sites de Gua Cha, Gua Peraling et Hoekgrot. Jacob (1967) ne donne pas d'indication chronologique précise, mais il qualifie des spécimens de « mésolithiques ».

D. Bulbeck a réalisé une étude générale des restes humains en 1996 (Bulbeck, 1996) : les os longs du squelette postcrânien montrent que leur stature devait être moyenne à grande (entre 163 et 169 cm), rentrant dans la variabilité des autres spécimens « Hoabinhiens » de Malaisie péninsulaire ainsi que des individus néolithiques de Thaïlande mais sensiblement plus grande que celle des Orang-Asli. Une part importante d'entre eux aurait atteint l'âge de 50 ans et l'analyse des paléopathologies dentaires confirme la bonne santé générale des individus. Selon Bulbeck, la taille importante de l'amas coquilliers pourrait correspondre aux pratiques d'une population semi-sédentaire. Bulbeck pense que les individus de Guar Kepah sont les descendants de populations installées depuis longtemps sur le littoral de la Malaisie péninsulaire qui auraient expérimenté les prémices d'un changement de mode de vie vers le Néolithique. Mijsberg (1940) interprète la morphologie des individus de Guar Kepah comme « paléo-mélanésienne ». Pour Jacob (1967), les mandibules ne sont pas, ou très légèrement, plus robustes que celles des Javanais actuels, et sont moins robustes que celles des Néo-Calédoniens et « Australoïdes ». Toujours d'après Jacob, la taille des dents serait intermédiaire entre Javanais et « Australoïdes », et plus larges que celle des individus de



l'Age du Bronze de Gilimanuk (Bali). Les caractères non-métriques des molaires présenteraient des affinités à la fois « australoïdes », « mélanésiennes » et « mongoloïdes ».

### 2.3.5. Les sites d'Indonésie

#### 2.3.5.1. Les sites de Java

Les fossiles des sites que nous allons aborder dans cette partie ont été découverts à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle et au début du XX<sup>ème</sup>. Leurs contextes de découverte ne sont donc généralement pas connus avec précision mais certains sites ont été réétudiés ou ont fait l'objet de nouvelles fouilles durant ces 20 dernières années. Ces fossiles ont longtemps joué un rôle de premier plan dans l'élaboration de modèles de peuplement de l'Asie du Sud-Est et même plus généralement d'*Homo sapiens* (e.g. Mijsberg, 1940 ; Hooijer, 1950 ; von Koenigswald, 1952 ; Erdbrink, 1954 ; Coon, 1962 ; Jacob, 1967 ; Bulbeck, 1982).

Les individus de Wajak (ou « Wadjak ») ont été mis au jour en 1888 (Wajak 1) par B.D. van Rietschoten et 1890 (Wajak 2) par E. Dubois dans la grotte du même nom située sur la colline de Gunung Lawa. Le matériel osseux consiste principalement en un crâne relativement complet (Wajak 1), un fragment de maxillaire et une mandibule (Wajak 2 ; Figure 12) ainsi que des éléments partiels du squelette postcrânien. Des fragments crâniens supplémentaires ont permis de réviser le nombre minimum d'individus à 3 (voir Storm, 1995 pour une description anatomique détaillée). Les fossiles ont longtemps été considérés d'âge Pléistocène mais des datations directes AMS de la faune et des fossiles humains donnent un âge compris entre 10000 et 6000 BP (Storm, 1995 ; Shutler et al., 2004). Un élément faunique a ainsi donné un âge de 10560 +/- 75 BP (12930 – 12140 cal BP) et un fémur humain un âge de 6560 +/- 140 BP (7670-7210 cal BP). Néanmoins, aucune indication ne permet de se prononcer sur la contemporanéité de l'ensemble des ossements fauniques et



**Figure 12 : Vues latérales des mandibules de l'individu de Wajak 2 (en-haut) et d'un homme javanais sub-actuel (en-bas). Ils sont représentés exactement à la même échelle. Cette illustration montre la grande robustesse des fossiles de Wajak.**

des restes humains (Shutler et al., 2004). Les fossiles de Wajak sont robustes et de grandes dimensions (particulièrement Wajak 2), notamment par rapport aux Javanais actuels, et ils ont souvent été considérés comme présentant des affinités morphologiques avec les Australiens et les Mélanésiens actuels (*e.g.* von Koenigswald, 1952 ; Jacob, 1967). Les fossiles de Wajak ont même été considérés par Coon (1962) comme les représentants d'un stade évolutif intermédiaire entre les *Homo erectus* de Java et les Australiens actuels (« *Pithecanthropus-Australoid line* »). Cette hypothèse ayant été totalement abandonnée,

les fossiles de Wajak sont maintenant le plus souvent considérés comme des représentants particulièrement robustes des populations anatomiquement modernes préneolithiques d'Asie du Sud-Est (Bulbeck, 1982 ; Storm, 1995 ; Matsumura & Hudson, 2005). Il faut mentionner également que le crâne de Wajak 1 est constitué de nombreux fragments osseux, ce qui a mené à trois reconstitutions différentes du fossile depuis sa découverte (de Vos, com. pers.).

L'abri-sous-roche de Sampung (ou Guwa Lawa) se trouve dans la plaine de Ponorogo et a été fouillé en 1926 par van Es puis dans les années 1930 par van Stein Callenfels. De 1999 à 2001, le *Pusat Penelitian Arkeologi* de Jakarta a réétudié le site dans l'objectif de clarifier la stratigraphie et le contexte général du site et des fouilles anciennes. Plusieurs squelettes dits « mésolithiques » et des artefacts lithiques ont été mis au jour lors des premières fouilles mais aucune mention n'est faite du contexte de découverte du crâne Sampung H que nous avons échantillonné au NNML (van Stein Callenfels, 1932). Jacob (1967) précise que van Stein Callenfels a rapporté le crâne à Leiden mais qu'il n'a pas eu le temps de publier les résultats de son étude. A l'instar de Jacob (1967), nous considérerons ce crâne comme préneolithique même si cette indication doit être prise avec prudence puisque Storm (1995) n'exclue pas un âge « Néolithique ». Pour Jacob (1967), Sampung H possède une morphologie « australo-mélanésienne » mais cette interprétation n'est pas partagée par Storm (1995) pour qui le fossile est seulement légèrement plus robuste que les habitants actuels de Java.

Le site de Hoekgrot se trouvait à quelques dizaines de mètres de celui de Wajak. Un squelette humain coloré à l'ocre rouge a été découvert par E. Dubois en 1890 à l'entrée de la grotte. Sur la base des assemblages fauniques trouvés dans la grotte, Storm (1995) propose d'attribuer ce squelette au Néolithique, ce qui semble être confirmé par une date C<sup>14</sup> de 3265 +/- 55 BP (3630-3360 cal BP) obtenue récemment (Shutler et al., 2004). La calotte crânienne de cet individu est beaucoup plus gracile et de bien plus petites dimensions que

Wajak 1, menant Storm (1995) à interpréter Hoekgrot comme une sorte d'intermédiaire entre le crâne « Mésolithique » de Wajak et les Javanais récents.

La grotte de Jimbe (ou Djimbe) se trouve à 25 kilomètres à l'est des deux sites précédents, près de Redjobangan (Java Est). Une mandibule, un fragment de maxillaire et des éléments du squelette postcrânien y ont été mis au jour en 1890 par Dubois. Très peu d'informations sont disponibles sur le contexte de découverte de ces ossements mais la faune a été datée à 2650 +/- 55 BP (2850-2700 cal BP) et les restes humains attribués au Néolithique (Storm, 1995 ; Shutler et al., 2004).

#### 2.3.5.2. Les sites de l'île de Florès

Les fouilles archéologiques réalisées sur l'île de Florès par T. Verhoeven dans les années 1950 ont permis la découverte d'au moins 12 individus dans six sites. Ces restes sont décrits comme « mésolithiques » et leur âge est estimé entre 5000 et 3000 BP par T. Jacob (1967).

##### 2.3.5.2.1. *Liang Toge*

Liang Toge est un abri sous-roche situé à 1 kilomètre au sud du village de Lepa. En 1954, Verhoeven y a mis au jour une sépulture à environ 1 m de profondeur (Verhoeven, 1958) contenant un squelette de femme adulte (30/40 ans; Jacob, 1967) en position fléchie. Les ossements sont représentés par le crâne, dont une grande partie du côté droit n'est pas conservée, la mandibule, la majeure partie des os des membres supérieurs et inférieurs, le pelvis et quelques vertèbres. Aucun matériel archéologique n'a été retrouvé associé au squelette humain mais une grande pierre plate se trouvait près du crâne. De nombreux éclats lithiques non-retouchés ont été retrouvés entre 10 et 90 cm de profondeur, sans stratification apparente (van Heekeren, 1972). Des coquilles marines et des ossements de macaque, de chauve-souris, de cochon et d'une espèce éteinte de rat géant (*Papagomys*

*theodorverhoeveni* ; Hooijer, 1957) ont été mis au jour. L'occupation humaine du site a été datée au radiocarbone à 3550 +/- 525 BP (Jacob, 1967) mais la date doit être prise avec précaution car aucune précision n'est donnée sur la nature de l'objet daté, ni sur son association ou non avec la sépulture (van der Plas, 2007). T. Verhoeven estimait que cette datation constitue un âge minimum (van der Plas, 2007).

Le crâne humain de Liang Toge est étroit (« hyperdolichocranic » selon Jacob, 1967 ; « ultradolichocephalic » selon van der Plas, 2007). La face l'est également (« leptoprosopic » selon Jacob, 1967 ; « hyperleptoprosopic » selon van der Plas, 2007) et elle montre aussi un prognathisme alvéolaire important (« hyperprognathism » ; Jacob, 1967). Ce squelette, dont la stature est estimée à 148/149 cm (Jacob, 1967 ; van der Plas, 2007), a été décrit comme « proto-Négrito » par Verhoeven (1958). Pour Jacob (1967), il présente plutôt des affinités « australo-mélanésiennes ».

#### 2.3.5.2.2. *Liang Momer*

Liang Momer est un abri-sous-roche situé à quelques kilomètres au nord-est de Labuan Bajo, au nord-ouest de l'île de Florès. Une sépulture avec un squelette en position fléchie y avait tout d'abord été retrouvée en 1950 par T. Verhoeven, mais celle-ci a disparu avant d'être examinée et décrite (van der Plas, 2007). De nouvelles fouilles, en 1955, ont permis la découverte de cinq nouvelles sépultures (Momer A, B, C, D, E) contenant des squelettes en position fléchie associés à du matériel archéologique décrit comme « Mésolithique » (Jacob, 1967 : éclats, coquilles de mollusques, outils en os). A partir du matériel culturel associé, Jacob (1967) estima l'âge des sépultures entre 5000 et 3000 BP. Une description anatomique détaillée des individus découverts est fournie par T. Jacob (1967) et M. van der Plas (2007). Le matériel de notre étude provient des individus A, B et E. Liang Momer A est représenté par des fragments crâniens, des dents, la mandibule, les os des mains et pieds et d'autres fragments du squelette postcrânien. Il s'agirait d'une femme âgée de 30/35 ans dont la



Figure 13 : Vue de face du crâne de l'individu E de la grotte de Liang Momer.



Figure 14 : Vue inférieure du crâne de l'individu E de la grotte Liang Momer.

stature est difficilement déterminable à partir des os conservés (van der Plas, 2007). Les ossements conservés de Liang Momer B sont des fragments crâniens et plusieurs éléments du squelette postcrânien dont les fémurs, humérus et os des carpes et des tarses. Il s'agit d'un individu âgé de 12 à 14 ans dont la stature n'est pas déterminable à partir des éléments conservés (van der Plas, 2007). Liang Momer E (Figure 13 ; Figure 14) est l'individu le mieux conservé avec un crâne (dolichocéphale) presque complet, la mandibule, les os longs (exceptés les radius et les ulnas), les os des mains et des pieds, les vertèbres, les patellas et des fragments du pelvis. Il s'agirait d'un homme âgé entre 30 et 60 ans et dont la stature est estimée autour de 165 cm (van der Plas, 2007).

#### 2.3.5.2.3. *Les autres sites de Florès*

Le site de Liang Panas, près du village de Longgo (région de Labuan Bajo) a fourni un squelette fragmentaire d'un homme âgé d'environ 30 ans dont la stature est estimée à 168/169 cm (Jacob, 1967 ; van der Plas, 2007). Les éléments culturels associés sont similaires à ceux de Liang Momer et l'âge du squelette est donc estimé entre 5000 et 3000 BP (Jacob, 1967). Dans la même région, près de Liang Momer, le site de Gua Alo a livré deux individus en position étendue. Gua Alo 1 serait un jeune adulte masculin et Gua Alo 2 serait une femme dont la stature est estimée à 147 cm (van der Plas, 2007). La sépulture d'une femme, jeune adulte, en position étendue, a été mise au jour dans le site de Liang X, situé au nord de Florès, au sud de Reo (Jacob, 1967). Des perles (pas de précision sur leur nature) et des éclats lithiques étaient associés à la sépulture. L'âge de Liang X et Gua Alo est considéré comme étant plus récent que celui des autres sites de Florès car ces squelettes ont été mis au jour dans des niveaux situés au-dessus des niveaux toaliens<sup>15</sup>. Une estimation autour de 3000 BP est avancée par Jacob (1967). Des fragments de voûte crânienne, un fragment de maxillaire, une mandibule et un fragment de scapula ont été découverts à Aimere, le seul site de plein air de cette série. L'attribution au « Mésolithique » (Matsumura & Hudson,

---

<sup>15</sup> Industrie lithique sur éclats rencontrée en Sulawesi à partir de 7000/8000 BP et jusqu'à 1000/4000 BP (Borel, 2010).

2005) de ces restes humains est à considérer avec prudence puisqu'il s'agit d'une découverte de surface accompagnée de fragments de céramique (Jacob, 1967). Une *calvaria*, des fragments de maxillaire et de mandibule provenant du site de Gua Nempong sont aussi considérés comme « Mésolithique » (e.g. Matsumura & Hudson, 2005) même si aucune description n'a été retrouvée dans la littérature.

#### 2.3.5.3. Le site de Leang Tjadang (Sulawesi)

La grotte de Leang Tjadang (ou « Leang Cadang ») se trouve dans le district de Soppeng dans le sud de Sulawesi. Le site a été fouillé en 1937 par W.J.A. Willems et F.D. MacCarthy. Les restes humains sont représentés quasi-exclusivement par un grand nombre de dents isolées (plus de 2700 ; Jacob, 1967). Les éléments culturels découverts « en association » avec les restes humains (notamment des fragments de céramique et des objets en métal ; Jacob, 1967) ont permis d'attribuer l'âge du site au début de l'Age des Métaux (Bulbeck, 1982).

#### 2.3.6. Les sites des Philippines

A ce jour aucune étude paléanthropologique à l'échelle de l'Asie du Sud-Est n'a pu considérer un nombre significatif de restes archéologiques philippins, alors même que des restes humains, souvent fragmentaires, ont été mis au jour dans de nombreuses fouilles. Un grand nombre de molaires provenant de plusieurs sites archéologiques des îles de Palawan et Luzon a ainsi été étudié et échantillonné lors d'une mission réalisée aux Philippines en 2009-2010. Nous avons cependant décidé dans le présent travail d'écarter des analyses une partie assez importante de ce matériel par manque d'information sur leur contexte de découverte. La liste complète du matériel échantillonné est disponible dans le rapport interne que nous avons écrit pour le *National Museum of the Philippines* à la suite de l'étude (cf. Annexe 5). De futures campagnes de terrain (et de datations) permettront très



probablement de clarifier les niveaux dans lesquels ont été réalisées les découvertes et les âges de ce matériel d'importance pour l'archéologie des Philippines en particulier et de l'Asie du Sud-Est en général, et ainsi d'inclure de façon cohérente ces spécimens dans de futures analyses. Dans les paragraphes suivants, nous décrivons donc uniquement les sites ayant livré les spécimens que nous avons inclus dans ce travail. Tous ces spécimens philippins sont inclus pour la première fois dans une large étude comparative à l'échelle de l'Asie du Sud-Est.

### 2.3.6.1. Nord de Luzon

#### 2.3.6.1.1. Callao

La grotte de Callao est située dans la vallée de la Cagayan à l'extrême nord de l'île de Luzon. Depuis 2003, les fouilles archéologiques sont effectuées par l'Université des Philippines (*Archaeological Studies Program*) et le *National Museum*, sous la direction d'A.S.B. Mijares. Jusqu'à aujourd'hui, 14 niveaux stratigraphiques principaux ont été mis en évidence sur environ trois mètres de profondeur (Figure 15 ; Mijares, 2007 ; Mijares et al., 2010).

La grotte de Callao revêt une importance capitale pour plusieurs raisons :

Tout d'abord, la stratigraphie permet de suivre une succession de niveaux archéologiques bien documentés, depuis le Pléistocène supérieur jusqu'aux périodes historiques, ce qui reste rare en Asie du Sud-Est, et surtout aux Philippines. Un troisième métatarse droit humain de 66700 +/- 1000 BP a été mis au jour en 2007 dans un niveau de brèches (niveau14) contenant une importante concentration d'ossements fauniques (surtout des ossements de *Cervus mariannus*). Certains de ces ossements fauniques portent des « *cut-marks* » témoignant d'une activité anthropique. Le métatarse est à l'heure actuelle le plus ancien ossement humain retrouvé à l'est de la ligne de Wallace. La conformation du métatarse et ses très faibles dimensions posent question quant à son attribution spécifique

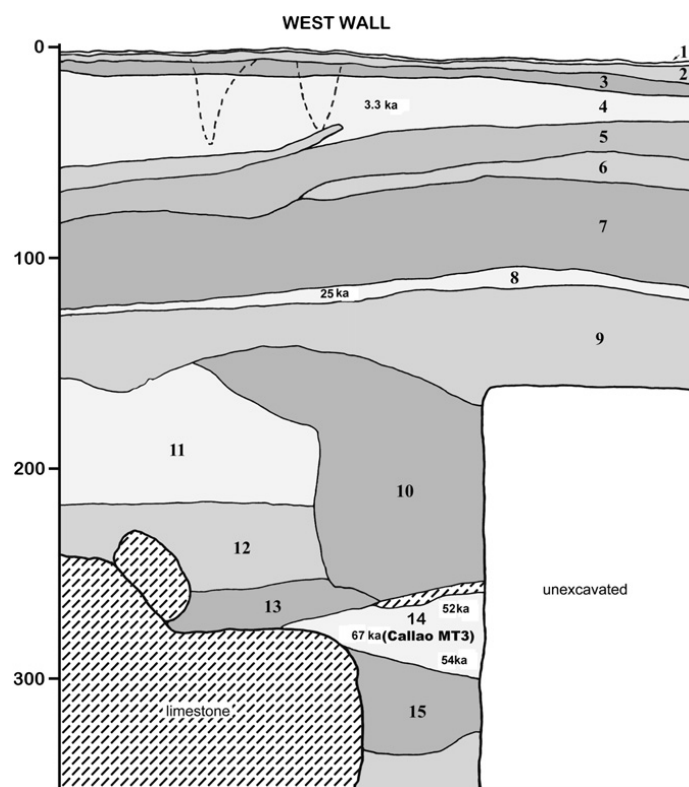


Figure 15 : Profil stratigraphique du carré 2 de la grotte de Callao (Mijares et al., 2010).

(Mijares et al., 2010 ; Déroit et al., *in press* : Annexe 4) mais les fouilles de la grotte, toujours en cours, pourraient apporter de nouveaux éléments de réponse

Ensuite, la grotte de Callao et d'autres sites de la vallée de la Cagayan fournissent également de précieux témoignages sur la période correspondant probablement à l'arrivée des peuples de langues austronésiennes depuis Taïwan via les îles Batanes (Bellwood & Dizon, 2005 ; Bellwood, 2011).

Les deux premiers niveaux stratigraphiques correspondent à des périodes historiques avec notamment dans le niveau 2 des perles de verre chinoises. Les niveaux 3 et 4 correspondent à des niveaux d'occupation néolithique. Dans ces deux niveaux ont été découverts des tessons de poterie, des outils sur éclats et des ossements humains et de faune. Les ossements du niveau 3 ont été remaniés à une période inconnue. Des perles façonnées en

coquilles de mollusques et des boucles d'oreilles en argile (*lingling'o*) sont rencontrées dans le niveau 3 mais absentes dans le niveau 4. Dans ce dernier ont également été mis au jour des dents de cochon, de cervidés et des défenses de cochon sauvage. Le niveau 3 est interprété comme appartenant au Néolithique tardif tandis que le niveau 4, plus ancien mais toujours néolithique, a fourni une date de 3650-3470 cal BP par AMS sur un charbon (Mijares, 2007). Six des sept molaires humaines de Callao incluses dans notre échantillon proviennent des niveaux néolithiques 3 et 4 et une molaire provient du niveau 2.

#### 2.3.6.1.2. *Les sites des amas coquilliers de Lal-lo*

Une vingtaine de sites archéologiques ont été identifiés et fouillés depuis les années 1980 au sein des amas coquilliers<sup>16</sup> situés autour de la municipalité de Lal-lo, le long de la rivière Cagayan, au nord-est de Luzon. Cet ensemble d'amas coquilliers, un des plus grands d'Asie du Sud-Est, est âgé selon les sites de 3000 à 1000 BP et est presque exclusivement constitué par des coquilles de bivalves d'eau douce appartenant probablement à l'espèce *Batissa childreni* (Ogawa, 2004). Les sites de Conciso (amas coquillier de Catayauan), Dumbrique (amas coquillier de Catugan), Siriban (amas coquillier de San Lorenzo), tous concentrés sur une zone d'environ 5 km<sup>2</sup>, ont fourni des restes humains que nous avons inclus dans notre étude.

Les fouilles archéologiques de ces quatre amas coquilliers ont révélé plusieurs points communs au niveau stratigraphique. Les niveaux supérieurs (actuels ou subactuels) sont perturbés et peuvent contenir dans certains sites des fragments de porcelaine chinoise du XVI<sup>ème</sup> ou XVII<sup>ème</sup> siècle. Les niveaux suivants contiennent les coquilles de mollusques à une plus ou moins grande densité, sur parfois plus de 2 m d'épaisseur, avec certains niveaux exclusivement composés de coquilles. Au niveau culturel, ces niveaux sont principalement définis par la poterie noire décorée ou non. Sous l'amas, se trouve des niveaux d'argiles

---

<sup>16</sup> Amoncellement de coquilles de mollusques dû à l'action humaine.

limoneuses contenant presque exclusivement de la poterie à engobe rouge (*red-slipped pottery*).

Une séquence de quatre phases culturelles principales a été proposée pour ces sites (Ogawa, 2004), les deux premières se rencontrent dans les niveaux d'argiles et les deux dernières sont contenues dans les niveaux coquilliers et correspondent à l'Age des Métaux :

- la phase à poteries à engobe rouge décorées : 4000 - 3500 BP
- la phase à poteries à engobe rouge non-décorées : 3400 - 3000 BP
- la phase à poteries noires décorées : 2000 - 1500 BP
- la phase à poteries noires non-décorées : 1500 - 1000 BP.

Tous les restes humains étudiés dans ce travail proviennent, pour ces quatre sites, des phases culturelles à poteries noires. Ils correspondent donc à l'Age des Métaux.

#### 2.3.6.1.3. Site de Conciso (amas coquillier de Catayauan)

Le site de Conciso se trouve à 4 km de Lal-lo et a été fouillé en 1996 et 2000 par T. Toizumi et A.M. Garong. Conciso fait partie du grand amas coquillier de Catayauan (500 m de long, 100 m de large et 2 m de profondeur). Trois carrés de fouilles de 4x4 m ont été ouverts et fouillés sur 200 cm de profondeur. Sept niveaux stratigraphiques principaux ont été décrits (Garong, 2002) : le premier est remanié et contient des fragments de porcelaine du XVII<sup>ème</sup> et XVIII<sup>ème</sup> siècle. L'amas coquillier s'étend des niveaux 2 à 5 sur une épaisseur de 160 cm. Le niveau 6 contient à la fois des coquilles de bivalves et des argiles limoneuses. Le niveau 7 est un niveau d'argiles limoneuses sans coquilles contenant quelques tessons de poteries à engobe rouge. Huit datations au C<sup>14</sup> effectuées sur des ossements fauniques appartenant à l'amas coquillier ont fourni des dates comprises entre 1174 et 957 BP (Ogawa, 2004). Trois sépultures ont été découvertes, elles appartiennent toutes à la phase à poteries noires non-

décorées (sépulture n°1 = 1350-1283 BP ; sépulture n°2 = 1384-1294 BP ; sépulture n°3 = 1277-1173 BP).

#### *2.3.6.1.4. Site de Dombrique (amas coquillier de Catugan)*

Cinq niveaux stratigraphiques principaux sur 310 cm de profondeur ont été mis en évidence dans l'amas coquillier de Catugan (Tanaka, 1998 ; Mijares, 2006) : Le niveau 1 correspond au sol actuel sur quelques centimètres, les niveaux 2 à 4 sur 110 cm correspondent à l'amas coquillier et le niveau 5 est un niveau argileux contenant de la poterie à engobe rouge. Tous les ossements humains ont été trouvés dans le niveau 2 mais il n'a pas été possible de mettre en évidence de structures pouvant correspondre à des sépultures car le niveau a été remanié (Tanaka, 1998). Des ossements humains découverts entre 20 et 40 cm de profondeur ont été datés à 1876-1735 cal BP, ils correspondraient culturellement à la phase à poteries noires décorées (Ogawa, 2004).

#### *2.3.6.1.5. Site de Siriban (amas coquillier de San Lorenzo)*

L'amas coquillier de San Lorenzo a été fouillé par K. Tanaka en 1997. Les trois niveaux supérieurs sont constitués de coquilles de bivalves et surmontent deux niveaux d'argiles limoneuses (Mijares, 2007). Un des niveaux de l'amas coquillier fait environ 250 cm d'épaisseur et contient des tessons de céramique chinoise du XVI<sup>ème</sup> siècle. Le squelette d'un enfant en position étendue a été retrouvé dans le niveau argileux à poterie à engobe noire non-décorée. Cette sépulture a été datée au C<sup>14</sup> à 1821-1693 cal BP (Ogawa, 2004). D'autres ossements humains ont également été mis au jour dans les niveaux supérieurs, dans une grande jarre funéraire.

## 2.3.6.2. Les sites de l'île de Palawan

### 2.3.6.2.1. La grotte d'Ille

La grotte d'Ille est située dans le nord-est de Palawan, près d'El Nido, dans le *barangay* de New Ibajay. La grotte se trouve à la base d'une grande tour karstique de 75 m de hauteur, près de la rivière Dewil. Le site a d'abord été fouillé en 1998 par une équipe de la Division d'Archéologie du *National Museum of the Philippines*. Depuis 2004, les recherches sont menées par l'Université des Philippines (*Archaeological Studies Program*), sous la direction de V. Paz et H. Lewis. La grotte comporte deux ouvertures, l'une à l'ouest qui a été fouillée sur environ 2 m, et l'autre à l'est, fouillée jusqu'à 4 mètres de profondeur (Figure 16). A ce jour, il s'agit du seul site aux Philippines, avec celui de Callao au nord de Luzon, dans lequel a été mise en évidence une longue succession de niveaux d'occupation humaine de la fin du Pléistocène supérieur à la fin de l'Holocène. Les niveaux supérieurs, protohistoriques et de l'Age des Métaux, ont livré de nombreuses sépultures. En-dessous, se trouve un amas coquillier daté à 7000-5000 cal BP, puis des dépôts argilo-limoneux datés à 11000-9400 cal BP contenant des preuves d'activités humaines : foyers, charbons, coquilles marines, outils lithiques et ossements fauniques parfois brûlés (Piper et al., 2011). Une crémation (« IL767 » dans ce travail) a été mise au jour à un niveau stratigraphique correspondant à l'interface entre l'amas coquillier et les niveaux argilo-limoneux. La datation d'un fragment d'os humain calciné a donné deux dates comprises entre 9000 et 9500 BP (Lewis et al., 2008). Pour l'instant, les niveaux inférieurs (niveaux d'argiles orange et marron) sont datés de 13820 – 14116 cal BP, ils ont fourni des outils lithiques ainsi que des ossements d'animaux.

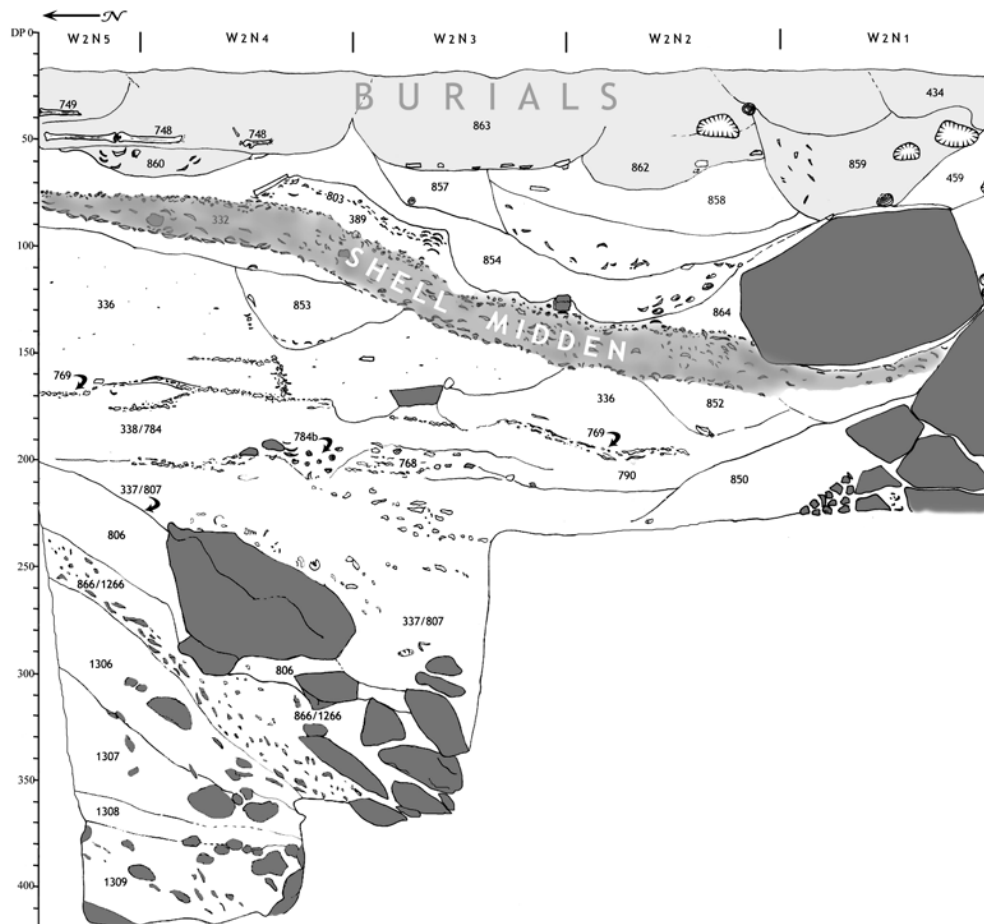


Figure 16 : Coupe stratigraphique de la grotte d'Ille (tranchée principale, entrée est, face ouest) (Lewis et al., 2008).

#### 2.3.6.2.2. Leta Leta

La grotte de Leta-Leta est un site funéraire se trouvant à l'extrême nord de Palawan, sur le littoral est de la petite île de Langen (ou Lagen), dans la baie de Bacquit, près de la ville d'El Nido. La grotte est située à la base d'une falaise calcaire au bord de la mer de Chine méridionale. Le site a été référencé par C. Guthe lors de prospections effectuées entre 1922 et 1925 mais il n'a été fouillé qu'en 1965 par une équipe de la Division d'Archéologie du *National Museum of the Philippines* conduite par R. Fox.

Le sol de la grotte était jonché d'ossements humains et de fragments de céramique, provenant principalement de jarres funéraires de dimensions plutôt réduites, différentes des grandes jarres funéraires mises au jour dans les autres sites voisins (Fox, 1977). Cinq

sépultures ont été mises au jour mais aucune description des restes humains n'a été effectuée. Seule la sépulture n°2 provient d'un contexte stratigraphique non-remanié. Lors de la mission d'étude réalisée aux Philippines en 2009/2010, des ossements humains très fragmentés ainsi que des dents humaines isolées provenant de la sépulture n°2 ont été redécouverts dans les collections du *National Museum of the Philippines* à Manille (cf. rapport interne en annexe 5). Une deuxième molaire inférieure provenant de cette sépulture n°2 a été incluse dans la présente étude. La sépulture a été mise au jour à environ 35 cm de profondeur. C'est une sépulture primaire d'un adulte en position fléchie sur le côté gauche (aucune illustration de la sépulture dans les archives). Les ossements étaient encore anatomiquement connectés (Fox, 1977). Deux grandes dalles calcaires recouvraient la sépulture et quatre disques plats fabriqués à partir de coquilles marines et perforés en leur centre ont été retrouvés associés au squelette, trois à coté du crâne et un près des côtes (Fox, 1977). Les os humains et les artefacts associés sont de couleur rouge foncé due à la pulvérisation d'hématite (Fox, 1977). D'après l'inventaire des objets découverts à Leta-Leta conservés au *National Museum of the Philippines* à Manille, le matériel associé à la sépulture n°2 est le suivant :

- "65-L-334 : Shell pendant (put on the neck of the died)
- 65-L-335 : Shell earring (on the right ear of skull)
- 65-L-336 : Shell earring (on the left ear of skull)
- 65-L-337 : Egneus pebble (on the foot of grave)
- 65-L-338 : Flake primary (on the foot of grave)
- 65-L-339 : Flake core (on the foot of grave)
- 65-L-375 : Radiocarbon sample – Human bone with hematite"

En-dehors des sépultures, un grand nombre d'artefacts de divers types (jade, quartz, jaspe, os, coquilles marines) ont été mis au jour dans la grotte mais aucun objet fréquemment retrouvé dans les sites datant de l'Age des Métaux (métal, bronze, cuivre, perles en verre) ne fut découvert (Fox, 1970, 1977). R. Fox (1970) attribue les assemblages culturels de Leta-Leta



au Néolithique. Récemment, deux coquilles marines ont été datées au C<sup>14</sup> à 3120-3536 cal BP et 3321-3653 cal BP, la première date correspondant à une coquille marine teintée en rouge par de l'hématite (Szabó & Ramirez, 2009).

#### 2.3.6.2.3. *Bato Puti*

La grotte de Bato-Puti se situe sur la côte sud-ouest de l'île de Palawan. Elle appartient à un immense réseau karstique de quelques 200 grottes et abris-sous-roches (le *Tabon Caves Complex*) prenant place sur un promontoire calcaire d'environ 138 hectares et culminant à 215 mètres, appelé *Lipuun Point* par la population locale. Les falaises et les pentes abruptes de la pointe se dressent au nord-ouest de la municipalité de Quezon et forment l'extrémité ouest de la baie de Malunut. Entre 1962 et 1966, une équipe du *National Museum of the Philippines*, dirigée par R. Fox, a identifié 64 grottes contenant du matériel archéologique sur la *Lipuun Point* (Fox, 1966), et 16 d'entre elles ont été fouillées, dont 9 « complètement » (Fox, 1970). Elles ont livré des vestiges couvrant une longue période chronologique, depuis le Pléistocène supérieur jusqu'au XIIIe ou XIVe siècle après J.-C. Parmi eux certains sont devenus emblématiques de l'archéologie des Philippines : des *lingling'o* en néphrite retrouvés dans plusieurs grottes (dont celle de Tabon), la jarre funéraire découverte dans la grotte de Manunggul, mais aussi et surtout les ossements humains datant du Pléistocène supérieur mis au jour dans les années 1960 et en 2000/2001 (Fox, 1970 ; Dizon et al., 2002 ; Déroit et al., 2004 ; Corny, 2008 ; Corny & Déroit, 2010 ; Déroit et al., *in press*).

Les fouilles archéologiques de la grotte de Bato-Puti sont mentionnées à plusieurs reprises dans la monographie générale publiée par R. Fox (1970) mais très peu de détails sont donnés sur le contexte et la chronologie des découvertes. Mis à part un inventaire des découvertes, aucune archive documentant les fouilles n'a pu être retrouvée lors de la mission d'étude réalisée en 2009/2010 aux Philippines (*cf.* Annexe 5). Des sépultures primaires et des jarres funéraires ont été mises au jour (Fox, 1970 ; Szabó, 2005). D'après Fox (1970), les jarres

funéraires appartiendraient à l'Age des Métaux (« *developed Metal Age* ») par analogie avec le matériel trouvé dans la grotte de Manunggul et daté à 190 BC par C<sup>14</sup> (Fox, 1970). Les sépultures primaires seraient néolithiques car des haches en pierre et coquilles marines ont été retrouvées. Bato-Puti est pour l'instant la seule grotte de Palawan dans laquelle l'homme a travaillé des coquilles de l'espèce marine *Trochus niloticus* pour produire des anneaux, et qui est considéré par Szabó (2005) comme une technologie nouvelle de l'Age des Métaux. D'après une étude récente du matériel, et notamment de nombreuses coquilles marines, Szabó (2005) émet l'hypothèse que l'intégralité des découvertes de la grotte de Bato-Puti appartient à l'Age des Métaux. Nous suivrons cette interprétation pour l'attribution chrono-culturelle des molaires de notre échantillon.

# 3. ETUDE DE LA CONFORMATION DES MOLAIRES DEFINITIVES HUMAINES: THEORIE ET APPLICATIONS

---

## 3.1. MORPHOMETRIE : NOTIONS FONDAMENTALES ET DEFINITIONS

Depuis une vingtaine d'années, la révolution suscitée par l'utilisation des méthodes de morphométrie géométrique dans l'étude de la forme des objets (« *A revolution in morphometrics* », Rohlf & Marcus, 1993), et en ce qui nous concerne dans l'analyse des formes biologiques, a donné lieu à des centaines de publications. Nous allons donc revenir rapidement sur les notions fondamentales de cette discipline en donnant une part prépondérante aux méthodes d'analyses de contours et surtout aux analyses de Fourier qui ont été choisies pour l'étude de la conformation<sup>17</sup> des couronnes des molaires.

### 3.1.1. Définitions

La simple observation et description de caractéristiques morphologiques n'est souvent pas suffisante pour comparer finement des formes biologiques entre elles, notamment lorsque les différences phénotypiques des organismes sont ténues. La morphométrie répond à ce besoin en permettant de quantifier ces différences morphologiques.

Les objectifs des études morphométriques sont les suivants :

- La description de la variabilité morphologique des organismes quantitativement et visuellement en localisant anatomiquement les zones de variation.

---

<sup>17</sup> La conformation correspond à l'information géométrique fournie par un objet lorsque ses paramètres de taille, d'orientation et translation ont été extraits. (Forme = conformation + taille ; *form*= *shape* + *size*) (Baylac, 1996 ; Zelditch et al., 2004).

- L'analyse des relations entre la variabilité des formes et des facteurs extrinsèques (« *extrinsic factors* », O'Higgins, 2000). Ces facteurs, tels que des données chronologiques, environnementales ou géographiques, sont sélectionnés en fonction de l'objectif de l'étude.

Il est possible de distinguer deux grands types d'approches pour quantifier la variabilité des formes biologiques : Les méthodes de morphométrie dites « traditionnelles » (appelées aussi morphométrie linéaire) et celles de morphométrie géométrique (pour un résumé récent des principales méthodes de morphométrie géométrique voir Mitteroecker & Gunz, 2009 ; pour un résumé en français des apports de la morphométrie traditionnelle et géométrique voir Baylac, 1996).

#### 3.1.1.1. Morphométrie linéaire

La morphométrie dite « traditionnelle » consiste généralement en l'analyse des mesures de distances linéaires (en deux dimensions) entre deux points-repères biologiques ou décrivant la largeur, longueur ou hauteur d'un organisme. Il peut également s'agir de calculs de ratios de distance, d'angles, de surface ou de volume. Ce type d'approche remonte à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle mais s'est tout particulièrement développé dans les années 1960/70 grâce à l'essor des méthodes de statistiques multivariées qui ont rendu possible des analyses simultanées d'un grand nombre de variables permettant de décrire des variations morphologiques intra et intergroupes (Adams et al., 2004 ; Mitteroecker & Gunz, 2009). La morphométrie traditionnelle a été supplantée pour partie depuis une vingtaine d'années par la morphométrie géométrique car elle se heurte à un certain nombre de limites :

- Il est difficile d'étudier indépendamment la taille et la conformation car distances linéaires et taille sont fortement liées (Adams et al., 2004). L'utilisation de ratios peut être envisagée mais leur traitement statistique pose problème. Le traitement statistique de combinaisons de distances linéaires, dont la plus utilisée est l'analyse en composantes principales, est

également possible. Dans ce cas, une des composantes, généralement la première, est considérée comme une mesure de la taille, mais contient néanmoins également des éléments de la conformation (Zelditch, 2004).

- Les distances linéaires ne respectent pas la notion d'homologie lorsqu'elles ne sont pas prises entre deux points-repères (e.g. longueur maximale, hauteur,...) (Adams et al., 2004). L'homologie serait vérifiée lorsque l'on étudie la covariation des coordonnées des points-repères mais pas les distances les séparant (Baylac, 1996). En outre, l'utilisation d'une combinaison de distances linéaires afin de décrire la globalité de la forme fournit une information redondante (Zelditch et al., 2004), même lorsque des méthodes complexes d'analyse de covariation de distances linéaires prises entre paires de points-repères, tel que l'EDMA (*Euclidean Distance Matrix Analysis*), sont utilisées (O'Higgins, 1997). Enfin, il n'est pas possible d'analyser la globalité de la géométrie de la forme tant quantitativement que visuellement (Bookstein, 1991 ; Rohlf & Marcus, 1993 ; Rohlf, 1999; Zelditch et al., 2004).

#### 3.1.1.2. Morphométrie géométrique

Comparer la conformation de plusieurs objets revient à comparer et analyser leurs propriétés géométriques après avoir extrait leurs paramètres de position, taille et orientation (Slice, 2005). La morphométrie géométrique correspond à l'ensemble des méthodes permettant d'y parvenir (Slice, 2005 ; Mitteroecker & Gunz, 2009). Les données hors-conformation, dont la taille, sont seulement extraites et non pas supprimées et peuvent donc être réintroduites à tout moment dans les analyses (Mitteroecker & Gunz, 2009), notamment pour l'analyse des allométries. Cette capacité d'analyse de chaque composante de la forme individuellement ou simultanément selon l'objectif de l'étude, couplée avec la possibilité de visualiser facilement l'ensemble des changements des propriétés géométriques des objets, est un des grands avantages des méthodes de morphométrie géométrique.

Les données de conformation sont générées à partir de données brutes consistant en des coordonnées cartésiennes enregistrées sur l'objet lui-même ou sur une représentation en 2D ou 3D de l'objet. Ces coordonnées cartésiennes correspondent à des points-repères homologues positionnés sur l'objet et/ou à des points définissant le contour de l'objet.

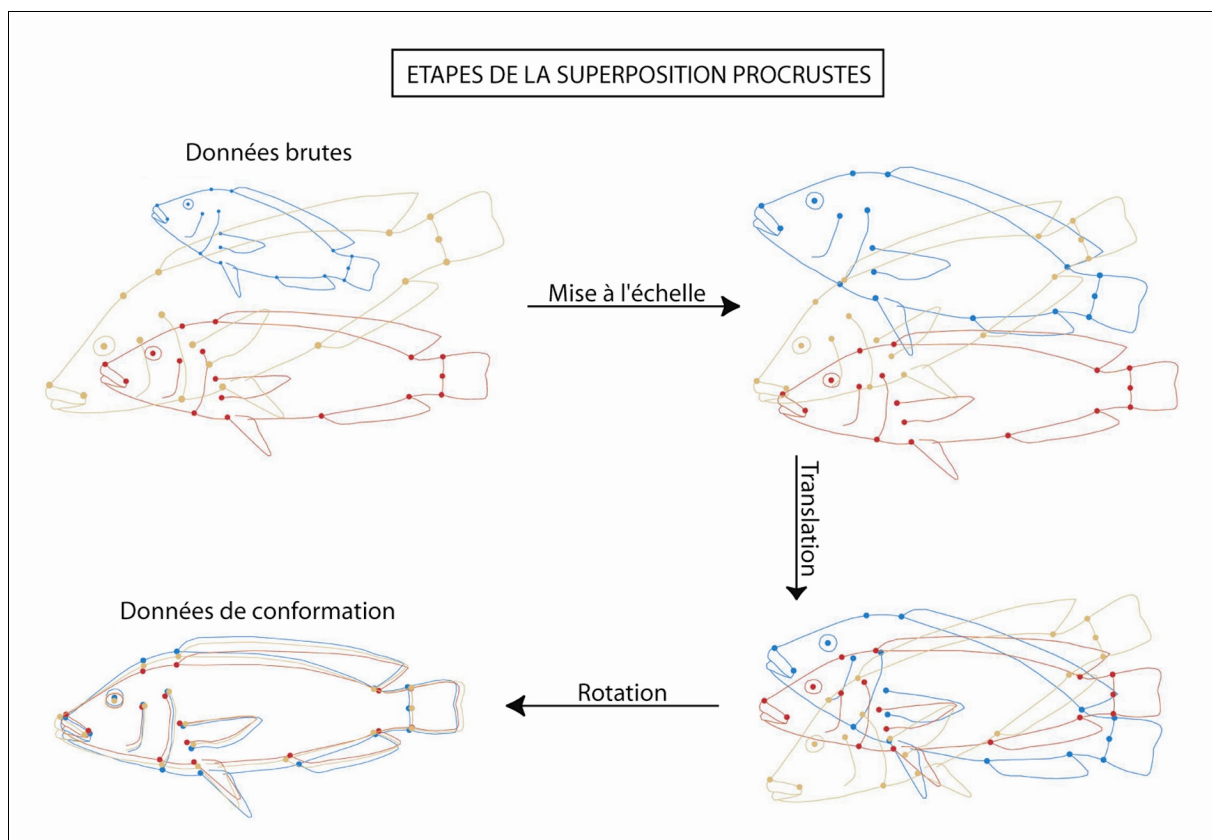
Finalement, l'extraction des données de conformation à partir de coordonnées cartésiennes constitue un nouveau jeu de données dans lequel la covariation des descripteurs de la conformation (par exemple les coordonnées Procrustes des points-repères dans le cas d'une superposition Procrustes ou les coefficients de Fourier normalisés dans le cas d'une fonction périodique approximant un contour) est analysée par des méthodes statistiques multivariées.

### 3.1.2. Méthodes basées sur les points-repères

Des points-repères (ou *landmarks*) homologues peuvent être choisis afin de représenter au mieux l'ensemble de la forme de l'objet. Dans ce contexte, l'homologie signifie que les points-repères ont une correspondance biologique de spécimens en spécimens (Smith, 1990) et une signification « développementale, fonctionnelle, structurelle ou évolutive » (Richtsmeier et al., 2002). Bookstein (1991) a proposé une typologie des points-repères :

- Type 1 : les points sont situés à la jonction de plusieurs parties anatomiques et sont donc les plus clairement homologues et précisément définissables.
- Type 2 : les points sont également identifiables anatomiquement mais moins précis à positionner, ils correspondent par exemple à des maximums de courbure d'une partie anatomique ou l'extrémité d'une structure.
- Type 3 : ce sont les points les moins fiables, tant au niveau de leur localisation que de l'homologie au sens strict, qui peut être totalement absente. Ils sont par exemple construits et définis comme le point le plus éloigné d'une partie anatomique ou l'intersection d'une largeur et d'une longueur.

Une fois les coordonnées cartésiennes des points-repères numérisées, l'extraction des données de conformation est effectuée grâce à une translation, rotation et normalisation (mise à l'échelle) de tous les spécimens. La méthode la plus couramment utilisée pour réaliser ces trois opérations est la superposition Procrustes (Figure 17) dont le fonctionnement est basé sur la méthode des moindres-carrés (Baylac, 1996). La taille est sauvegardée par le biais de la taille centroïde, qui correspond à la racine carrée de la somme du carré des distances des points-repères au centre de gravité. La translation se fait en ajustant les spécimens sur leur centre de gravité. La rotation est effectuée en minimisant la racine carrée de la somme du carré des écarts à la moyenne des points-repères respectifs de chaque objet. Lorsque la superposition concerne plusieurs objets, elle fonctionne par itération, c'est-à-dire qu'un individu consensus (moyenne de l'échantillon) est calculé (dans le cas des Analyses Procrustes Généralisées ; Chapman, 1990), puis les étapes de la superposition Procrustes sont répétées jusqu'à obtenir une superposition optimale.



**Figure 17: Les étapes de la superposition Procrustes. (D'après Klingenberg, 2010).**

Il est important de garder en tête qu'un point-repère n'est pas une entité indépendante mais qu'il appartient à un tissu, à un ensemble anatomique. Par conséquent, le mouvement d'un point a des conséquences sur la position des autres et doit donc toujours être étudié à la lumière du déplacement des autres (Klingenberg, 2010).

### 3.1.3. Méthodes d'analyses de contours

Les analyses en morphométrie géométrique basées exclusivement sur les points-repères se heurtent à certaines limites. Parfois la conservation ou les caractéristiques anatomiques de la structure biologique à analyser ne permettent pas d'identifier clairement des points homologues. Il se peut également que l'ensemble des points-repères homologues positionnés sur la structure ne reflètent que partiellement les caractéristiques géométriques de l'objet, surtout dans le cas de formes complexes (Adams et al., 2004). D'autres méthodes d'analyse de la conformation peuvent alors être envisagées afin d'utiliser des points ne respectant pas une stricte correspondance biologique entre spécimens. Si ces méthodes permettent de relaxer le critère strict de correspondance biologique point à point, elles requièrent néanmoins une homologie des structures étudiées (Mitteroecker & Gunz, 2009). Ces méthodes se divisent généralement en deux grandes catégories : celles dont le principe repose sur une extension des méthodes de morphométrie géométrique basées sur les points homologues à des points positionnés le long d'une courbe ou d'un contour (*sliding semilandmarks*), et celles basées sur une description mathématique du contour (*e.g.* les séries de Fourier, les courbes de Bézières). Nous allons nous restreindre à la présentation des méthodes de *sliding semilandmarks* et des séries de Fourier car elles seront utilisées dans ce travail (pour une synthèse concernant les autres méthodes voir Rohlf, 1990).

Les *sliding semilandmarks* utilisent des algorithmes dont les processus itératifs permettent de glisser les points d'une courbe ou d'une surface (*semilandmarks*) le long de leur tangente jusqu'à obtenir une configuration optimale. Selon les algorithmes utilisés, cette configuration optimale



correspond soit à la minimisation des distances Procrustes (Sheets et al., 2006 ; Gómez-Robles et al., 2007) soit à la minimisation de l'énergie de déformation (« *bending energy* » ; Bookstein, 1997) entre une courbe de référence et les autres courbes de l'échantillon. Ces procédures permettent de corriger le placement arbitraire des points le long d'un contour (le même nombre de points est requis pour chaque courbe) et de les traiter statistiquement comme des points homologues. Il est important de noter que ces deux algorithmes ne fournissent pas des résultats similaires car les critères optimisés semblent réagir différemment selon l'amplitude de la variabilité morphologique contenue au sein de l'échantillon (Pérez et al., 2006 ; cf. article Corny & Déroit en Annexe 3 pour comparaison empirique des deux méthodes). Par ailleurs, la présence de plusieurs points ayant une correspondance biologique stricte entre les spécimens permet de renforcer l'homologie des *semilandmarks* (Gunz, 2005).

Pour l'étude des formes, les série de Fourier consistent en une transformation de données spatiales 2D ou 3D (par exemple des coordonnées de points de contour) en une série de fonctions cosinus et sinus par la décomposition d'une fonction périodique (Lestrel, 1997, 2004). La combinaison (ou addition) des ondes cosinus et sinus générées par ces fonctions cosinus et sinus produit une onde complexe (irrégulière) définie par son amplitude<sup>18</sup>, période<sup>19</sup> et phase<sup>20</sup>. Ce sont ces paramètres qui sont utilisés pour la description quantitative d'un contour. Les contours des objets sont alors considérés comme homologues mais pas les points utilisés pour échantillonner les contours. Selon Lestrel (1997, 2004), les descripteurs de Fourier peuvent être séparés en deux grandes catégories : les descripteurs de Fourier dits « conventionnels » et les fonctions de Fourier elliptiques. Les deux méthodes utilisent la décomposition des séries de Fourier mais selon des modalités différentes. Dans le cas des descripteurs de Fourier conventionnels, les coordonnées cartésiennes échantillonnées le long du contour de l'objet sont transformées en coordonnées polaires. Le signal périodique est constitué d'un cycle de 0 à  $2\pi$  (0 = point de départ du contour ;  $2\pi$  = point final du contour). Les fonctions de Fourier elliptiques sont basées sur la décomposition

---

<sup>18</sup> L'amplitude est la hauteur maximum de l'onde.

<sup>19</sup> La période ( $L$ ) correspond à un cycle complet de l'onde dans un intervalle donné, dans le cas des contours fermés, l'intervalle correspond au point de départ du contour et termine par le dernier point.

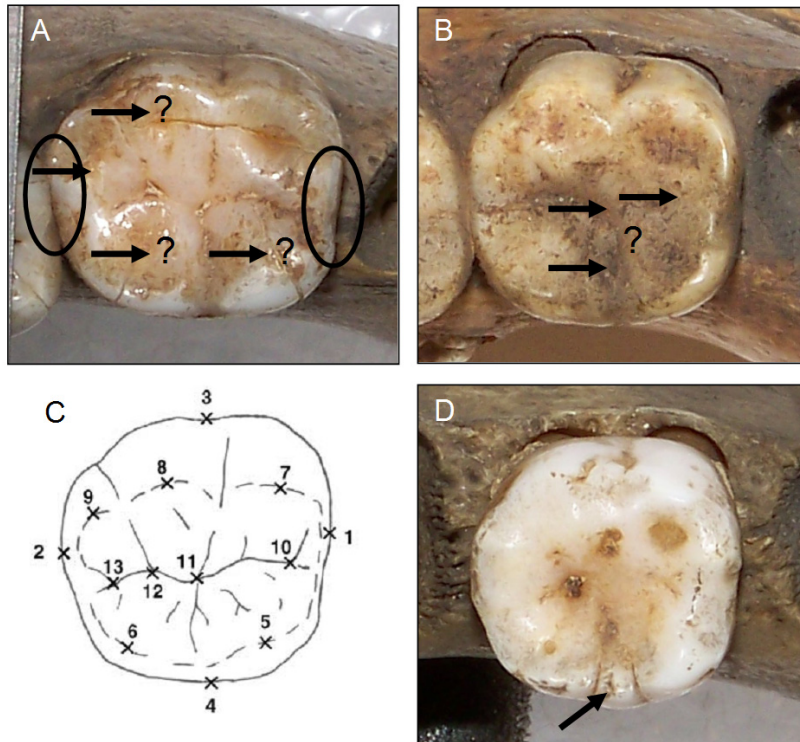
<sup>20</sup> L'angle de phase correspond au placement du point de départ de l'onde, donc du contour.

par les séries de Fourier de deux fonctions périodiques décrivant séparément les changements incrémentaux des coordonnées X et Y du contour.

#### 3.1.4. Etude de la conformation des molaires humaines : quelle méthode choisir ?

Une contrainte majeure de l'étude de la conformation des molaires humaines est la difficulté de positionner des points-repères homologues sur les couronnes. Bien que plusieurs points-repères soient théoriquement identifiables sur la surface des couronnes humaines non usées (Biggerstaff, 1969 ; Robinson et al., 2001, 2002 ; Figure 18), donc nouvellement éruptées, leur localisation devient bien plus compliquée, voire impossible, lorsque les couronnes sont mal préservées ou usées, même faiblement. C'est une contrainte importante puisque cette situation est rencontrée pour la plupart des échantillons provenant de contextes archéologiques. Les points-repères définis par la pointe des cuspides ou ceux localisés sur les sillons (la fosse centrale incluse) disparaissent rapidement de la surface occlusale en raison de l'usure (Smith, 1984 ; Robinson et al., 2001, 2002) (Figure 18). Afin de limiter cette contrainte (qui éliminerait une grande partie de l'échantillon disponible), une solution est de concentrer l'étude sur les points situés le long du contour des couronnes (en vue occlusale), à la jonction entre deux cuspides. Mais là encore cette stratégie se heurte au problème de la localisation de points ayant une correspondance biologique chez tous les spécimens : le nombre de cuspides n'est pas constant parmi les molaires (par exemple, l'hypocone est souvent totalement absent sur les  $M^2$  ; Biggerstaff, 1969) et les facettes d'usure interproximales, qui sont présentes sur toutes les molaires d'individus adultes à des stades d'avancement variables, rendent approximatif le positionnement de points-repères homologues à la jonction des cuspides des faces mésiales et distales (Figure 18).

Finalement, au sein de notre échantillon, nous n'avons pu identifier qu'un seul point respectant une correspondance biologique à travers l'ensemble des contours. Il se situe à l'intersection des deux cuspides buccales le long du contour, c'est-à-dire à l'intersection du métacone et du paracone pour les molaires supérieures, et du protoconide et de l'hypoconulide en ce qui concerne les molaires inférieures (Figure 23).



**Figure 18 : Illustration de la difficulté de poser des points-repères sur la couronne des molaires définitives humaines, même lorsque l'usure occlusale est assez modérée : s'il est possible en théorie de placer des points homologues sur les molaires nouvellement éruptées (C), la situation devient ensuite plus difficile avec l'usure occlusale pour la localisation précise des points situés au niveau des pointes des cuspidés (A ; flèches) et sur les sillons (B ; flèches). Les facettes d'usure interproximales empêchent aussi de placer des points fiables (A ; ovals), ainsi que la présence éventuelle de cuspidés supplémentaires ou tubercules accessoires (D : ici la cuspide 7). A,B,C,D sont des premières molaires inférieures gauches. Face buccale vers le haut et mésiale à droite. Illustration C : Robinson et al., 2002.**

L'étude s'est donc naturellement portée sur l'analyse du contour des couronnes des molaires en vue occlusale. Tout d'abord, ce choix permet de minimiser la contrainte de l'usure occlusale car celle-ci, si elle est modérée, a une faible influence sur la conformation des contours des couronnes en vue occlusale. De plus, grâce à des méthodes morphométriques qui permettent de restituer l'intégralité de l'information géométrique de la structure, l'analyse de contours va fournir une information complexe et détaillée de la conformation des couronnes. Ceci est de première importance pour l'étude de la variabilité morphologique intraspécifique qui est supposée être faible. Enfin, cette méthode semble ne jamais avoir été utilisée à grande échelle pour l'étude de la variabilité d'*Homo sapiens*, même si les rares travaux menés jusque-là ont été prometteurs (Ferrario, 1999 ; Bernal, 2007 ; Gómez-Robles, 2012).

Du point de vue de la méthode morphométrique d'analyse de contours, Rohlf (1990) souligne que les différentes méthodes existantes pour décrire la conformation d'un contour donnent différents résultats mais que les critères de décision pour l'utilisation d'une méthode en fonction d'un type d'application n'est pas clairement définie (« *This leads to an inherent arbitrariness in how one describes the shape of an organism* » ; Rohlf, 1990). Notre choix s'est donc porté sur les fonctions de Fourier elliptiques. En effet, depuis leur développement dans les années 1980, notamment avec des précurseurs dans le domaine de la biologie (Ferson et al., 1985 ; Rohlf & Archie, 1984), les fonctions de Fourier elliptiques sont les plus largement utilisées pour discriminer des formes biologiques et/ou quantifier des différences phénotypiques, que ce soit à l'échelle interspécifique (e.g. Rohlf & Archie, 1984; Michaux et al., 2007; Lestrel et al., 2010; Soares et al., 2011; Valenzuela-Lamas et al., 2011), à l'échelle intraspécifique (e.g. Ferson et al., 1985; Yoshioka et al., 1994; Renaud & Michaux, 2007; Costa et al., 2009; Cucchi et al., 2009; Kamilari & Sfenthourakis, 2009) ou encore pour l'identification du sexe (e.g. Chen et al., 2000; Polihronakis, 2006; Thayer and Dobson, 2010; Lestrel et al., 2011). Ceci nous intéresse particulièrement en vue de décrire la variabilité dentaire d'*Homo sapiens* en Asie du Sud-Est. Par ailleurs, nous avons préféré les fonctions de Fourier elliptiques à la méthode des *sliding semilandmarks* car le nombre de points-repères pouvant être positionnés sur la couronne était insuffisant pour garantir une homologie satisfaisante des *semilandmarks*, même si aucune « règle » n'est fixée dans ce domaine (« *we do not set down rules here, as in practice these problems are obvious, once inspected, and the solutions intuitive* » ; Gunz, 2005). Enfin, afin de réduire l'aspect « arbitraire » de ce choix, la méthode d'analyse de contours que nous avons choisie a été testée et comparée à plusieurs autres méthodes de contours dans le cadre du développement d'une méthode d'identification anatomique des molaires humaines isolées présentée dans le chapitre 6 (voir Corny & Déroit en Annexe 3).

## 3.2. LES DESCRIPTEURS DE FOURIER

### 3.2.1. Les séries de Fourier

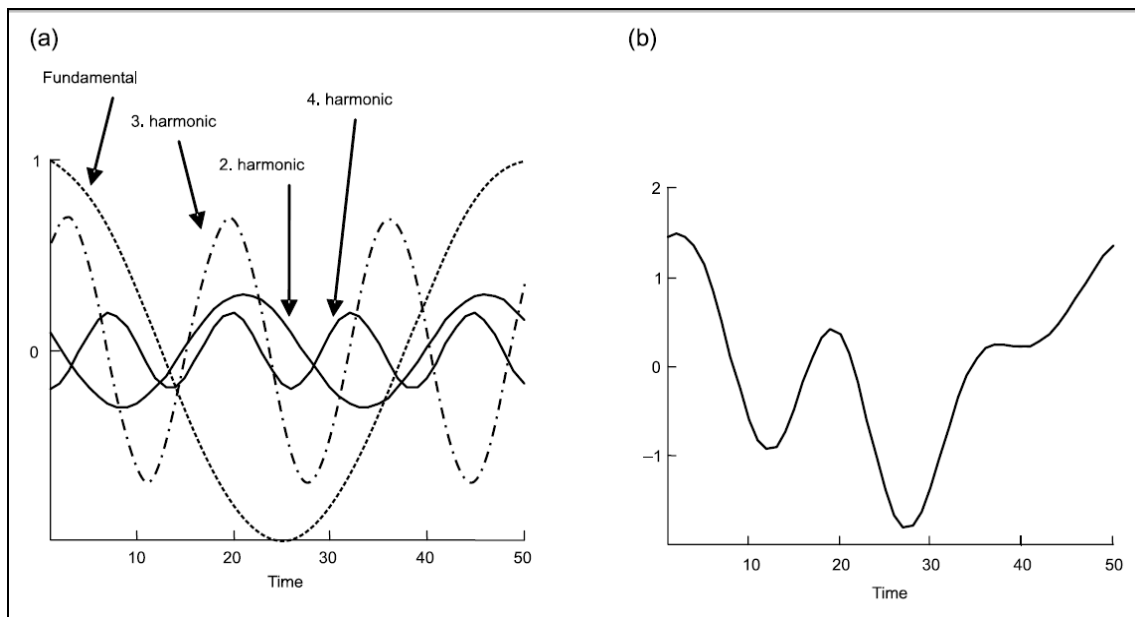
La série de fonctions cosinus et sinus issue de la décomposition d'une fonction périodique génère une série d'ondes périodiques cosinus et sinus d'amplitudes, phases et fréquences<sup>21</sup> différentes. La combinaison d'une onde cosinus et d'une onde sinus de même fréquence constitue ce qu'on appelle une harmonique. Les harmoniques sont reliées par leur fréquence : la 1<sup>ère</sup> harmonique est définie par la fréquence fondamentale, la 2<sup>nde</sup> correspond à la moitié de la fréquence fondamentale, la 3<sup>ème</sup> harmonique à 1/3 de la fréquence fondamentale... La fréquence s'exprime donc à travers les harmoniques, c'est pour cela qu'on dit que les séries de Fourier consistent en la transformation de données spatiales ou temporelles en un domaine de fréquence (« *frequency domain* » ; Lestrel, 1997). D'après le théorème de Nyquist, le nombre d'harmoniques ne doit pas dépasser la moitié du nombre de points échantillonnant le contour. L'addition des harmoniques produit une onde complexe (irrégulière mais périodique ; Christopher & Waters, 1974) (Figure 19) avec les fonctions cosinus (fonctions paires) et sinus (fonctions impaires) des harmoniques décrivant respectivement la symétrie et l'asymétrie du signal (Ferrario et al., 1999). La constante  $a_0$  définit la position du contour. Chaque harmonique fournit des coefficients cosinus et sinus contenant les paramètres d'amplitude et de phase du signal. Ces coefficients constituent les variables à partir desquelles l'analyse quantitative de la forme est réalisée.

### 3.2.2. Les fonctions de Fourier elliptiques

Les fonctions de Fourier elliptiques sont relativement récentes puisqu'elles ont été développées par Kuhl & Giardina en 1982. Les descripteurs de Fourier elliptiques sont calculés à partir des

---

<sup>21</sup> La fréquence (f) est l'inverse de la période ;  $f=1/L$ .



**Figure 19 : Illustration des relations entre harmoniques. a : la première harmonique est définie par la fréquence fondamentale, les trois suivantes sont des multiples de la fréquence fondamentale. b : la somme des quatre harmoniques. (Hammer & Harper, 2006).**

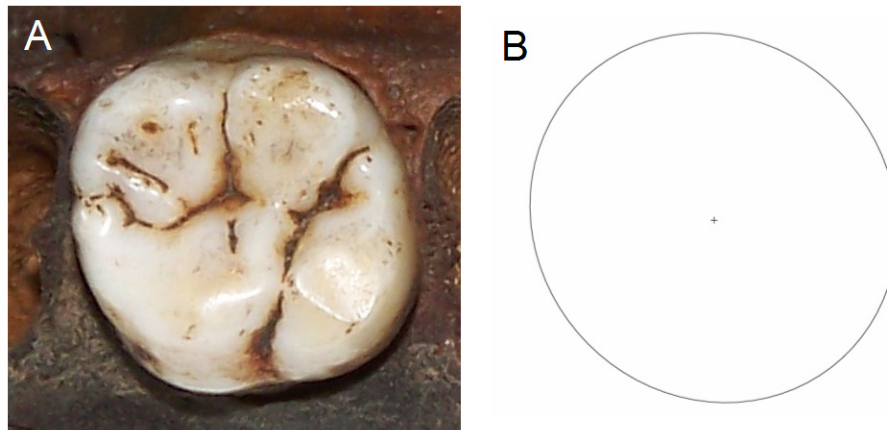
coordonnées cartésiennes des points échantillonnant le contour, il n'est donc pas nécessaire de les convertir en coordonnées polaires comme pour les descripteurs de Fourier conventionnels. Dans le cadre des fonctions de Fourier elliptiques, le contour est assimilé à un polygone constitué de droites reliant chaque point échantillonné le long du contour (Lestrel, 1989a). Pour un contour en deux dimensions, deux équations paramétriques sont créées dans lesquelles les changements incrémentaux des coordonnées cartésiennes X et Y de chaque point de contour sont exprimés séparément en fonction de leur position sur le contour. Cette position est exprimée à travers leur abscisse curviligne cumulée (t) (= « distance chordale cumulée » ; Rohlf, 1990). Il en résulte deux fonctions périodiques  $x(t)$  et  $y(t)$  (la période correspond au périmètre de la courbe) pouvant être décomposées en une somme d'harmoniques par les séries de Fourier. Chaque harmonique est constituée de quatre coefficients ( $A_n, B_n, C_n, D_n$ ) qui définissent les axes d'une ellipse (axe X=  $A_n$  et  $B_n$  ; axe Y=  $C_n$  et  $D_n$ ). Le contour d'origine est donc décomposé orthogonalement (Ferson et al., 1985) par une somme d'ellipses définies par les harmoniques. Plus le rang de l'harmonique augmente, plus l'ellipse est de petite taille. La décomposition de ces équations paramétriques, dépendantes d'aucun centre, permet l'analyse de contours complexes (dans le sens de formes non-holomorphes, c'est-à-dire qu'un rayon peut recouper plusieurs fois le contour de l'objet),

contrairement à la décomposition d'une fonction radius qui permet d'étudier uniquement les formes holomorphes (Schmittbuhl et al., 2003).

### 3.2.3. Elaboration d'une méthode de normalisation

Pour que plusieurs contours puissent être comparés entre eux, il est nécessaire de les normaliser, c'est-à-dire de les mettre à la même échelle et de définir une orientation et un positionnement communs. La méthode la plus largement utilisée pour normaliser les descripteurs de Fourier propose l'alignement de l'axe majeur de la première ellipse avec l'axe X d'un repère orthogonal, l'axe semi-majeur étant positionné dans la partie positive de l'axe X (Kuhl & Giardina, 1982). Certains auteurs soulignent le manque de signification biologique de cette solution car l'axe majeur de la première ellipse ne suit pas toujours une correspondance biologique entre spécimens (McLellan & Endler, 1998 ; Frieß & Baylac, 2003 ; Cardini & Slice, 2004 ; Baylac & Frieß, 2005). C'est le cas de la conformation des couronnes des molaires humaines qui n'est pas caractérisée par un axe fort et constant (homologue) (Figure 20). La variabilité du nombre de cuspides ou même de la simple extension différentielle de certaines cuspides compromet une hypothétique correspondance biologique. Afin d'éviter ce biais, d'autres méthodes de normalisation préconisent une normalisation des spécimens à l'aide de points-repères avant d'appliquer les fonctions de Fourier elliptiques. Si deux points-repères homologues sont identifiables, la *baseline superimposition method* (ou *Bookstein shape coordinates*) est une solution (Cardini & Slice, 2004 ; Sanfilippo et al., 2010 ; Soares et al., 2011), et dans le cas où plusieurs points-repères homologues sont disponibles, une superposition Procrustes peut être appliquée (Frieß & Baylac, 2003 ; Baylac & Frieß, 2005). Néanmoins, ne disposant que d'un seul point-repère, il n'a pas été possible d'utiliser ces méthodes dans notre étude.

Les contraintes inhérentes à la morphologie et à la conservation des molaires ont donc rendu nécessaire l'élaboration d'une autre méthode de normalisation. A partir du point de départ correspondant à la jonction des deux cuspides buccales (le seul point-repère respectant une stricte



**Figure 20 : Le manque de signification biologique de la méthode classique de normalisation des fonctions de Fourier elliptiques (Kuhl & Giardina, 1982), qui utilise l'axe majeur de la première ellipse pour standardiser les spécimens, transparait dans cet exemple : A gauche (A), la couronne d'une M<sup>1</sup> gauche, à droite (B) la reconstitution de son contour en incluant une seule harmonique (= la première ellipse). L'axe majeur de l'ellipse est faible et difficilement identifiable : ce problème est généralisable à toutes les molaires, en particulier les molaires supérieures. (Molaire représentée face buccale vers le haut et face mésiale à gauche).**

homologie biologique) nous avons positionné un nombre égal de points équidistants le long des contours (ou *pseudolandmarks* ; Benazzi et al., 2012). Une superposition Procrustes de tous les points de contour a ensuite été appliquée. Cette transformation isométrique permet de normaliser les contours avant d'appliquer les fonctions de Fourier elliptiques sur les coordonnées des résidus Procrustes projetées sur l'espace tangent<sup>22</sup> (dans la suite du manuscrit cette méthode sera appelée EFAProc). En dépit du manque d'homologie stricte des points régulièrement espacés le long des contours, nous avons estimé que cette méthode était la meilleure dans le cas précis de l'analyse en 2D du contour de la couronne des molaires définitives humaines. La fiabilité de notre méthode de normalisation a été testée dans le cadre de l'élaboration d'une méthode morphométrique d'identification du rang des molaires humaines (cf. chapitre 6 et article Corny & Déroit en Annexe 3).

<sup>22</sup> L'espace de conformation est un espace non-linéaire courbe (espace de Kendall), correspondant à la surface d'une sphère dans le cas de triangles, et pour lequel l'application des méthodes statistiques multivariées est impossible. Néanmoins, lorsque la variabilité des conformations comparées est faible, c'est le cas en général de la plupart des études comparatives en biologie, il est possible de projeter les points de l'espace de Kendall sur un plan tangent à la sphère. Ce nouveau plan forme un espace linéaire euclidien dans lequel les formes peuvent être comparées au moyen des méthodes de statistiques multivariées. (Rohlf, 1999).



L'ensemble des analyses morphométriques a été réalisé avec le logiciel R (R Development Core Team, 2012). Nous avons créé une fonction (« arrayTOefa ») afin de pouvoir appliquer facilement les fonctions de Fourier elliptiques à un jeu de données constitué de points de contour. Cette fonction donne le choix entre cinq méthodes de normalisation, dont la notre (EFAproc). La fonction est disponible en Annexe 6.

#### 3.2.4. La transformée de Fourier inverse

Un des grands avantages des descripteurs de Fourier en vue de l'analyse des formes est la possibilité de reconstituer la forme d'un contour à partir de n'importe quel nombre d'harmoniques grâce à la transformée de Fourier inverse. Les harmoniques étant multiples de la fréquence fondamentale, celles de faible rang (grandes longueurs d'ondes et basses fréquences) décrivent des formes simples, et celles de rangs élevés (courtes longueurs d'ondes et hautes fréquences) traduisent les détails de la forme. Le fait que les coefficients soient orthogonaux permet de quantifier et d'observer la contribution de chaque harmonique individuellement. L'ajout successif d'harmoniques fournira une description de plus en plus détaillée du contour (Figure 24).



# 4. PROTOCOLE D'ACQUISITION DES DONNEES

---

Ce chapitre vise à décrire les deux étapes principales du processus d'acquisition des données : les photographies des molaires et le tracé des contours sur les photographies. Les tests de fiabilité de l'ensemble du protocole sont ensuite présentés.

## 4.1. DESCRIPTION DU DISPOSITIF OPTIQUE

L'acquisition des données est effectuée par des photographies de la couronne des molaires en vue occlusale. La transformation d'un objet en 3D (la dent) en une représentation en 2D (la photographie) nécessite la mise en place d'un protocole d'acquisition des données précis et rigoureux afin de limiter les distorsions et les erreurs de parallaxe.

La distorsion, c'est-à-dire la déformation des proportions de l'objet photographié, est due aux propriétés des lentilles des objectifs photographiques qui courbent les rayons lumineux. Cette distorsion doit donc être considérablement limitée pour pouvoir analyser les différences de forme des molaires de façon rigoureuse. Les erreurs de parallaxe sont les changements d'angle de vue entre l'objectif et les dents photographiées. Un protocole doit donc être établi afin de standardiser de façon très précise le positionnement et l'orientation de l'objectif et des dents.

### 4.1.1. Déformations optiques et qualité d'image

Même si les déformations optiques ne peuvent être éliminées complètement, des réglages ont été effectués afin de les limiter considérablement tout en maintenant une qualité d'image optimale pour capturer le contour de la dent. Ces réglages ont été réalisés en prenant en compte deux paramètres :

- Dans le cas d'un objet en 3 dimensions, plus l'objectif est proche de l'objet à photographier, moins il va capturer la globalité de sa forme car les détails du premier plan vont cacher ceux des suivants (Zelditch et al., 2004). Il faudra donc choisir le réglage permettant de positionner la dent le plus loin possible de l'objectif tout en conservant une qualité d'image satisfaisante.
- La zone située autour du centre de la photographie est moins sujette aux distorsions que les zones situées en périphérie car les rayons lumineux traversent la lentille à un angle proche de 90° et sont donc moins courbés (Zelditch et al., 2004). La dent devra donc être placée exactement au centre de la photographie. La surface occlusale des molaires mesurant environ 1x1 cm, si la distance entre l'objectif et la molaire est grande, cette dernière représentera une petite surface au centre de la photographie et sera donc moins l'objet de distorsion.

Les photographies ont été prises (avec un *Kodak EasyShare ZD710*) en position macro (pour une meilleure qualité d'image) et avec une définition de 7.1 MP. Les qualités optiques des lentilles étant propre à chaque objectif, la distorsion propre au *Kodak EasyShare ZD710* a été estimée en photographiant une feuille de papier millimétré et en observant les courbures de son quadrillage. Plusieurs photographies ont été prises ainsi, en faisant varier la distance entre l'objectif et le papier millimétré ainsi que la distance focale (ou zoom) jusqu'à obtenir un quadrillage dont les lignes droites apparaissent le plus parallèle possible sur la photographie. Ces photographies montrent une très nette distorsion dite en barillet lorsque la distance focale reste inchangée (=50 mm), c'est-à-dire que l'image est plus grande en proportion dans la partie centrale qu'en périphérie, ce qui se traduit par une courbure convexe des lignes droites du quadrillage. Néanmoins, plus la distance focale augmente, plus la distorsion en barillet se réduit, jusqu'à obtenir une limitation considérable de la distorsion lorsque la distance focale est autour de 120 mm. Une fois la distorsion limitée, une nouvelle série de photographies a été prise en plaçant la dent le plus loin possible de l'objectif tout en maintenant une qualité d'image optimale. La qualité d'image est accrue en réglant l'objectif en position macro tout en fermant le plus possible le

diaphragme afin d'obtenir une plus grande profondeur de champ qui offre une plus grande netteté du premier au dernier plan.

Finalement, les réglages optimaux limitant les déformations optiques et maintenant une grande qualité d'image sont les suivants :

- Distance entre l'objectif et la dent : 30 cm
- Distance focale (ou zoom) : 127 mm
- Résolution : 7.1 MP
- Objectif en position macro
- Ouverture du diaphragme : 7,1
- Vitesse d'obturation : position automatique selon l'ouverture du diaphragme
- Sensibilité du capteur : ISO=64 (+ flash)
- Dent positionnée exactement au centre de la photographie
- Déclenchement de la photographie avec le retardateur afin de limiter les vibrations

#### 4.1.2. La parallaxe

Les erreurs de parallaxe doivent être également considérablement limitées car un changement d'angle de vue peut modifier la forme de l'objet photographié, en l'occurrence la conformation des contours des molaires. Au sein de notre protocole, les erreurs de parallaxe peuvent provenir de trois sources :

- l'orientation de l'objectif
- l'orientation de la dent
- la position de la dent par rapport à l'objectif.

L'orientation de l'objectif a été standardisée en positionnant un niveau à bulle circulaire sur l'écran LCD de l'appareil photographique, permettant de le régler exactement à l'horizontale pour chaque photographie (Figure 21). Le niveau à bulle est toujours exactement placé dans la même

position et orienté de la même façon sur l'écran LCD.

L'orientation de la dent se fait grâce à un laser projeté horizontalement sur le collet des molaires (Figure 21 et Figure 22). Le collet a été choisi comme plan de référence pour l'orientation de la dent car il est l'élément anatomique de la dent le plus rectiligne et il est visible sur les faces mésiale, distale, linguale et buccale de la couronne des molaires. Il est également totalement

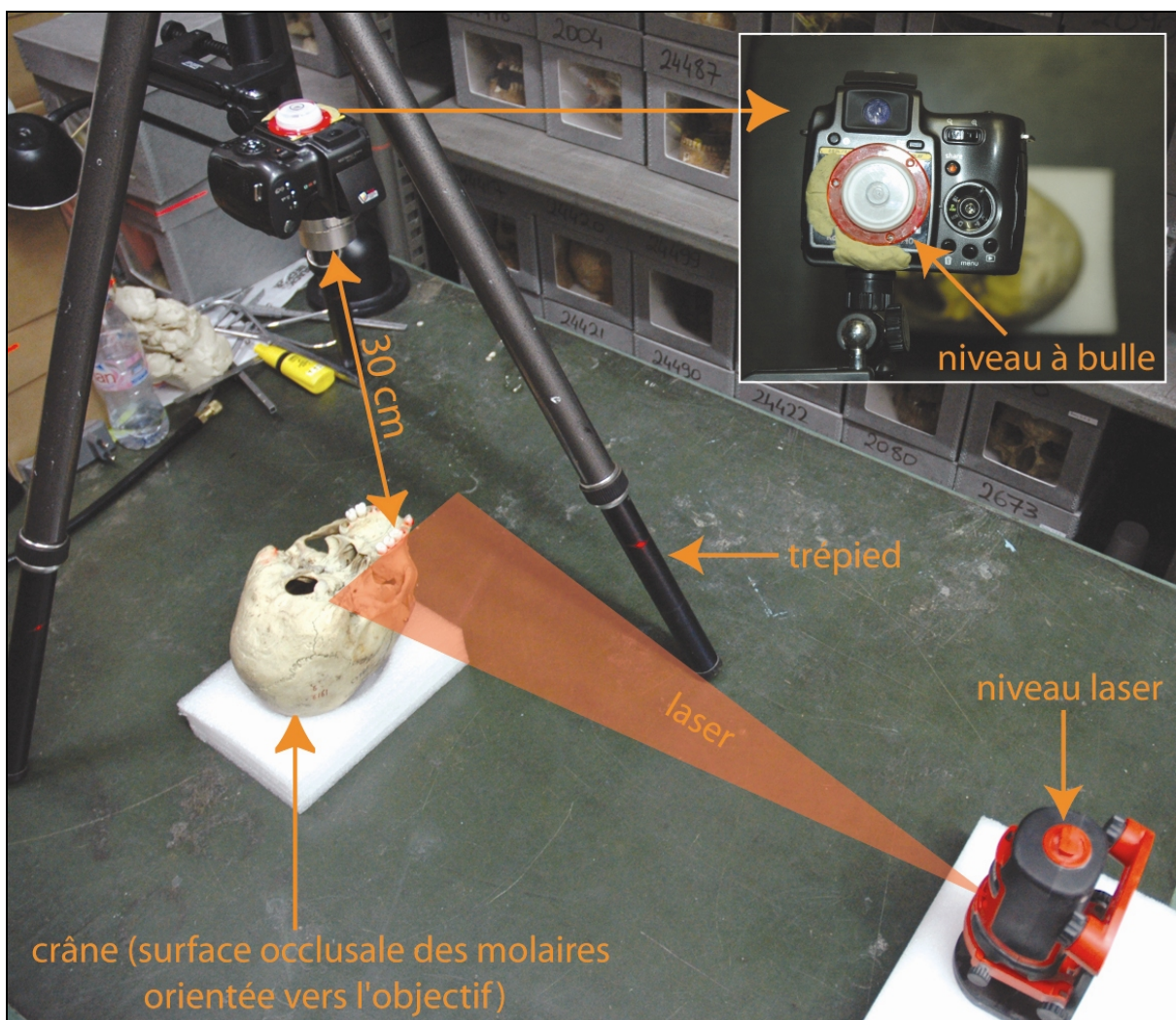


Figure 21: Dispositif optique pour les photographies de la surface occlusale des molaires : la molaire, le crâne ou la mandibule est positionné(e) sous l'objectif de l'appareil photo de manière à ce que la surface occlusale de la dent soit face à l'objectif. L'appareil photo est maintenu par un trépied à colonne réversible ce qui permet d'ajuster la distance entre l'objectif et la dent. Une rotule accrochée à la colonne réversible permet d'orienter l'appareil photo à l'horizontal grâce à un niveau à bulle positionné sur l'écran LCD. Un niveau laser projette un laser horizontalement sur la dent afin que le plan de référence défini par le collet soit orienté exactement à l'horizontal.

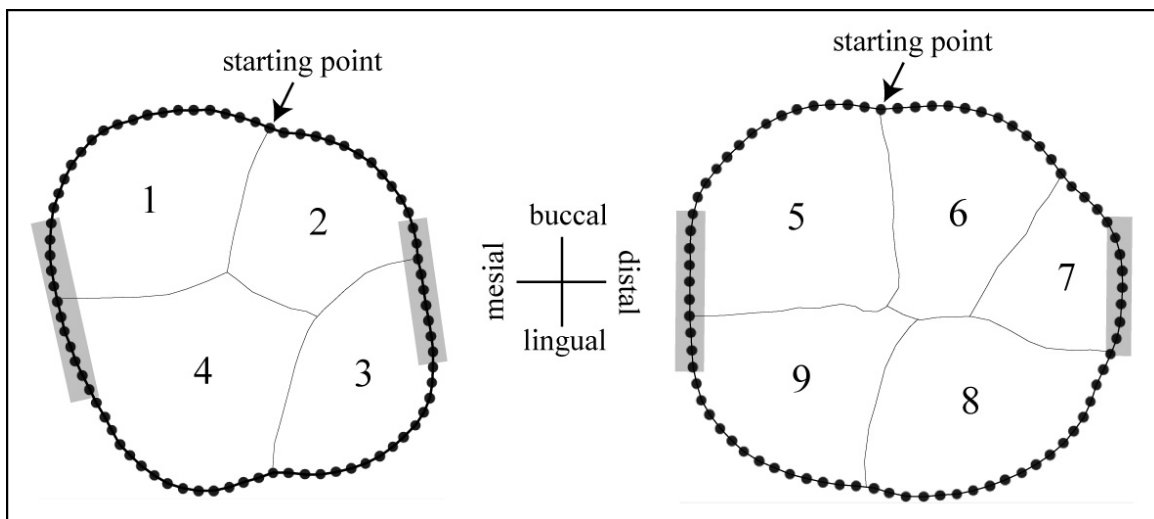
Indépendant de l'usure de la surface occlusale. La molaire est donc placée à 30 cm sous l'objectif de l'appareil photo, la surface occlusale face à l'objectif, et le laser projeté sur le collet. La position de la dent est ainsi ajustée jusqu'à ce que toutes les faces du collet (ou au moins la majeure partie du collet si ce dernier n'est pas exactement rectiligne) soient placées horizontalement. Ainsi, grâce au contrôle de l'orientation de l'objectif (niveau à bulle) et de la dent (niveau laser), l'angle de vue passant par l'objectif est perpendiculaire au plan virtuel horizontal formé par le collet. Le centrage de la dent par rapport à l'objectif est contrôlé avec le viseur de l'écran LCD de l'appareil photographique. Il faut noter tout de même que l'angle de vue du viseur de l'appareil photographique est légèrement différent de l'angle partant de l'objectif, pouvant créer ainsi une erreur de parallaxe. Néanmoins, ceci a une incidence très faible sur les prises de vues car la position des molaires est standardisée sur tous les clichés, c'est-à-dire que la face buccale des molaires est toujours orientée vers le haut de la photographie et la face mésiale à gauche. La totalité du protocole (Figure 21) est applicable pour des molaires isolées ou non (crâne ou fragment de maxillaire / mandibule ou fragment de mandibule).



**Figure 22: Face mésiale d'une 2<sup>ème</sup> molaire inférieure droite. La ligne rouge horizontale représente le laser projeté sur le collet pour définir l'orientation de la dent.**

## 4.2. NUMERISATION

Les contours sont tracés manuellement à partir des photographies à l'aide du logiciel *TPSdig2* (Rohlf, 2008). Comme précisé précédemment, le point de départ des contours correspond à la jonction entre les deux cuspides buccales (Figure 23 et Figure 8). Les facettes d'usure interproximales sont estimées lors du tracé du contour comme préconisé par Wood & Abbott (1983), Bailey & Lynch (2005) et testé par Souday (2008). Une fois les contours tracés, *TPSdig2* permet de ré-échantillonner les contours de manière à obtenir 79 points équidistants. Ce nombre de points de contour a été jugé suffisant pour capturer toute la complexité de la conformation des molaires et semble le plus utilisé dans la littérature, même si aucun consensus ne ressort : 29 points pour Gómez-Robles et al. (2007), 39 pour Gómez-Robles et al. (2011), 79 pour Pérez et al. (2006) et Bernal (2007), 80 points pour Souday (2008), environ 130 pour Ferrario et al. (1999).



**Figure 23 : Anatomie des molaires définitives humaines (molaire supérieure à gauche, inférieure à droite) et méthode de numérisation des contours. Les contours sont numérisés dans le sens des aiguilles d'une montre. 1, paracone ; 2, métacone ; 3, hypocone ; 4, protocone ; 5, protoconide ; 6, hypoconide ; 7, hypoconulide ; 8, entoconide ; 9, métaconide. Les parties grisées représentent l'extension possible des facettes d'usure interproximales.**



## 4.3. QUANTIFICATION DE L'ERREUR DE MESURE

### 4.3.1. Test de répétabilité

L'erreur de mesure peut provenir de plusieurs sources (Zelditch, 2004 ; Souday, 2008). Le système optique cause des erreurs de parallaxe et des déformations optiques. La numérisation est une autre source importante lors du positionnement manuel des points de contour (notamment lors de la correction des facettes d'usure interproximales) et du point de départ. En raison de leur intrication, il est difficile d'analyser individuellement chaque source d'erreur. Une estimation globale de l'erreur de mesure a donc été effectuée. Pour cela, le processus d'acquisition des données a été répété entièrement trois fois (non consécutivement) sur 25 premières molaires supérieures. Une ANOVA à un facteur (*cf.* Chapitre 5) a été menée pour partitionner la variance totale des coefficients de Fourier elliptiques en variance intra- (3 répétitions de chaque individu) et inter-individuelle (3 répétitions de 25 individus = 75 mesures) selon le protocole développé par Bailey & Byrnes (1990) et appliqué dans le cadre des analyses de Fourier par Souday (2008).

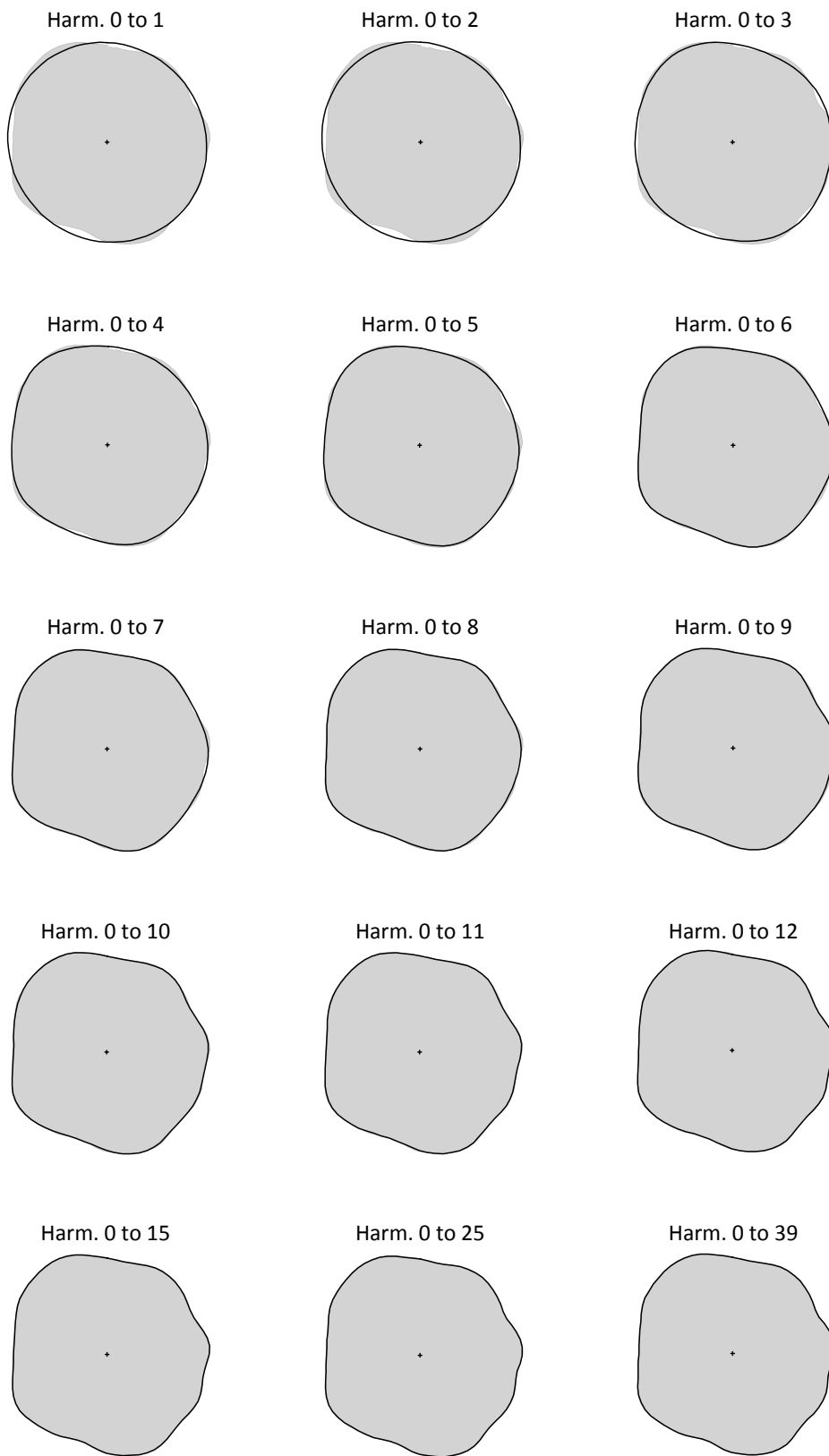
L'erreur de mesure est supposée augmenter progressivement avec le rang des harmoniques car plus le rang de l'harmonique est haut et plus les détails représentés par la transformée de Fourier inverse sont petits. Nous avons donc décidé de tester l'erreur de mesure sur les coefficients des harmoniques représentant une puissance cumulée de 99,99%, estimant que mesurer l'erreur sur des harmoniques représentant une puissance cumulée de moins de 0,01% n'est pas informatif pour la détermination de la fiabilité du protocole d'acquisition de données. Une puissance cumulée de 99,99% est atteinte en cumulant les 5 premières harmoniques (5 harmoniques ont été également nécessaires à Athreya, 2006 pour son estimation de l'erreur de mesure). L'erreur de mesure totale est nettement inférieure à 10% pour la plupart des coefficients des cinq premières harmoniques (Tableau 4). Cela signifie que l'impact potentiel de l'erreur de mesure sur la variance totale est très faible.

	Harm. 1	Harm. 2	Harm. 3	Harm. 4	Harm. 5
$a_n$	2,1	7,87	3,56	5,6	10,18
$b_n$	1,99	6,28	4,38	6,63	9,24
$c_n$	1,94	7,34	5,74	6,65	5,71
$d_n$	2,49	10,65	5,95	11,6	6,36
Puissance	99,847	99,858	99,959	99,964	99,995

**Tableau 4 : Erreur de mesure pour les cinq premières harmoniques. harm = harmonique.**

#### 4.3.2. Choix du nombre d'harmoniques

Une stratégie fréquemment suivie est d'éliminer les harmoniques dont l'erreur de mesure issue d'un test de répétabilité est supérieure à un seuil prédéfini. Comme indiqué précédemment, ceci concerne les harmoniques de rang élevé dont l'information de conformation ne représente en général que les détails. Cette procédure permet en quelque sorte de filtrer l'erreur de mesure (ou bruit). Toutefois, cette stratégie est critiquable : D'abord, les premières harmoniques ne sont pas obligatoirement celles qui apportent une discrimination optimale des groupes étudiés (O'Higgins, 1997). Ensuite, écarter les harmoniques de rang élevé revient à « jeter » de l'information car la distribution de la variance au sein des harmoniques ne fonctionne pas de la même façon que dans les analyses en composantes principales (ACP ; cf. Chapitre 5), c'est-à-dire que les harmoniques ne décrivent pas successivement moins de variance (Kaesler, 1997). De plus, un changement local dans la conformation se traduit sur plusieurs harmoniques (Bookstein, 1982). Néanmoins, il paraît important de préciser que le maintien de toutes les harmoniques semble superflu dans le cas d'objets holomorphes pour lesquels généralement 10 harmoniques au maximum sont nécessaires pour reconstituer la quasi-totalité de l'information de contour (Hammer & Harper, 2006). Estimant que le test de répétabilité a démontré la fiabilité du protocole d'acquisition des données, nous avons choisi de garder le nombre d'harmoniques nécessaire pour une reconstitution précise du contour. Pour cela, des transformées de Fourier inverse ont été menées sur un nombre croissant d'harmoniques afin de comparer progressivement la reconstitution du contour au contour original (Monti et al., 2001 ; Claude, 2008). Pour cela, nous avons sélectionné une molaire qui présentait *a priori* une des conformations les plus complexes de notre échantillon, c'est-à-dire une  $M_1$  à 6



**Figure 24: Reconstitution du contour selon un nombre croissant d'harmoniques.**

cuspides (Figure 24). Nous avons estimé que la reconstitution du contour était correcte avec 10 harmoniques et qu'il était inutile d'en garder d'avantage. Pour tester ce choix, un phénoگرامme (UPGMA ; cf. chapitre 5) a été réalisé à partir des 3 répétitions de 25 spécimens utilisées pour l'estimation de l'erreur de mesure (Figure 25) afin d'observer si les 3 répétitions forment des triplets à l'extrémité des branches. Seule une répétition (24C) n'est pas insérée dans un triplet. Le très faible taux d'erreur confirme la pertinence du choix de 10 harmoniques.

#### 4.3.3. Mesure de la taille

En utilisant *TPSdig2*, la mesure de la taille des molaires peut être envisagée par calibration des photographies ou directement en observant le nombre de pixels contenus à l'intérieur du contour. La calibration est effectuée en utilisant une règle positionnée au niveau de la surface occlusale afin de convertir les pixels en millimètres. Bailey & Lynch (2005) calculent pour chaque dent la moyenne de 3 calibrations de 1 mm situées au niveau buccal, lingual et à mi-distance. Il est aussi possible d'effectuer cette opération en calibrant une seule fois la photographie sur une longueur supérieure à 1 mm, par exemple 10 mm. La mesure directe de la superficie de la couronne en pixels, est également envisageable car toutes les photos ont été prises à une distance constante de 30 cm entre l'objectif et la couronne des molaires, et avec une même résolution.

Bien que la mesure directe de la taille en pixels semble avantageuse en raison du gain de temps, il semble que la précision de la distance entre l'appareil photographique et la couronne des molaires (30 cm) soit plus difficile à systématiser que le positionnement d'une règle au niveau de la surface occlusale. Afin d'avoir une mesure de taille précise, nous avons donc testé la fiabilité de ces trois méthodes (calibration 1 mm, calibration 10 mm, non-calibration) sur 20 photographies différentes de la même molaire (Tableau 5). Pour que la méthode sans calibration soit comparable (même unité) avec celles effectuées avec calibration, la mesure de la surface en pixels a été convertie en millimètres en fixant arbitrairement 150 pixels pour 5 mm sur toutes les photographies. Le premier constat de cette comparaison est que la calibration à 10 mm est bien plus précise que

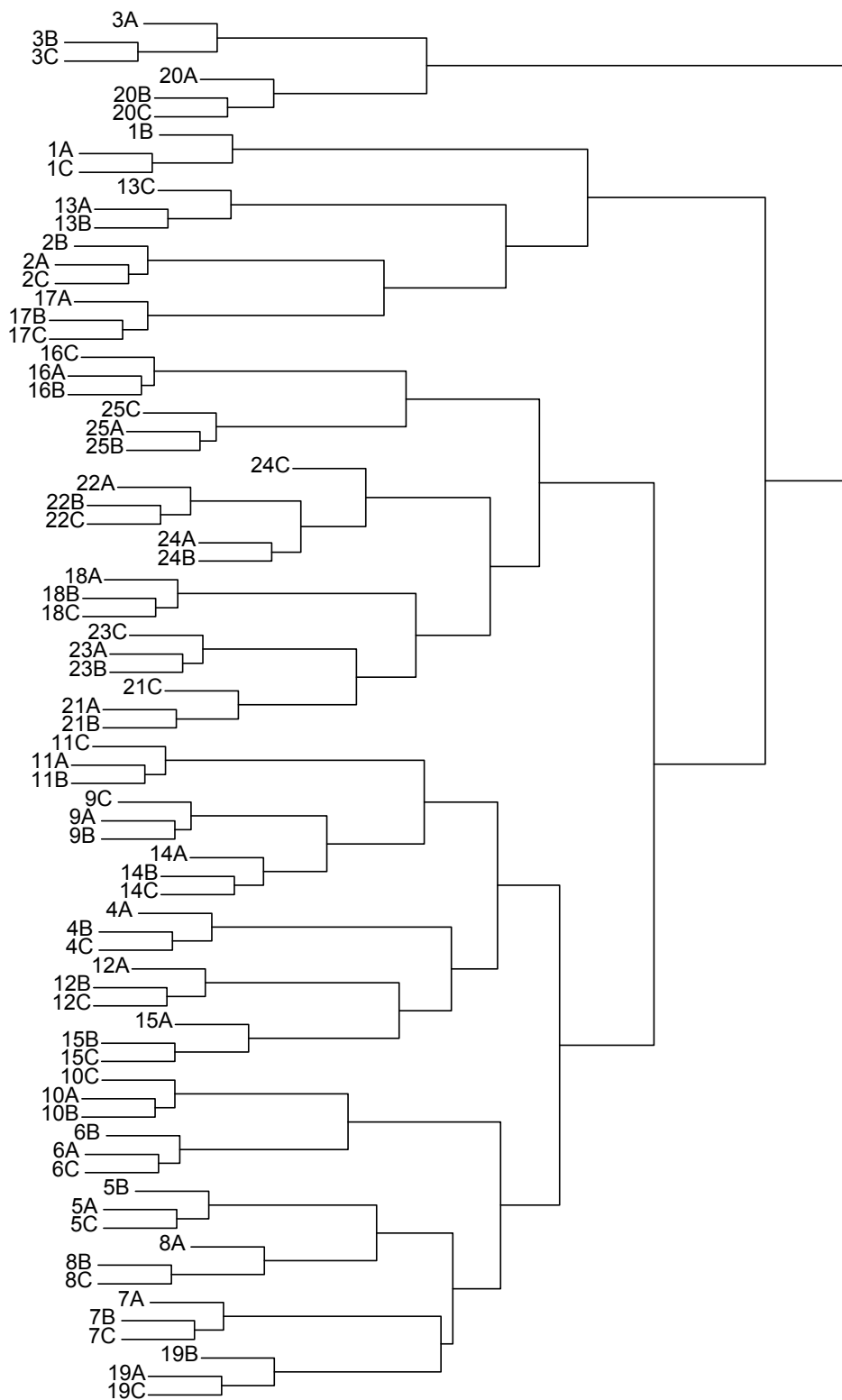


Figure 25 : UPGMA sur les trois répétitions de 25 spécimens.

celle de 3 calibrations de 1 mm (écart-type de la calibration à 10 mm = 0,16 mm<sup>2</sup> ; écart-type de la moyenne des 3 calibrations à 1 mm = 0,4 mm<sup>2</sup>). Ceci est dû au fait que l'imprécision de 1 à 2 pixels lors de la calibration en mm sur la photographie a proportionnellement plus de conséquences sur une calibration de 1 mm (qui compte au total environ 30 pixels) que pour une calibration à 10 mm (qui compte au total environ 300 pixels). Le deuxième constat est que la mesure de la surface sans calibration est plus imprécise que celles réalisées avec calibration (écart-type = 0,58 mm<sup>2</sup>). Nous avons donc réalisé la mesure de la taille des couronnes en mm<sup>2</sup> en calibrant les photos d'après une longueur de 10 mm.

	A1	A2	A3	mA	B	NC	NC2
1	86,92	87,37	87,37	87,22	92,89	84314	93,93
2	82,18	87,44	87,73	85,78	94,185	79046	87,79
3	81,39	86,9	87	85,10	94,105	78296	87,22
4	86,28	86,28	86,28	86,28	93,84	78430	87,46
5	87,2	93,42	87,3	89,31	93,35	78570	87,55
6	86,34	92,88	86,34	88,52	93,525	78482	87,35
7	81,68	87,31	87,31	85,43	93,405	78578	87,58
8	87,16	87,25	87,25	87,22	95,015	83849	93,45
9	86,99	86,99	93,34	89,11	94,27	84380	94,05
10	86,88	86,88	86,88	86,88	93,48	83580	92,32
11	85,84	91,13	91,13	89,37	92,825	82837	92,97
12	91,79	85,4	91,08	89,42	95,495	83434	92,42
13	86,21	92,03	92,03	90,09	94,8	83192	92,19
14	81,06	86,36	92,18	86,53	93,13	83336	92,34
15	92,34	86,06	86,06	88,15	93,675	83475	94,4
16	92,53	86,68	92,53	90,58	93,72	83648	92,69
17	86,47	86,38	86,47	86,44	94,215	83100	92,1
18	91,77	91,77	85,97	89,84	94,42	82960	91,87
19	91,41	85,19	85,66	87,42	93,38	82638	91,55
20	92,95	93,05	87,14	91,05	94,69	83746	92,82
Minimum	81,06	85,19	85,66	85,1	92,825	-	87,22
Maximum	92,95	93,42	93,34	91,05	95,495	-	94,4
Moyenne	87,2695	88,3385	88,3525	87,987	93,9207	-	91,2025
Ecart-type	0,858047	0,628952	0,575727	0,401141	0,160859	-	0,580301
Variance	14,7249	7,9116	6,62923	3,21829	0,517511	-	6,73498

**Tableau 5 : Mesure de la taille des couronnes d'après les photographies selon 3 méthodes : 3 calibrations de 1 mm pour chaque dent, une seule calibration de 10 mm et aucune calibration. A1= calibration sur 1 mm au niveau de l'extrémité buccale. A2= calibration sur 1 mm entre l'extrémité buccale et linguale ; A3= calibration sur 1 mm au niveau de l'extrémité linguale ; mA= moyenne de A1, A2 et A3 ; B= calibration sur 10 mm à mi-distance de l'extrémité buccale et linguale ; NC= surface non-calibrée en pixels ; NC2= surface non calibrée en mm<sup>2</sup>.**

## 5. METHODES D'ANALYSES STATISTIQUES ET MODELISATION DES HYPOTHESES DE PEUPLEMENT

---

Nous avons suivi deux approches complémentaires pour reconstituer l'histoire évolutive d'*Homo sapiens* en Asie du Sud-Est : la première vise à décrire et caractériser la variabilité morphologique de la forme des molaires définitives de l'homme anatomiquement moderne en Asie du Sud-Est depuis la fin du Pléistocène supérieur. La seconde est une modélisation des principales hypothèses de peuplement de l'Asie du Sud-Est par l'élaboration de matrices chrono-géographiques et leur comparaison avec les distances morphologiques obtenues par la première approche.

La description de la variabilité morphologique contenue au sein de l'échantillon permet d'appréhender les distances phénétiques entre les groupes humains étudiés. Les affinités biologiques de ces derniers sont interprétées uniquement sur la base de leur ressemblance. Les groupes les plus proches sont considérés comme ayant le plus de chance d'avoir une origine commune proche et d'avoir maintenu des flux génétiques au cours du temps. Les techniques statistiques utilisées pour décrire cette variabilité synthétisent l'information des données de conformation en fournissant des directions maximums de variance dans un nouvel espace (analyses en composantes principales, analyses discriminantes linéaires) (Kingenberg, 2010). Les arbres phénétiques, à travers notamment deux méthodes couramment utilisées (UPGMA et NJ), permettent de prendre en compte la totalité de l'information de conformation pour traduire le degré de similarité entre plusieurs unités taxonomiques opérationnelles (UTO).

Néanmoins, la seule description de la similarité phénotypique entre groupes ne permet pas un test direct d'hypothèses. Nous avons donc choisi de compléter notre recherche avec une approche par modélisation. Cette dernière est développée dans plusieurs travaux récents et consiste à quantifier des modèles de peuplement sous la forme de matrices de distances afin de les

comparer aux matrices de distances morphologiques (*e.g.* Gonzáles-José et al., 2001 ; Pinhasi & von Cramon-Taubadel , 2009 ; Bernal et al., 2010 ; Azevedo et al., 2011 ; Hubbe et al., 2011).

Pour tous les tests statistiques présentés dans ce travail, le seuil de significativité est fixé à 5%. Le signe \* indiquera que le test est significatif et dans le cas contraire l'abréviation « ns » (non significatif) sera utilisée.

## 5.1. DESCRIPTION DE LA VARIABILITE MORPHOLOGIQUE DES MOLAIRES

### 5.1.1. Tailles et allométries

#### 5.1.1.1. Comparaison de la taille des molaires

La comparaison de la taille des molaires au sein de notre échantillon est conduite par des ANOVA (ANalysis Of VAriance) à un facteur. Les ANOVA permettent de tester l'hypothèse nulle d'égalité des moyennes en comparant les variances. La variance est partitionnée entre la dispersion inter-groupes et la dispersion intra-groupe. Le test F calcule le ratio entre les 2 dispersions. Si le ratio F est supérieur à 1, cela signifie que la variance intergroupe est supérieure à la variance intragroupe. La valeur  $p$  associée au test F permet d'estimer si les différences sont significatives à un seuil de 5% ( $p < 0,05$ ). Ici, la taille des molaires (surface occlusale) constitue la variable dépendante et le facteur « chrono-géographique 1 » (*cf.* Annexe 8) est considéré comme variable indépendante. Le facteur « chrono-géographique 1 » a été choisi car il permet de comparer des groupes de chronologie et géographie différentes tout en maintenant des effectifs corrects pour chaque groupe. Les conditions d'application de l'ANOVA sont l'homogénéité des variances et la normalité de la distribution de la variable dépendante. Ces deux conditions sont testées respectivement par le test de Bartlett et le test de Shapiro-Wilk (Hammer & Harper, 2006). Si les conditions d'application ne sont pas respectées, la comparaison de la taille se fait par le test de Kruskal-Wallis



(Hammer & Harper, 2006), qui est une version non-paramétrique de l'ANOVA (le test compare les moyennes des rangs et non pas les moyennes des valeurs). Si les différences de tailles sont significatives après un test ANOVA ou Kruskal-Wallis, un test *post-hoc* est mené pour savoir quelle(s) moyenne(s) diffère(nt) significativement : dans le cas d'un test ANOVA, le test HSD de Tukey est effectué, et dans le cas du test de Kruskal-Wallis, un test de Wilcoxon est appliqué et les valeurs p sont corrigées par la méthode de Bonferroni (Hammer & Harper, 2006). Enfin, pour chaque type de molaire, un diagramme en boîte à moustaches est fourni pour visualiser la variabilité de taille des différents groupes.

#### 5.1.1.2. Identification et description des allométries

Les allométries sont les effets de la taille sur la conformation (Klingenberg, 1996). Pour chaque dent, les allométries sont recherchées d'abord au niveau de l'échantillon complet puis au sein de deux sous-échantillons afin de caractériser précisément l'effet de taille et son impact au sein du corpus. Les deux sous-échantillons permettent d'étudier si les éventuelles allométries interviennent selon un facteur géographique ou chrono-culturel (appelés « sous-échantillon géographique » et « sous-échantillon chrono-culturel »). Le premier sous-échantillon est constitué par les individus modernes provenant d'Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire et Mélanésie. Le deuxième se compose des individus provenant de trois périodes chrono-culturelles différentes en Asie du Sud-Est : le Prénéolithique, l'Age des Métaux, les individus modernes.

Les allométries sont d'abord recherchées sur l'échantillon total en effectuant une série de régressions linéaires sur les composantes principales (CP) représentant un pourcentage cumulé de 99,9% de la variance totale (chaque CP constitue la variable dépendante) sur la variable taille (variable indépendante). Ensuite, au niveau des sous-échantillons, la significativité des effets de taille sur la conformation est déterminée par des MANCOVA sur les données de conformation (variables dépendantes), les groupes définis dans les sous-échantillons (variables indépendantes) et la taille (covariable). Si les résultats de la MANCOVA sont significatifs, c'est-à-dire si l'hypothèse nulle d'absence d'effet de taille sur les variables de conformation est rejetée, une régression

linéaire est menée sur les CP1 et 2 afin de visualiser les effets allométriques au sein de chaque groupe : les individus sont projetés dans un graphe avec en abscisse la taille des molaires et en ordonnée les scores des individus sur la CP1 et 2, et les droites de régressions associées à chaque groupe sont tracées. Le coefficient de régression (la pente) indique la direction et la magnitude de l'effet de taille sur la conformation et le coefficient de détermination multiple ( $R^2$ ) indique la proportion de la variabilité de la conformation qui est expliquée par la taille. Afin de clarifier la représentation des individus sur le graphe, leur dispersion au sein de leur groupe est représentée par des ellipses représentant 95% de la variance. La visualisation des effets allométriques sur la conformation des couronnes a été effectuée par des régressions linéaires multivariées des données de conformation (variables dépendantes) sur la taille (variable indépendante) (Monti et al., 2001).

#### 5.1.2. Analyses en composantes principales (ACP)

L'ACP permet de réduire la dimensionnalité des données originales en maximisant la matrice de covariance totale en une succession de composantes principales (CP), combinaisons linéaires orthogonales des variables (Reyment et al., 1984 ; Strauss, 2010). Le nombre de CP est égal au nombre de variables contenues dans les données originales (moins le nombre de degrés de liberté). La propriété d'orthogonalité des CP est importante dans le cadre des fonctions de Fourier elliptiques car les coefficients de Fourier sont fortement colinéaires. Dans ce travail, les ACP sont utilisées pour réduire le nombre de variables issues des différentes méthodes d'analyse de contours.

La visualisation des conformations extrêmes de chaque axe est effectuée par une régression multiple des coefficients de Fourier (variables dépendantes) sur les scores des individus sur la CP (variables indépendantes) (Monti et al., 2001). Dans la présente étude, toutes les visualisation de contour de molaires seront en vue occlusale et orientées exactement de la même manière : face buccale vers le haut, face mésiale vers la gauche.

### 5.1.3. MANOVA non-paramétriques et analyses discriminantes linéaires

#### 5.1.3.1. MANOVA non-paramétriques (NPMANOVA)

La MANOVA (Multiple ANalysis Of VAriance) est une généralisation de l'ANOVA pour des variables dépendantes multiples. La plupart des données de conformation ne respectant pas les conditions d'application d'une MANOVA (les mêmes que pour l'ANOVA), nous avons décidé d'utiliser une analyse multiple de variance (MANOVA) non-paramétrique (Anderson, 2001). Le F obtenu est équivalent au F de Fisher. La valeur p est obtenue par 1000 permutations. Le facteur utilisé (géographique ou chrono-culturel ; cf. Chapitre 2 et Annexes 7, 8 et 9) dépend de l'objectif de l'analyse.

Des analyses linéaires discriminantes (LDA), qui sont mathématiquement analogues aux MANOVA, sont ensuite menées si les résultats de la MANOVA non-paramétrique sont significatifs (= l'hypothèse nulle d'égalité des variances est rejetée). La LDA permet de redistribuer la variance contenue dans les données originales en une succession de combinaisons linéaires des variables qui maximise le ratio intergroupe/intragroupe. Les scores des CP sont utilisés comme variables pour les LDA. Etant donné que les LDA sont extrêmement sensibles au ratio entre le nombre de variables et le nombre d'individus, le nombre de CP sélectionnées pour l'analyse ne dépasse pas le nombre de variable divisé par le nombre de groupes (Kovarovic et al., 2011; Mitteroecker & Bookstein, 2011; Evin et al., 2013). Si la taille de l'échantillon est supérieure à ce ratio, seules les CP résumant 99,99% de la variance totale sont retenues pour la suite des analyses. Il faut noter que les conditions d'application des LDA sont les mêmes que pour les MANOVA. Nous les utilisons néanmoins dans le but de visualiser les différences de conformations entre les groupes (équivalent d'un test *post-hoc*), c'est-à-dire d'observer les tendances de différenciations morphologiques entre groupes.

#### 5.1.4. Elaboration de phénogrammes

Les phénogrammes expriment le degré de similitude globale entre groupes prédéfinis appelés unités taxinomiques opérationnelles (UTO) à partir de matrices de distances phénétiques (Darlu & Tassy, 1993). Ils permettent de prendre en compte la totalité de l'information de conformation, ce qui n'est pas le cas des ACP ou des LDA pour lesquelles la représentation graphique des principaux axes de variance ne rend compte que d'une partie de la variabilité totale.

Dans ce travail, les matrices de distances phénétiques sont exprimées par les distances de Mahalanobis ( $D^2$  ; Hammer & Harper, 2006). Elles permettent d'obtenir une mesure quantitative unique de dissimilarité entre chaque UTO. Les distances de Mahalanobis ont été calculées à partir des scores des ACP afin de pouvoir contrôler le nombre de variables de conformation introduit dans l'analyse (le nombre de variables sélectionnées suit les mêmes critères que pour les LDA).

A partir de ces distances, les phénogrammes sont ensuite construits selon deux méthodes :

- Le phénogramme de type *unweighted pair-group method of arithmetic averages* (UPGMA ; Sneath & Sokal, 1973) est une méthode agglomérative, c'est-à-dire que les UTO sont groupées progressivement par paires, en partant de la paire d'UTO qui exprime la plus forte ressemblance jusqu'à l'UTO la plus éloignée. Le phénogramme obtenu est dit ultramétrique, c'est-à-dire que les longueurs des branches (de la racine à l'extrémité de la branche) sont toutes égales. L'UPGMA affecte des niveaux hiérarchiques définis par le degré de ressemblance entre paires d'UTO. Pour que le phénogramme construit à partir de l'algorithme de l'UPGMA corresponde à une réalité biologique, il faut que les changements morphologiques entre UTO aient eu lieu à vitesse constante.
- Le phénogramme de type *Neighbor-joining* (NJ ; Saitou & Nei, 1987) est une méthode additive, c'est-à-dire que les longueurs des branches entre UTO sont proportionnelles aux distances phénétiques. L'arbre obtenu est non-enraciné et de longueur minimale. Le

phénogramme de type *neighbor-joining* ne nécessite pas que les changements morphologiques entre UTO aient eu lieu à vitesse constante.

Mille ré-échantillonnages par le méthode du *bootstrap* ont été appliqués pour les phénogrammes (NJ et UPGMA<sup>23</sup>) afin d'estimer la robustesse des regroupements.

## 5.2. MODELISATION DES HYPOTHESES DE PEUPLEMENT

Des matrices de distances chrono-géographiques hypothétiques ont été élaborées afin de quantifier les principaux modèles de peuplement proposés pour l'Asie du Sud-Est (*cf.* Chapitre 1) et de tester leur corrélation avec une matrice de distances morphologiques (González-José et al., 2001 ; Pinhasi & Cramon-Taubadel, 2009 ; Bernal et al., 2010 ; Hubbe et al., 2011 ; Azevedo et al., 2011). Ces matrices sont dites chrono-géographiques car elles traduisent à la fois les distances géographiques et chronologiques entre les groupes étudiés. Elles sont hypothétiques car certains paramètres sont modifiés en fonction du modèle testé. La matrice de distances morphologiques correspond aux distances de Mahalanobis (Annexe 2). La corrélation (coefficient de Pearson) entre les matrices de distances morphologiques et chrono-géographiques est établie par des tests de Mantel (Mantel, 1967). La significativité des tests de Mantel est établie par 9999 ré-échantillonnages.

### 5.2.1. Calcul des matrices chrono-géographiques

Les distances géographiques entre paires correspondent aux distances orthodromiques (distances directes prenant en compte la courbure de la Terre) mesurées sur Google Earth. Ces distances orthodromiques entre paires de groupes ont parfois été ajustées en établissant des points de passage qui permettent de répondre aux contraintes géographiques hypothétiques du modèle

---

<sup>23</sup> Les résultats des *bootstraps* menés sur les UPGMA correspondent à la méthode «*unbiased*» de la fonction *pvclust* dans R (package *pvclust* ; Suzuki & Shimodaira, 2006).

testé. Les distances géographiques entre groupes sont ajustées par un facteur temporel pour prendre en compte les éventuelles différenciations morphologiques dues aux distances chronologiques (Hubbe et al., 2011). La création de matrices de distances géographiques incorporant l'information de distances chronologiques a été réalisée jusqu'à maintenant selon deux approches : (i) la suppression de l'effet du facteur temporel à la fois dans la matrice de distances morphologiques et de distances géographiques avec l'utilisation du test de Mantel partiel, la matrice de distances chronologiques étant utilisée comme variables de contrôle pour les deux autres (Pinhasi & von Cramon-Taubadel, 2009). (ii) Les distances géographiques entre paires sont multipliées par leurs distances chronologiques (Hubbe et al., 2011 ; Azevedo et al., 2011). Pour ce travail, la deuxième solution a été préférée car ce sont précisément les informations à la fois géographiques et chronologiques (traduisant selon les différents modèles, des processus micro-évolutifs ainsi que les événements de dispersion/expansion de populations), que nous voulons comparer aux données morphologiques (Hubbe et al., 2011).

D'un point de vue technique, l'unité de base des distances géographiques est le millier de kilomètres (1 = 1000 km) et l'unité de base des distances chronologiques est 5000 années (1 = 5000 ans). Afin d'éviter de multiplier des distances par une unité inférieure à 1 pour les paires de groupes dont la distance géographique et/ou chronologique est inférieure à 1000 km ou 5000 ans, une unité (1) est ajoutée systématiquement entre chaque paire de distance. Les distances chronologiques entre paires de groupes issues de populations modernes sont multipliées par 1. Si deux groupes proviennent du même endroit (par exemple les groupes du Nord du Vietnam), leur distance géographique est de 1.

Quelques exemples :

- 2 groupes distants de 100 km et 100 ans :  $(1+(100/1000)) \times (1+(100/5000)) = 1,122$
- 2 groupes distants de 10000 km et 10000 ans :  $(1+(10000/1000)) \times (1+(10000/5000)) = 33$
- 2 groupes distants de 1000 km et 0 an :  $(1+(1000/1000)) \times 1 = 2$

### 5.2.2. Définitions chrono-géographiques des groupes

Les groupes pris en compte dans cette analyse sont ceux définis par le facteur « chrono-géographique 2 » (cf. Annexe 2). Ce facteur permet une couverture chronologique et géographique complète de l'Asie du Sud-Est (Figure 26). Lorsqu'un groupe est composé d'individus provenant de plusieurs sites/localités, le point géographique les définissant est situé en leur centre : c'est le cas des groupes « début Holocène Vietnam », « Métal Vietnam », « Métal Philippines ». Pour les groupes d'individus récents provenant de plusieurs localités, le centre de l'île, de l'archipel ou du pays a été choisi : Australie, Bornéo, Java, Négritos et non-Négritos de Luzon, Sulu, Sulawesi, Vanuatu, Vietnam. D'un point de vue chronologique, lorsqu'un groupe est formé de plusieurs sites d'âges différents, la moyenne des âges est prise en compte (Azevedo et al., 2011 ; Hubbe et al., 2011). Les groupes ont été créés sur des critères chrono-culturels, les âges des sites à l'intérieur d'un groupe sont donc relativement homogènes.

Etant donné la densité des sites archéologiques dans le nord du Vietnam, un point géographique unique (cf. Annexe 2 pour les coordonnées géographiques et âges des groupes humains et points de passage utilisés pour les modélisations) a été choisi pour l'ensemble des sites, la chronologie étant le critère définissant ces groupes : « Début Holocène Vietnam », « Milieu Holocène Vietnam », « Néolithique Vietnam », « Age des Métaux Vietnam ». Les groupes « début Holocène Vietnam » et « Age des Métaux Vietnam » sont composés de plusieurs sites chacun mais dont la chronologie est homogène. Deux groupes ont été définis à partir du site de Ban Non Wat : « Néolithique Thaïlande » et « Age des Métaux Thaïlande ». Le groupe « Age des Métaux Philippines » est formé d'un site du sud de Palawan (Bato-Puti) et de deux sites du Nord de Luzon (Conciso et Dombrique) : le centre a été défini à l'extrême sud de Luzon. Il était difficile de former un groupe homogène (géographiquement et chronologiquement) pour les individus pré-néolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire : le groupe « Pré-néolithique Asie du Sud-Est insulaire » est composé du fossile de Wajak et des spécimens de l'île de Florès. Le point géographique définissant ce groupe est situé entre Java et Florès. Le groupe « Age des Métaux Sulawesi » est

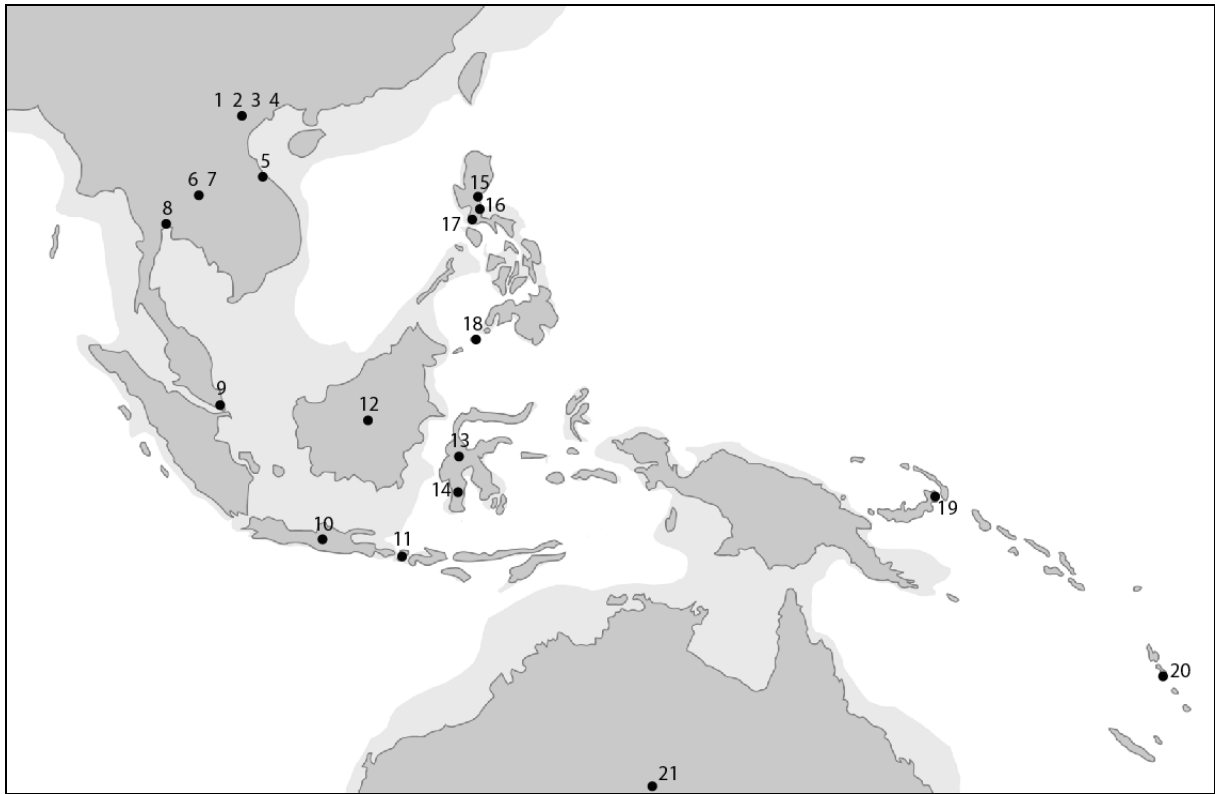


Figure 26 : Localisation des groupes utilisés pour les modélisations : 1, Début Holocène Vietnam ; 2, Milieu Holocène Vietnam ; 3, Néolithique Vietnam ; 4, Age des Métaux Vietnam ; 5, Récents Vietnam ; 6, Néolithique Thaïlande ; 7, Age des Métaux Thaïlande ; 8, Récents Thaïlande ; 9, Récents Malaisie péninsulaire ; 10, Récents Java ; 11, Milieu Holocène Asie du Sud-Est insulaire ; 12, Récents Bornéo ; 13, Récents Sulawesi ; 14, Age des Métaux Sulawesi ; 15, Négritos Philippines ; 16, Récents Luzon ; 17, Age des Métaux Philippines ; 18, Récents Sulu ; 19, Récents Mélanésie ; 20, Récents Vanuatu ; 21, Récents Australie.

exclusivement composé de molaires provenant du site de Leang Tjadang. Aucune date absolue n'est disponible pour ce site mais nous avons fixé une date de 2000 BP d'après le contexte archéologique régional de l'Age des Métaux en Sulawesi (Bellwood, 1997).

### 5.2.3. Les modèles de peuplement

#### 5.2.3.1. Modèle d'isolement par distances (matrice IBD)

Le modèle d'isolement par distances géographiques (IBD ; *isolation by distances*) ne dépend d'aucune hypothèse de peuplement mais permet de tester si les données morphologiques sont structurées spatialement (e.g. Hubbe et al., 2011). Les flux génétiques seraient plus



fréquents entre populations proches alors que la dérive génétique serait un facteur important pour les populations éloignées (Pérez et al., 2009). Les distances morphologiques devraient donc augmenter avec les distances géographiques. Pour tester ce modèle, les distances géographiques mesurées entre paires de groupes sont les distances les plus courtes (orthodromiques), sans prendre en compte les contraintes géographiques éventuelles entre paires de groupes (Figure 27). Ce modèle permet ainsi de ne pas faire d'hypothèse sur les éventuelles routes le long desquelles des flux génétiques ont pu être facilités.

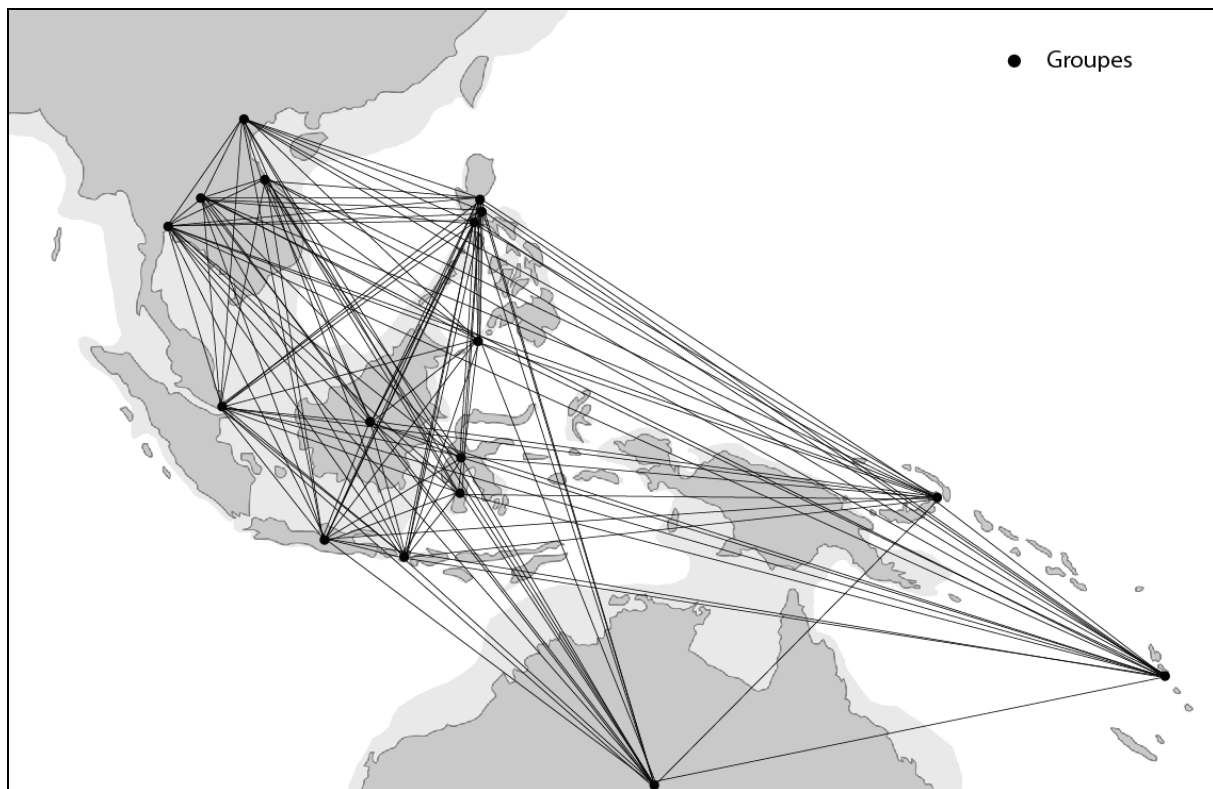
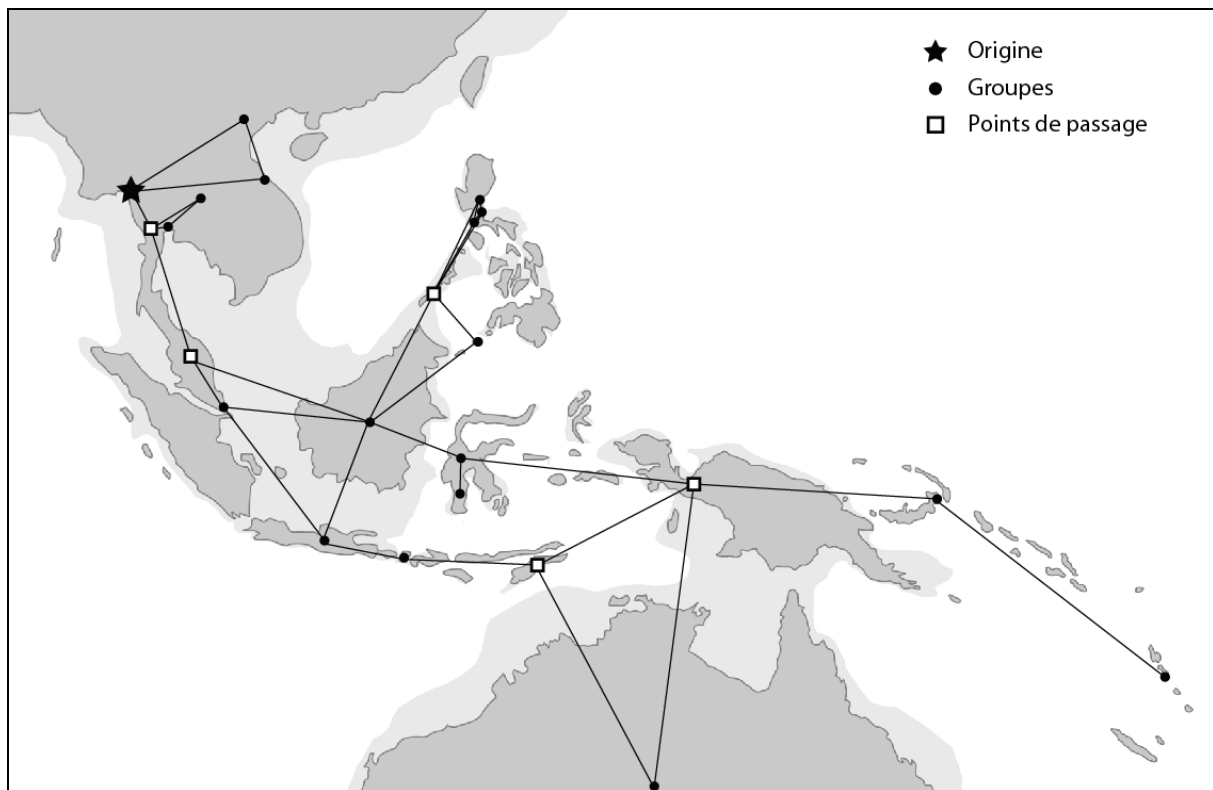


Figure 27 : Modèle d'isolement par distances (IBD).

#### 5.2.3.2. Modèle à une seule vague de migration (matrice 1MIG)

D'après ce modèle (cf. 1-2-1), la variabilité actuelle des populations d'Asie du Sud-Est est principalement le résultat d'une vague initiale majeure de migration pendant le Pléistocène supérieur puis, dans chaque région, de processus d'évolution locale (rapport entre flux

génétiques et dérive génétique). Ce modèle présente une histoire commune entre Négritos et non-Négritos des Philippines (HUGO, 2009). Il diffère du modèle IBD car les distances entre paires de groupes sont orientées selon les routes hypothétiques empruntées par cette première migration.



**Figure 28 : Modèle à une vague de migration (1MIG)**

Pour traduire ce modèle en matrice de distances (Figure 28), les distances entre paires de groupes représentent leur distance le long des routes hypothétiques empruntées lors de la migration initiale multipliées par leur distance chronologique. Le tracé des routes de migration suit les routes proposées par Birdsell (1977) et reprises dans Balme (2013). L'origine a été placée sur le littoral ouest de l'Asie du Sud-Est afin de respecter les hypothèses de migrations depuis l'Afrique le long du littoral (cf. 1-1-1). Plusieurs points de passage ont été positionnés afin d'obtenir une représentation simplifiée mais fidèle d'un point de vue archéologique et géographique des voies de migrations (cf. 1-1-1 ; pour Java : Sémah et al., 2002 ; pour Sulawesi : van Heekeren, 1972 ; pour la Thaïlande : Anderson,

1997 ; pour la Malaisie péninsulaire : Oppenheimer, 2012 ; pour Bornéo : Barker et al., 2007 ; pour Palawan : Détroit et al., 2004 ; pour Timor : O'Connor et al., 2011 ; pour la Nouvelle-Irlande : Leavesley & Chappell, 2004).

#### 5.2.3.3. Modèle à deux vagues de migration (matrice 2MIGa et 2MIGb)

D'après ce modèle (*cf.* 1-1), une première vague de migration d'hommes anatomiquement modernes aurait peuplé l'Asie du Sud-Est au Pléistocène supérieur (*cf.* modèle 1MIG). A partir du Néolithique (environ 5000 BP), une ou des vague(s) de populations venant de la Chine du Sud-Est auraient remplacé ou se seraient hybridées avec les populations préexistantes issues de la première vague. La variabilité biologique passée et actuelle d'*Homo sapiens* en Asie du Sud-Est reflèterait principalement ces deux événements. Pour traduire ce modèle en matrice (2MIG), les routes empruntées lors des deux migrations majeures ont été retracées (Figure 29). Les paires de groupes issues d'une même vague de migration devraient donc être plus proches entre elles que celles issues d'une même vague de migration. La première route et son origine correspondent à ce qui a été défini pour la matrice 1MIG. A cette première route sont associés les groupes préneolithiques ainsi que les Négritos des Philippines et les Australiens. La seconde migration correspond à une dispersion depuis la Chine du Sud-Est, où a été positionnée l'origine, et suit les routes proposées par P. Bellwood (1997 ; *cf.* 1-1-2-1). Les points de passage sont positionnés à Taïwan (Bellwood, 2011), Luzon (Mijares, 2007), Palawan (Fox, 1970 ; Lewis et al., 2008 ; Corny & Détroit, 2010), Nord du Vietnam (Matsumura & Oxenham, 2011). Les autres points de passages de cette deuxième vague ont été positionnés de façon à représenter l'hypothèse Express Train (*cf.* 1-1-2-1). Deux variantes ont été créées pour le modèle 2MIG : l'une (2MIGa) intègre le groupe « Récents Bornéo » constitué de Dayaks à la seconde vague de migration, l'autre (2MIGb) intègre les Dayaks à la première vague (Bellwood, 1997 ; Turner, 1987, 1990).

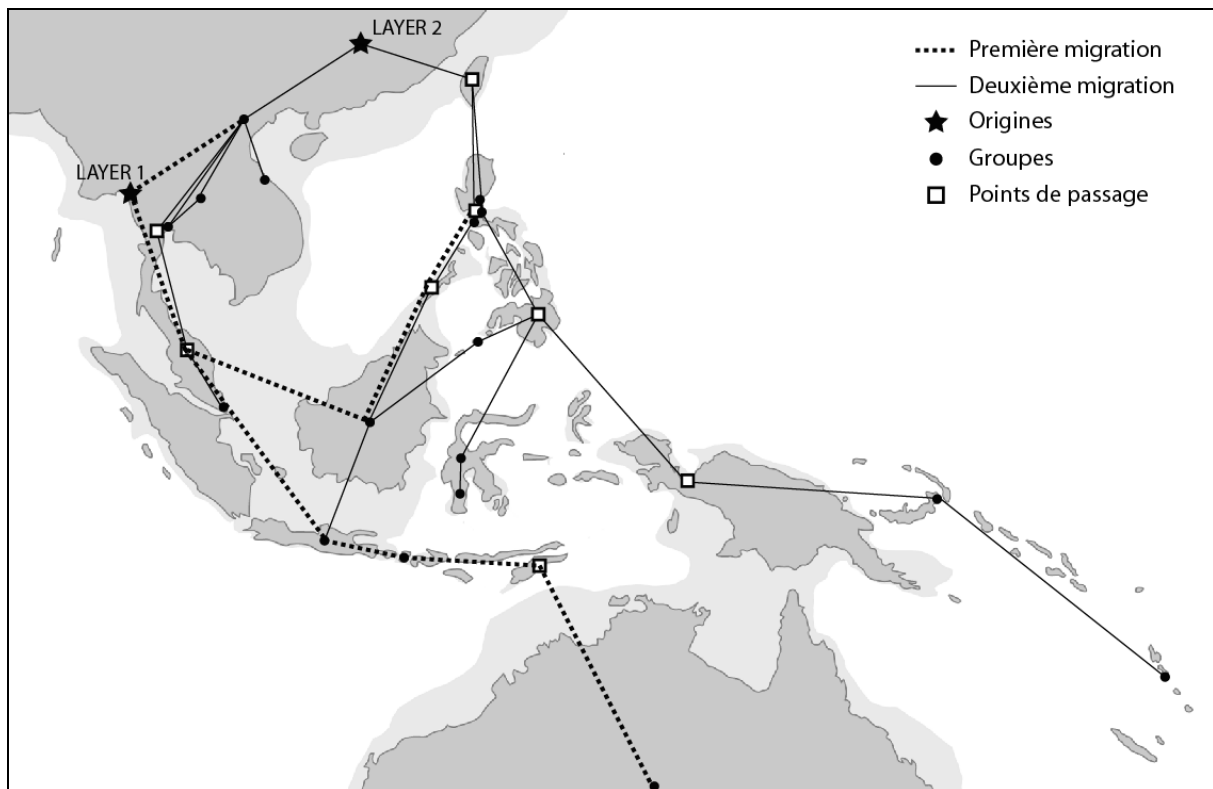


Figure 29 : Modèles à 2 vagues de migrations (2MIG).

D'un point de vue technique, les distances entre paires provenant de deux migrations différentes sont calculées en faisant la somme des distances d'un groupe vers son origine, plus la distance entre les deux origines, plus la distance de l'origine de l'autre migration vers le second point. Par exemple, la distance entre « Récents Vanuatu » et « Récents Australie » sera égale à la distance entre le point définissant les « Récents Australie » et l'origine de la première migration, plus la distance jusqu'à l'origine de la deuxième migration en Chine du Sud-Est, plus la distance entre cette origine et le point définissant les « Récents Vanuatu ».

Un autre exemple impliquant cette fois des distances chronologiques : la distance entre « Age des Métaux Sulawesi » et « Récents Mélanésie » sera égale à la distance de « Récents Sulawesi » jusqu'au point de passage situé au centre de Mindanao, plus la distance entre ce point de passage et les « Récents Mélanésie », le tout multiplié par le facteur chronologique les séparant, en l'occurrence par 3 ( $1 + (2000/1000)$ ). Nous avons fait exception à ce système de calcul pour deux paires : les distances séparant « Age des Métaux/Néolithique Thaïlande » de « Récents Thaïlande », et « Age des Métaux Sulawesi » de « Récents

Sulawesi » ont été considérées comme la distance directe les séparant et non pas la somme des distances entre ces groupes et leur dernier point de passage commun (respectivement le Nord du Vietnam et le centre de Mindanao).

#### 5.2.3.4. Modèle « dernier maximum glaciaire » (matrice LGM)

L'exondation des plates-formes de la Sonde et de Sahul, à son apogée lors du dernier maximum glaciaire (20/18000 BP), a vraisemblablement entraîné des mouvements de populations importants (Barker & Richards, *in press* pour une synthèse et *cf.* 1-2). La plate-forme de la Sonde est considérée pendant le Pléistocène supérieur comme un lieu d'activité démographique intense et d'expansions multiples de populations vers la zone de Wallace, la plate-forme du Sahul et la Mélanésie. La hausse du niveau marin après le dernier maximum glaciaire a provoqué l'isolement relatif des grands ensembles (Sonde, Wallace, Sahul), restreignant les flux génétiques entre ces zones et les renforçant à l'intérieur. La variabilité biologique d'*Homo sapiens* actuelle reflèterait principalement ce modèle.

Afin de traduire ce modèle (LGM ; *Last Glacial Maximum*), les distances chronogéographiques de la matrice 1MIG ont été multipliées par 2 pour les paires constituées d'individus provenant de grands ensembles géographiques différents (Sonde, Wallace, Sahul, Mélanésie) et ont été multipliées par 0,5 pour les paires provenant de la même zone géographique (matrice LGM ; Figure 30) (Hubbe et al., 2011). Deux variantes ont été créées parce que le groupe « Prénéolithique Asie du Sud-Est insulaire » est composé de spécimens provenant à la fois de la plate-forme de la Sonde et de la zone de Wallace. LGMa incorpore le groupe au sein de la zone de Wallace et LGMb au sein de la plate-forme de la Sonde.

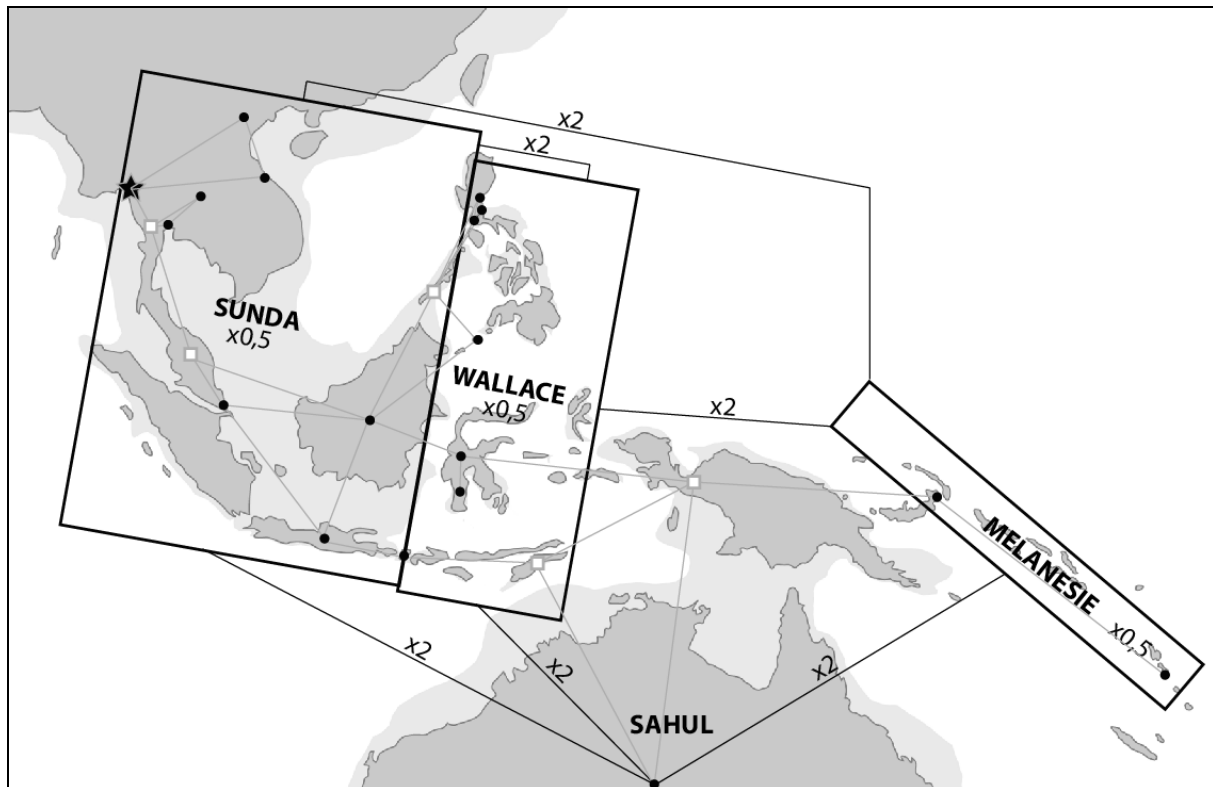


Figure 30 : Modèle basé sur le dernier maximum glaciaire (matrice LGM).

#### 5.2.3.5. Modèle Nusantao (matrice NUSAN)

D'après ce modèle (Solheim, 1984, 2006 ; cf. 1-2-3), la hausse du niveau marin après le dernier maximum glaciaire aurait favorisé le développement progressif d'une culture orientée sur les ressources maritimes et la navigation en Asie du Sud-Est insulaire. A partir d'environ 5000 BP, les populations d'Asie du Sud-Est insulaire se seraient dispersées en Asie du Sud-Est continentale et Mélanésie. D'après ce modèle, le réseau maritime a probablement favorisé les flux génétiques à l'intérieur des grands ensembles et notamment en Asie du Sud-Est insulaire. Pour ce modèle, nous avons là aussi multiplié les distances par 2 entre ensembles (Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire, Mélanésie, Australie) et par 0,5 à l'intérieur de ceux-ci (Figure 31) (Hubbe et al., 2011). Les distances prises en compte sont les distances directes entre groupes (orthodromiques) car le réseau maritime développé dans cette hypothèse permet de ne plus considérer la mer comme barrière naturelle mais comme un vecteur de mouvements humains.

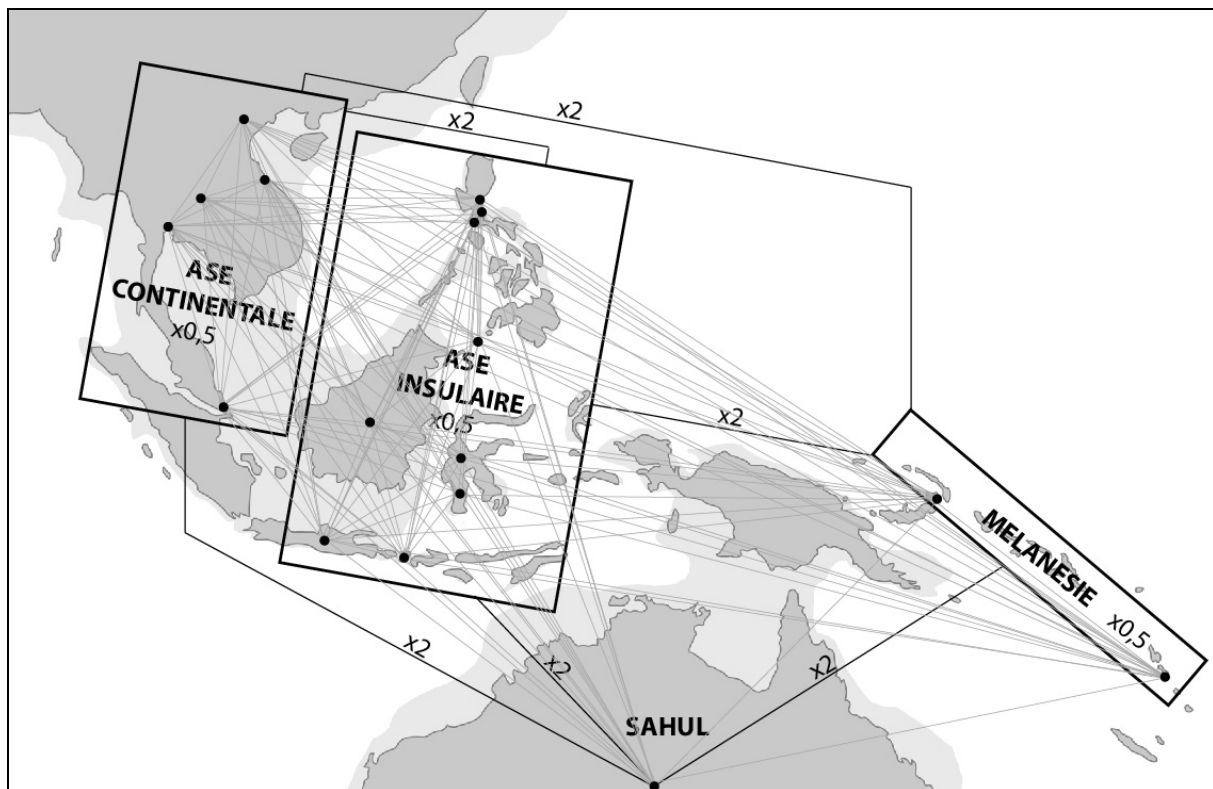


Figure 31 : Modèle Nusantao (matrice NUSAN).

### 5.3. TRAITEMENTS STATISTIQUES AVEC R

Le logiciel R (R Development Core Team, 2012) a été utilisé pour les traitements statistiques. Le tableau ci-dessous fournit les noms des fonctions et les bibliothèques auxquelles elles appartiennent (Tableau 6). Trois fonctions (dont une citée précédemment pour l'application de la méthode EFAproc ; cf. 3-2-3) ont été créées spécialement pour ce travail. Elles sont disponibles en Annexe 6.

Opération	Fonction	Package	Référence
ACP	prcomp	stats	R Development Core Team, 2012
ANOVA	aov	stats	R Development Core Team, 2012
Bartlett	bartlett.test	stats	R Development Core Team, 2012
Bonferroni	p.adjust	stats	R Development Core Team, 2012
Bootstrap NJ	boot.tree	phangorn	Schliep, 2011
Ellipse	ELLI	J.Claude	Claude, 2008
HSD Tukey	TukeyHSD	stats	R Development Core Team, 2012
Kruskal-Wallis	kruskal.test	stats	R Development Core Team, 2012
LDA	lda proj predict	MASS stats stats	R Development Core Team, 2012
NPMANOVA	adonis	vegan	Oksanen et al., 2007
Mahalanobis	CVA	morpho	Schlager, 2012
Mantel	mantel	vegan	Oksanen et al., 2007
NJ	nj	ape	Paradis et al., 2004
Régression multiple	lm	stats	R Development Core Team, 2012
Shapiro-Wilk	shapiro.test	stats	R Development Core Team, 2012
UPGMA avec bootstrap	pvclust	pvclust	Suzuki & Shimodaira, 2006
Visualisation conformations ACP	iefaPCA	<i>originale</i>	Annexe 6
Visualisation conformations LDA	iefaLDA	<i>originale</i>	Annexe 6
Wilcoxon	pairwise.wilcox.test	stats	R Development Core Team, 2012

**Tableau 6 : Tableau récapitulatif des fonctions R utilisées pour le traitement statistique des données et la construction de phénogrammes.**



## 6. CREATION D'UNE METHODE D'IDENTIFICATION DU RANG DES MOLAIRES HUMAINES ISOLEES

---

Ce chapitre constitue une synthèse de l'article proposé en Annexe 3. Il a pour but de présenter les points essentiels de la méthode d'identification des molaires humaines isolées en vue de son application pour les molaires de notre échantillon. Pour des éléments plus précis (méthodologiques et références bibliographiques), se reporter à l'Annexe 3.

### 6.1. OBJECTIFS

La détermination de la position des molaires est un enjeu important en paléontologie, archéologie et pour la police scientifique (White & Folkens, 2005). Pour la présente étude, l'identification du rang des molaires humaines isolées (retrouvées seules, sans association anatomique avec le maxillaire ou la mandibule) est capitale car une part importante des molaires de l'échantillon est concernée.

Cependant, si l'identification de la classe d'une dent est facilement réalisable (incisive, canine, prémolaire ou molaire), leur position précise (= rang) au sein d'une classe est souvent bien plus compliquée (Fiorenza et al., 2010). Les méthodes d'identification du rang des molaires humaines isolées sont principalement basées sur l'observation de traits anatomiques (des couronnes ou des racines) qui décrivent des tendances allant des 1<sup>ères</sup> molaires aux 3<sup>èmes</sup> molaires, les secondes étant généralement dotées de caractéristiques intermédiaires (Gründler, 1976 ; Fuller et al., 2001 ; Hillson, 1996 ; White & Folkens, 2005 ; Scheid & Weiss, 2011). La couronne des M<sup>1</sup> possède généralement quatre cuspides bien

développées et une forme rhomboïdale en vue occlusale. La couronne des  $M^2$  a une forme plus irrégulière, habituellement de plus petites dimensions, particulièrement en ce qui concerne le diamètre mésio-distal. Les  $M^2$  tendent également à avoir une cuspside disto-linguale (hypocone) proportionnellement plus petite, et même occasionnellement manquante. La couronne des  $M_1$  est habituellement dotée de cinq cuspsides et leur diamètre mésio-distal est généralement plus large que celui des  $M_2$ , ces dernières ayant tendance à avoir quatre cuspsides arrangées de manière symétrique (Figure 1). Néanmoins, la variabilité morphologique des dents humaines (Scheid & Weiss, 2011) rend difficile cette estimation visuelle du développement différentiel de caractéristiques anatomiques clés pour l'identification des dents isolées (Fiorenza et al., 2010). Les 1<sup>ères</sup> et 2<sup>èmes</sup> molaires humaines supérieures et inférieures présentent ainsi fréquemment des morphologies très proches (Gründler, 1976; Hillson, 1996; Fuller et al., 2001; White and Folkens, 2005). Les 3<sup>èmes</sup> molaires présentent généralement une combinaison de traits anatomiques particuliers qui rendent leur identification plus facile (petites dimensions, forme très irrégulière, nombre de cuspsides variable, morphologie particulière des sillons, absence de facettes distales ; Gründler, 1976; Hillson, 1996; Fuller et al., 2001; White & Folkens, 2005; Scheid & Weiss, 2011).

Peu de méthodes alternatives ont été proposées pour améliorer cette identification. Fiorenza et al. (2010) proposent une méthode basée sur les facettes d'usure occlusale pour identifier les  $M^1$  et  $M^2$ . Des méthodes de morphométrie ont été utilisées sur la morphologie des racines pour identifier les molaires isolées (Sciulli & Murray, 1982), mais les racines sont rarement entièrement préservées en contextes archéologiques. Nous n'avons pas trouvé de référence dans la littérature utilisant des méthodes de morphométrie dans le but d'identification du rang des molaires, bien que plusieurs études fournissent des résultats prometteurs quant aux différences morphologiques entre les couronnes des trois types de molaires (Bouville, 1978; Yamada & Brown, 1988; Scheid & Weiss, 2011).

Afin d'optimiser les possibilités de déterminer le rang des molaires isolées, nous avons développé une méthode d'identification basée sur l'analyse de la conformation du contour de leur couronne. Cette méthode, présentée en détails dans l'article disponible en Annexe 3, permet d'augmenter significativement la taille et la qualité de notre échantillonnage. De plus, cette étude morphométrique des couronnes des molaires a permis d'effectuer une comparaison empirique de cinq méthodes d'analyse de contours et de tester ainsi la fiabilité de la méthode de normalisation que nous avons développée (cf. 3-2-3). Nous allons présenter ici une synthèse de la méthode que nous avons développée pour identifier le rang des molaires. Cette procédure sera ensuite appliquée pour l'identification des molaires isolées de notre échantillon.

## 6.2. MATERIEL ET METHODES

Afin d'évaluer l'efficacité de notre méthode d'identification, un échantillon de 360  $M^1$  et  $M^2$  non isolées (90  $M^1$ , 90  $M^2$ , 90  $M_1$  et 90  $M_2$ ) ont été tirées au sort au sein du corpus présenté dans le chapitre 2. Toutes les molaires sélectionnées sont non isolées, c'est-à-dire qu'elles sont encore en connexion anatomique avec leur alvéole. De cette manière l'identification du rang est certaine et connue avant l'analyse, condition nécessaire à l'évaluation de l'efficacité de la méthode.

Les contours des spécimens sont ensuite analysés en suivant la méthodologie présentée dans les chapitres 3 et 4, en appliquant notre méthode de normalisation des coefficients Fourier elliptiques (cf. 3-2-3) : une analyse Procrustes généralisée (GPA; Gower, 1975; Rohlf & Slice, 1990; Mitteroecker & Gunz, 2009) est appliquée sur le jeu de données (tous les spécimens ayant le même nombre de points équidistants positionnés le long de leur contour), puis les coordonnées Procrustes des spécimens sont utilisées comme variables

pour entreprendre les analyses de Fourier elliptiques. Les résultats ont été comparés à quatre autres méthodes d'analyse de contours couramment utilisées :

- NEF : les coefficients de Fourier normalisés selon la méthode de Kuhl & Giardina (1982).
- PROC : La superposition est faite sur les 79 points équidistants définissant le contour de tous les spécimens. Les coordonnées Procrustes sont ensuite directement utilisées pour les analyses statistiques.
- SlidD et SlidBE : Les méthodes de *sliding semilandmarks* avec la procédure de minimisation des distances Procrustes (SlidD), et celle minimisant l'énergie de déformation (SlidBE).

Au niveau des méthodes statistiques, des analyses discriminantes linéaires (LDA) ont été effectuées sur les données de conformation (composantes principales) de chaque méthode (Strauss, 2010). Le pourcentage d'erreur de classification des quatre types de molaires après validation croisée (« *leave one individual out* ») est utilisé comme un indicateur de l'efficacité des méthodes pour l'identification du rang des molaires. Dans un premier temps, une LDA a été appliquée sur la totalité de l'échantillon (90 M<sub>1</sub>, 90 M<sub>2</sub>, 90 M<sup>1</sup>, 90 M<sup>2</sup>) pour chaque méthode afin de déterminer leur capacité respective à identifier le rang des molaires. Dans un second temps, étant donné que l'objectif de cette étude est l'identification du rang des molaires retrouvées isolées, nous avons tiré au sort 120 molaires (30 M<sub>1</sub>, 30 M<sub>2</sub>, 30 M<sup>1</sup>, 30 M<sup>2</sup>) parmi les 360 et les avons considérées artificiellement comme non-identifiées. Les 240 molaires restantes (60 M<sub>1</sub>, 60 M<sub>2</sub>, 60 M<sup>1</sup>, 60 M<sup>2</sup>) sont utilisées comme spécimens de référence pour mener une analyse discriminante linéaire prédictive (PDA) sur les 120 individus « non-déterminés » (Chiari & Claude, 2012).

### 6.3. SYNTHÈSE DES RESULTATS ET DE LA DISCUSSION

La LDA effectuée sur la totalité de l'échantillon fournit des pourcentages d'erreur de classification après validation croisée proches et très faibles pour toutes les méthodes (entre 5% et 6,39% de molaires mal reclassées). La PDA menée uniquement avec la méthode EFAproc fournit également d'excellents résultats puisque 5% des spécimens seulement ont été mal classés. Les résultats démontrent clairement l'efficacité de l'analyse de la conformation de la couronne des molaires pour leur identification anatomique. Il s'agit de la première méthode fiable d'identification anatomique des molaires basée sur des analyses morphométriques. Certaines molaires correctement classées par cette méthode ne l'auraient probablement pas été avec seulement une observation des caractéristiques anatomiques des couronnes. Cependant, l'inverse est également le cas pour quelques molaires. Ces deux méthodes (étude morphométrique de la couronne et observation des traits anatomiques clés) sont donc complémentaires et leur association résulterait probablement en une identification correcte de la quasi-totalité des molaires d'un échantillon. Notre méthode (i) permet l'identification rapide d'un grand nombre de molaires simultanément, (ii) est accessible à des non-spécialistes de l'anatomie des molaires (utile notamment en cas de découverte isolée sur un site archéologique). Le développement de cette méthode aux espèces fossiles du genre *Homo* pourrait permettre l'identification de nombreuses dents fossiles isolées retrouvées en contexte archéologique.

Du point de vue méthodologique des analyses de contours, ce travail a permis la comparaison directe des résultats de plusieurs méthodes. La méthode NEF apparaît comme la moins fiable à cause de sa méthode de normalisation qui manque de correspondance biologique à travers les spécimens. Les autres méthodes fournissent des résultats très proches. Toutefois, les méthodes basées sur les superpositions Procrustes (PROC, SlidD et SlidBE) semblent plus sensibles aux irrégularités de contours (cuspides ou tubercules supplémentaires ou manquants) que la méthode EFAproc. Ceci est probablement dû aux

propriétés des descripteurs de Fourier qui quantifient davantage la conformation globale des molaires que les méthodes basées sur les superpositions Procrustes qui sont probablement plus affectées par des variations locales de conformation. Dans son travail de description et critique des principales méthodes d'analyse de contours, Rohlf (1990) a souligné le côté arbitraire du choix d'une méthode d'analyse de contours plutôt qu'une autre. Ceci explique probablement pourquoi un large éventail de méthodes morphométriques a déjà été appliqué pour l'analyse du contour des dents humaines (e.g. Fourier elliptique : Bailey & Lynch, 2005 ; Fourier radial : Ferrario, 1999, Souday, 2008 ; méthodes de *sliding semilandmarks* : Martínón-Torres et al., 2006 ; Gómez-Robles et al., 2007, 2008 ; analyse des coordonnées de points de contour équiangulaires standardisés : Benazzi et al., 2012). Cette étude comparative permet, nous semble-t-il, de réduire l'incertitude quant aux choix d'une méthode d'analyse de contours pour les molaires humaines. Pour résumer, nous pensons que la méthode EFAproc est la plus pertinente et adaptée pour l'analyse de la couronne des molaires car : (i) la méthode de normalisation utilisée est plus significative d'un point de vue biologique que la méthode NEF, (ii) la méthode EFAproc n'est pas dépendante du positionnement de plusieurs points-repères sur la couronne ce qui est un avantage pour accroître la taille des échantillons car les surfaces occlusales sont souvent émoussées, particulièrement pour les molaires provenant de contexte archéologique, (iii) la méthode EFAproc est moins sensible aux irrégularités anatomiques des couronnes et produit un nombre de variables de conformation réduit par rapport à d'autres méthodes basées sur la superposition Procrustes.

#### 6.4. APPLICATION SUR LES MOLAIRES ISOLEES DE L'ECHANTILLON

L'échantillon comprend au total 191 molaires isolées. Elles ont été identifiées une première fois sur le terrain par la méthode classique d'observation des caractéristiques anatomiques des couronnes. Elles ont ensuite été traitées par la méthode d'identification que nous avons

développée : les 360 molaires non isolées utilisées pour l'évaluation de la fiabilité de la méthode ont été utilisées comme spécimens de référence dans une LDA. Une PDA a ensuite été entreprise avec les 191 molaires isolées.

La représentation graphique de la LDA et de la PDA est présentée dans la Figure 32. Les résultats de la LDA sur les quatre types de molaire sont présentés sous la forme d'ellipses représentant 95% de la variabilité de chaque dent (les scores individuels des 360 spécimens ne sont pas représentés afin de simplifier la représentation graphique). L'axe 1 de la LDA permet de discriminer les molaires inférieures (ellipse dans les valeurs négatives) et les molaires supérieures (ellipse dans les valeurs positives). L'axe 2 discrimine les  $M^1$  (ellipse dans les valeurs négatives) et  $M^2$  (ellipse dans les valeurs positives). L'axe 3 sépare les  $M_1$  (ellipse dans les valeurs positives) et  $M_2$  (ellipse dans les valeurs négatives). Les individus représentés sur le graphe sont uniquement les 191 molaires isolées. Etant donné le fort pourcentage de variance représenté sur chaque plan (Axe1/2, Axe1/3), les molaires supérieures isolées correctement attribuées se situent généralement à l'intérieur des ellipses du plan défini par les axes 1/2 et les molaires inférieures isolées correctement attribuées devraient se situer à l'intérieur des ellipses du plan défini par les axes 1/3.

Les résultats définitifs de l'identification de chaque molaire selon les deux méthodes (observation et étude morphométrique) sont présentés dans le Tableau 7. Au total, le rang de 13 molaires a été identifié différemment selon la méthode utilisée. Ce nombre peut paraître faible mais en réalité le rang de plus de la moitié des molaires n'était pas déterminé avec certitude lors de la première identification visuelle. La double identification permet de les déterminer avec une quasi-certitude. Le traitement des 13 molaires restantes a été fait au cas par cas en prenant en compte l'estimation de la sûreté de l'identification visuelle sur le terrain (annotée sur le terrain au moment de l'acquisition des données), des éventuelles caractéristiques anatomiques et d'usure pouvant avoir biaisé l'identification

morphométrique (cuspides et tubercules supplémentaires ou absents, usure interproximale importante).

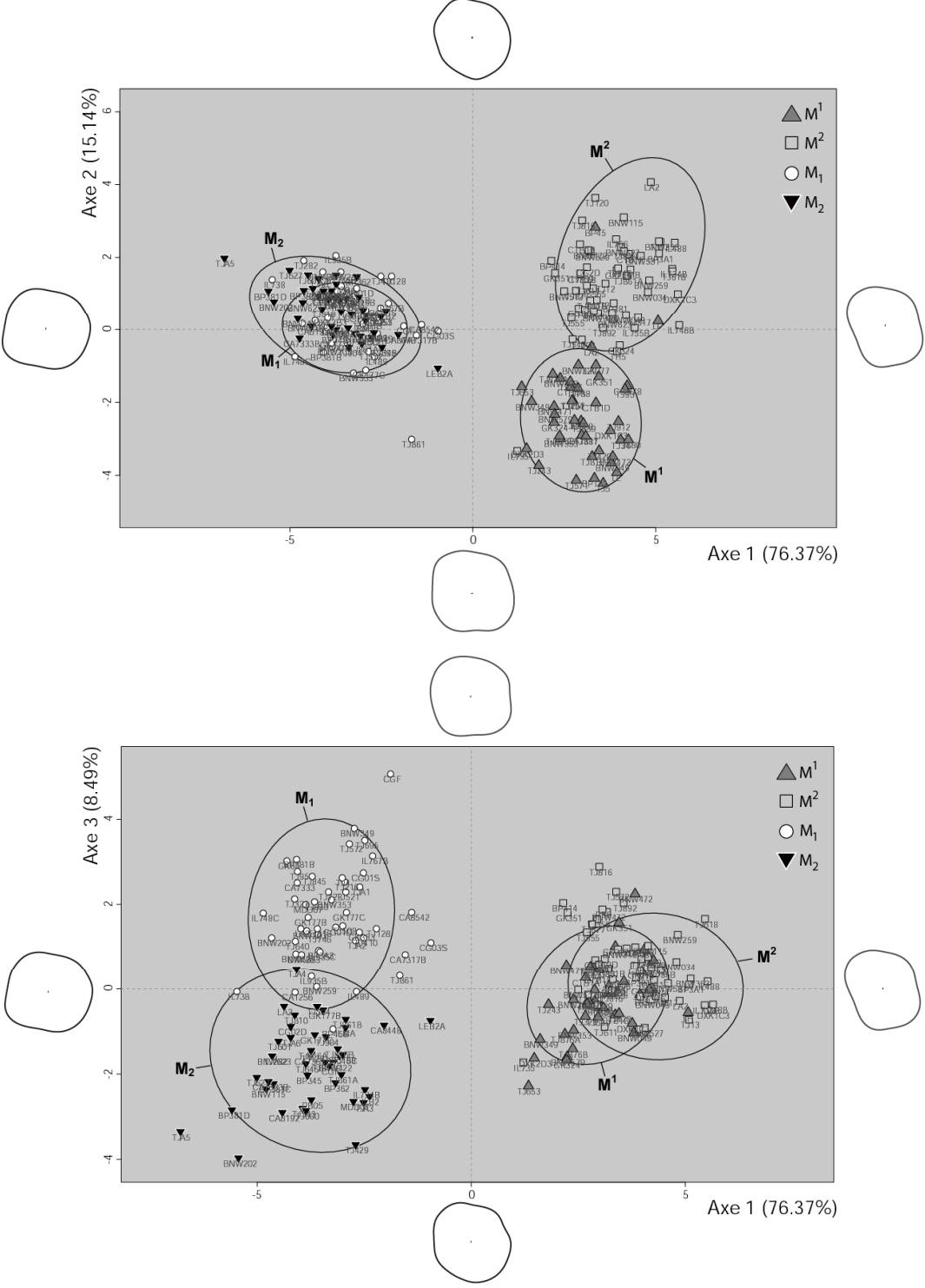


Figure 32 : Représentation graphique des résultats de la LDA et de la PDA menées respectivement sur 360 et 191 spécimens pour l'axe 1 et 2 (en haut) et l'axe 1 et 3 (en bas). Les ellipses représentent 95% de la variabilité de chaque type de dent (spécimens non isolés). Les individus représentés sur le graphe sont uniquement les 191 molaires isolées.



Noms	Id. visu	Id. m.	Noms	Id. visu	Id. m.	Noms	Id. visu	Id. m.
BNW202	M1INF	M1INF	DXK1C3	M1SUP	M1SUP	TJ816C	M2INF	M2INF
BNW203	M1INF	M1INF	DXK2D3	M1SUP	M1SUP	TJ861A	M2INF	M2INF
BNW259	M1INF	M2INF	GK277	M1SUP	M1SUP	TJ861B	M2INF	M2INF
BNW349	M1INF	M1INF	GK324	M1SUP	M1SUP	TJ904	M2INF	M2INF
BNW353	M1INF	M1INF	GK351	M1SUP	M1SUP	TJA3	M2INF	M2INF
BNW387	M1INF	M1INF	LA2	M1SUP	M1SUP	TJA4	M2INF	M1INF
BP381B	M1INF	M1INF	LL	M1SUP	M1SUP	TJA5	M2INF	M2INF
BP3A3	M1INF	M1INF	LP	M1SUP	M2SUP	TJA6	M2INF	M2INF
BP45B	M1INF	M2INF	TJ243	M1SUP	M1SUP	BNW034	M2SUP	M2SUP
CA1256	M1INF	M2INF	TJ257	M1SUP	M1SUP	BNW049	M2SUP	M2SUP
CA7317B	M1INF	M1INF	TJ326	M1SUP	M1SUP	BNW115	M2SUP	M2SUP
CA7333	M1INF	M1INF	TJ34	M1SUP	M1SUP	BNW259	M2SUP	M2SUP
CA8542	M1INF	M1INF	TJ420	M1SUP	M1SUP	BNW329	M2SUP	M2SUP
CG01D	M1INF	M1INF	TJ494	M1SUP	M1SUP	BNW349	M2SUP	M2SUP
CG01S	M1INF	M1INF	TJ5	M1SUP	M1SUP	BNW353	M2SUP	M2SUP
CG03S	M1INF	M1INF	TJ571	M1SUP	M1SUP	BNW472	M2SUP	M2SUP
CGF	M1INF	M1INF	TJ599	M1SUP	M1SUP	BNW512	M2SUP	M2SUP
DXK2B3	M1INF	M1INF	TJ653	M1SUP	M1SUP	BNW527	M2SUP	M2SUP
GK177B	M1INF	M1INF	TJ680	M1SUP	M1SUP	BNW531	M2SUP	M2SUP
GK177C	M1INF	M1INF	TJ788	M1SUP	M1SUP	BNW623	M2SUP	M2SUP
GK353	M1INF	M1INF	TJ816	M1SUP	M1SUP	BP381	M2SUP	M2SUP
GK85	M1INF	M1INF	TJ839	M1SUP	M1SUP	BP3A1	M2SUP	M2SUP
IL489	M1INF	M1INF	TJ861	M1SUP	M1SUP	BP414	M2SUP	M2SUP
IL738	M1INF	M2INF	TJ876A	M1SUP	M1SUP	CG2D	M2SUP	M2SUP
IL748C	M1INF	M1INF	TJ876B	M1SUP	M1SUP	CGBB	M2SUP	M2SUP
IL767B	M1INF	M1INF	TJ881	M1SUP	M1SUP	CTB1E	M2SUP	M2SUP
IL935B	M1INF	M1INF	TJ912	M1SUP	M1SUP	CTB1F	M2SUP	M2SUP
IL935C	M1INF	M1INF	TJ93	M1SUP	M1SUP	CYB1B	M2SUP	M2SUP
LA2	M1INF	M1INF	BNW115	M2INF	M2INF	DXK1C3	M2SUP	M2SUP
MDD07	M1INF	M1INF	BNW202	M2INF	M2INF	GK215	M2SUP	M2SUP
TJ128	M1INF	M1INF	BNW422	M2INF	M2INF	GK324	M2SUP	M1SUP
TJ216	M1INF	M1INF	BNW623	M2INF	M2INF	GK351	M2SUP	M2SUP
TJ282	M1INF	M2INF	BP045C	M2INF	M2INF	GN	M2SUP	M2SUP
TJ327	M1INF	M1INF	BP345	M2INF	M2INF	IL488	M2SUP	M2SUP
TJ4	M1INF	M1INF	BP362	M2INF	M2INF	IL734B	M2SUP	M2SUP
TJ410	M1INF	M1INF	BP381C	M2INF	M2INF	IL735	M2SUP	M1SUP
TJ508	M1INF	M1INF	BP381D	M2INF	M2INF	IL748B	M2SUP	M2SUP
TJ521	M1INF	M1INF	CA7333B	M2INF	M2INF	IL755B	M2SUP	M2SUP
TJ572	M1INF	M1INF	CA7365B	M2INF	M2INF	IL766	M2SUP	M2SUP
TJ640	M1INF	M1INF	CA8192	M2INF	M2INF	LA2	M2SUP	M2SUP
TJ695	M1INF	M1INF	CA8448	M2INF	M2INF	LMB	M2SUP	M2SUP
TJ728	M1INF	M1INF	CG02D	M2INF	M2INF	PB5	M2SUP	M2SUP
TJ746	M1INF	M1INF	CGF	M2INF	M2INF	TH5	M2SUP	M1SUP
TJ816	M1INF	M1INF	GK177B	M2INF	M2INF	TJ12	M2SUP	M2SUP
TJ839	M1INF	M1INF	GK177C	M2INF	M2INF	TJ120	M2SUP	M2SUP
TJ845	M1INF	M1INF	IL734B	M2INF	M2INF	TJ13	M2SUP	M2SUP
TJ861	M1INF	M1INF	ILB2	M2INF	M2INF	TJ200	M2SUP	M1SUP
TJ95	M1INF	M1INF	LA2	M2INF	M2INF	TJ248	M2SUP	M2SUP
TJA1	M1INF	M1INF	LEB2A	M2INF	M2INF	TJ317	M2SUP	M2SUP
TJA2	M1INF	M1INF	LMA	M2INF	M2INF	TJ359	M2SUP	M2SUP
BNW049	M1SUP	M1SUP	MDD07	M2INF	M2INF	TJ540	M2SUP	M1SUP
BNW202	M1SUP	M1SUP	PB05	M2INF	M2INF	TJ555	M2SUP	M2SUP
BNW329	M1SUP	M1SUP	TJ128	M2INF	M2INF	TJ565	M2SUP	M2SUP

BNW349	M1SUP	M1SUP	TJ189	M2INF	M2INF	TJ572	M2SUP	M2SUP
BNW353	M1SUP	M1SUP	TJ304	M2INF	M2INF	TJ611	M2SUP	M2SUP
BNW471	M1SUP	M1SUP	TJ429	M2INF	M2INF	TJ618	M2SUP	M2SUP
BNW472	M1SUP	M1SUP	TJ543	M2INF	M2INF	TJ636	M2SUP	M2SUP
BNW579	M1SUP	M1SUP	TJ600	M2INF	M2INF	TJ816	M2SUP	M2SUP
BP131	M1SUP	M1SUP	TJ601	M2INF	M2INF	TJ839	M2SUP	M2SUP
BP45	M1SUP	M2SUP	TJ627	M2INF	M2INF	TJ861A	M2SUP	M2SUP
CA7317	M1SUP	M1SUP	TJ645	M2INF	M2INF	TJ861B	M2SUP	M2SUP
CCN78	M1SUP	M1SUP	TJ810	M2INF	M2INF	TJ877	M2SUP	M2SUP
CTB1A	M1SUP	M1SUP	TJ816A	M2INF	M2INF	TJ892	M2SUP	M2SUP
CTB1D	M1SUP	M1SUP	TJ816B	M2INF	M2INF			

**Tableau 7 : Identification anatomique des molaires isolées de l'échantillon. Les individus en gris sont ceux dont l'attribution n'est pas la même selon la méthode d'identification utilisée (observation ou étude morphométrique). Les molaires encadrées désignent le choix final pour l'identification. Si rien n'est précisé (=pas encadré), le rang n'a pas pu être déterminé (Id.visu : identification visuelle ; Id.m : Identification morphométrique).**

# **PARTIE III**

---

## **RESULTATS**



# 7. TAILLE ET CONFORMATION DES PREMIERES MOLAIRES SUPERIEURES DEFINITIVES

---

## 7.1. TRAITEMENT DE LA CUSPIDE DE CARABELLI

La cuspide de Carabelli est fréquemment présente à un stade variable de développement sur les  $M^1$  définitives et peut avoir une influence considérable sur la conformation des couronnes. Dans ce travail, la présence de  $M^1$  possédant une cuspide de Carabelli très développée pourrait éventuellement biaiser l'analyse comparative de la conformation des molaires avec quelques spécimens sortant complètement de la variabilité « normale » de la majorité des  $M^1$ . Il est donc nécessaire de retirer les spécimens possédant une cuspide de Carabelli dont le développement influence la conformation de façon excessive. Pour réaliser cela, tout d'abord, le stade de développement de la cuspide de Carabelli pour chaque  $M^1$  a été codé de 0 à 4 (0, aucune trace d'une cuspide de Carabelli ; 4, cuspide de Carabelli de dimensions au moins égales aux autres cuspides de la couronne). Une NPMANOVA a ensuite été conduite pour la totalité de l'échantillon sur les variables de conformation (variables dépendantes) et sur la variable comportant les stades de développement de la cuspide de Carabelli (variable indépendante). Si l'hypothèse nulle d'absence d'effet significatif de la cuspide de Carabelli sur la conformation des couronnes de la totalité de l'échantillon est rejetée, une nouvelle NPMANOVA est entreprise en retirant les spécimens ayant le stade de développement de la cuspide de Carabelli le plus élevé. L'opération est répétée jusqu'à obtenir un test NPMANOVA non significatif.

Les NPMANOVA étant significatives sur les échantillons contenant des cuspides de Carabelli codées de 0 à 4 (Tableau 8) et de 0 à 3 (Tableau 9), nous n'avons finalement gardé que les

M<sup>1</sup> codées de 0 à 2 (Tableau 10). Le retrait des spécimens codés 3 et 4 correspond à 30 individus.

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	4	0,02996	0,0074901	4,1525	0,03678	*
Résiduels	435	0,78462	0,0018037		0,96322	
Total	439	0,81458			1,00000	

**Tableau 8 : NPMANOVA réalisée sur les individus dont la cuspidé de Carabelli est codée de 0 à 4.**

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	3	0,0130	0,0043333	2,4117	0,01655	*
Résiduels	430	0,7726	0,0017968		0,98345	
Total	433	0,7856			1,00000	

**Tableau 9 : NPMANOVA réalisée sur les individus dont la cuspidé de Carabelli est codée de 0 à 3.**

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	2	0,00487	0,0024356	1,361	0,00664	ns
Résiduels	407	0,72837	0,0017896		0,99336	
Total	409	0,73325			1,00000	

**Tableau 10 : NPMANOVA réalisée sur les individus dont la cuspidé de Carabelli est codée de 0 à 2.**

## 7.2. ANALYSE DE LA TAILLE

Le diagramme en boîte à moustaches (Figure 33) indique que les molaires des individus récents d’Australie et des spécimens du Prénéolithique en Asie du Sud-Est insulaire ont une plus grande taille que les molaires des autres groupes. Les tailles des molaires récentes mélanésiennes, des deux groupes archéologiques préneolithiques d’Asie du Sud-Est continentale et de l’Age des Métaux en Thaïlande, sont proches (entre elles) et assez nettement inférieures aux dimensions des molaires australiennes. Les tailles des molaires des autres groupes sont nettement inférieures, particulièrement pour les individus récents de Chine et du Vietnam, les Négritos et les spécimens de l’Age des Métaux du Vietnam.

La condition d'homogénéité des variances (de la variable de taille) et de normalité de la distribution étant respectées (Shapiro-Wilk :  $W=0,9961$   $p=ns$  ; Bartlett :  $K\text{-squared}=11,2188$   $ddl=16$   $p=ns$ ), la comparaison de la taille des molaires a été effectuée par un test ANOVA (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs). Ce dernier rejette l'hypothèse nulle d'égalité de la taille des molaires ( $F=8.556$  ;  $ddl=16$  ;  $p=*$ ).

Un test de HSD Tukey a donc été appliqué pour détecter quels sont les groupes dont la taille diffère significativement (cf. Tableau 2 Annexe 1). D'après les résultats du test HSD Tukey, les différences de taille concernent essentiellement trois groupes : (i) La taille des molaires des Australiens est significativement différente de tous les groupes excepté les trois groupes constitués d'individus préneolithiques (« Pléisto. Sup./Déb. Holocene Asie du Sud-Est cont. », « Milieu Holocene Asie du Sud-Est cont. » et « Préneo. Asie du Sud-Est insulaire ») ainsi que

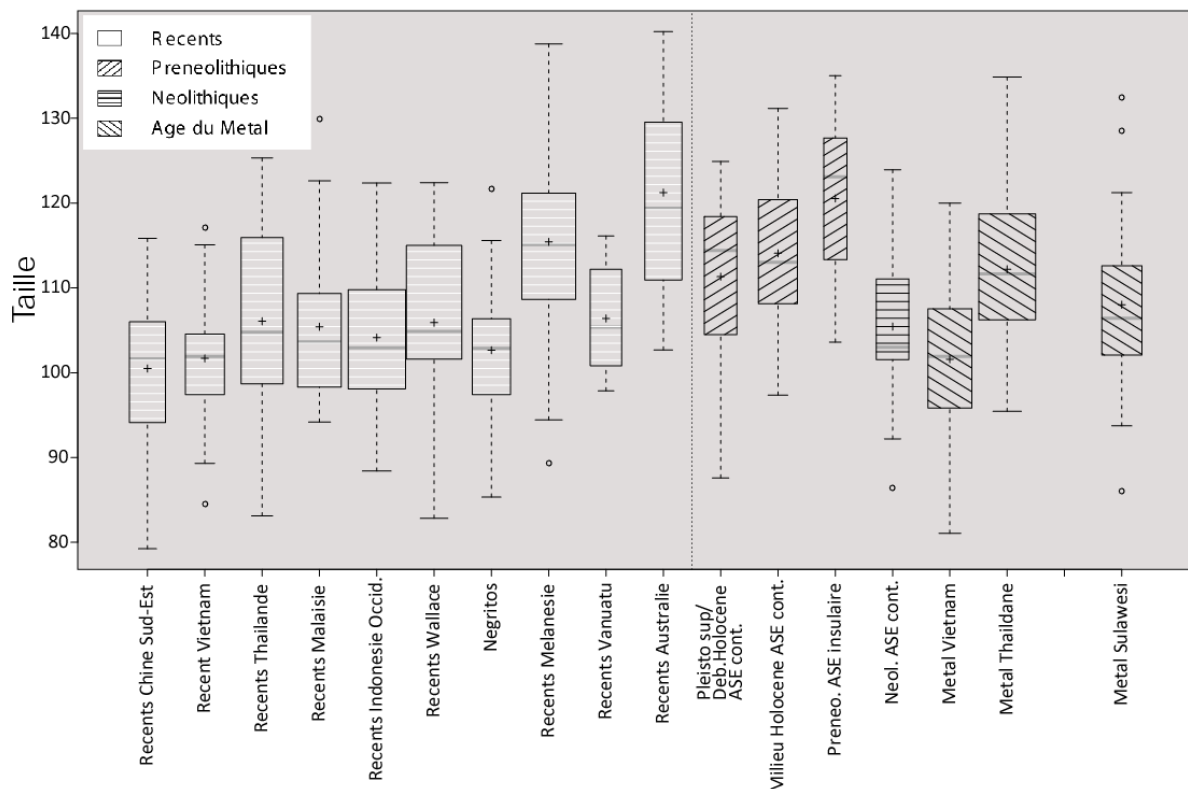


Figure 33 : Diagramme en boîte à moustaches de la taille de la couronne des molaires selon le facteur « chrono-géographique 1 ». Les croix indiquent les moyennes des groupes. (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs)

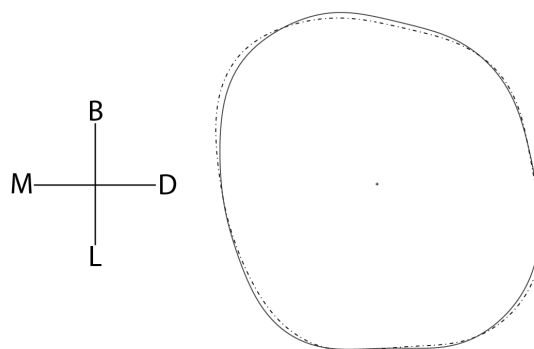
les Mélanésiens et Thaïlandais récents. (ii) La taille des molaires des Mélanésiens est significativement différente de tous les groupes d'individus récents asiatiques ainsi que ceux de l'Age des Métaux du Vietnam. (iii) La taille des spécimens préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire est significativement différente de tous les individus récents d'Asie (Négritos inclus) sauf ceux provenant de la zone de Wallace. A noter également que les tailles des groupes « Métal Thaïlande » et « Milieu Holocène Asie du Sud-Est cont. » diffèrent significativement des individus récents du Vietnam, de l'Age des Métaux du Vietnam, des Négritos, des molaires récentes de Chine du Sud-Est et d'Indonésie occidentale.

### 7.3. ANALYSE DE LA CONFORMATION

#### 7.3.1. Description des allométries

Une série de régressions linéaires a été menée sur les 25 premières composantes principales (CP) et la variable taille pour la totalité de l'échantillon (25CP=99,9% de la variance). La taille a un effet significatif sur les CP 1, 4, 6, 9 et 25 (*cf.* Tableau 6 Annexe 1 pour résultats des régressions linéaires). Cependant, les valeurs très modérées des coefficients de régression et de détermination indiquent que l'effet de taille est très faible sur la conformation. Une régression linéaire multivariée des variables de conformation sur la variable taille a permis de visualiser les effets allométriques sur les couronnes (Figure 34) : le rapport diamètre mésio-distal/bucco-lingual semble être très légèrement inférieur pour les molaires de petites tailles. Ces dernières montrent également un allongement de la diagonale mésio-buccale/disto-linguale.



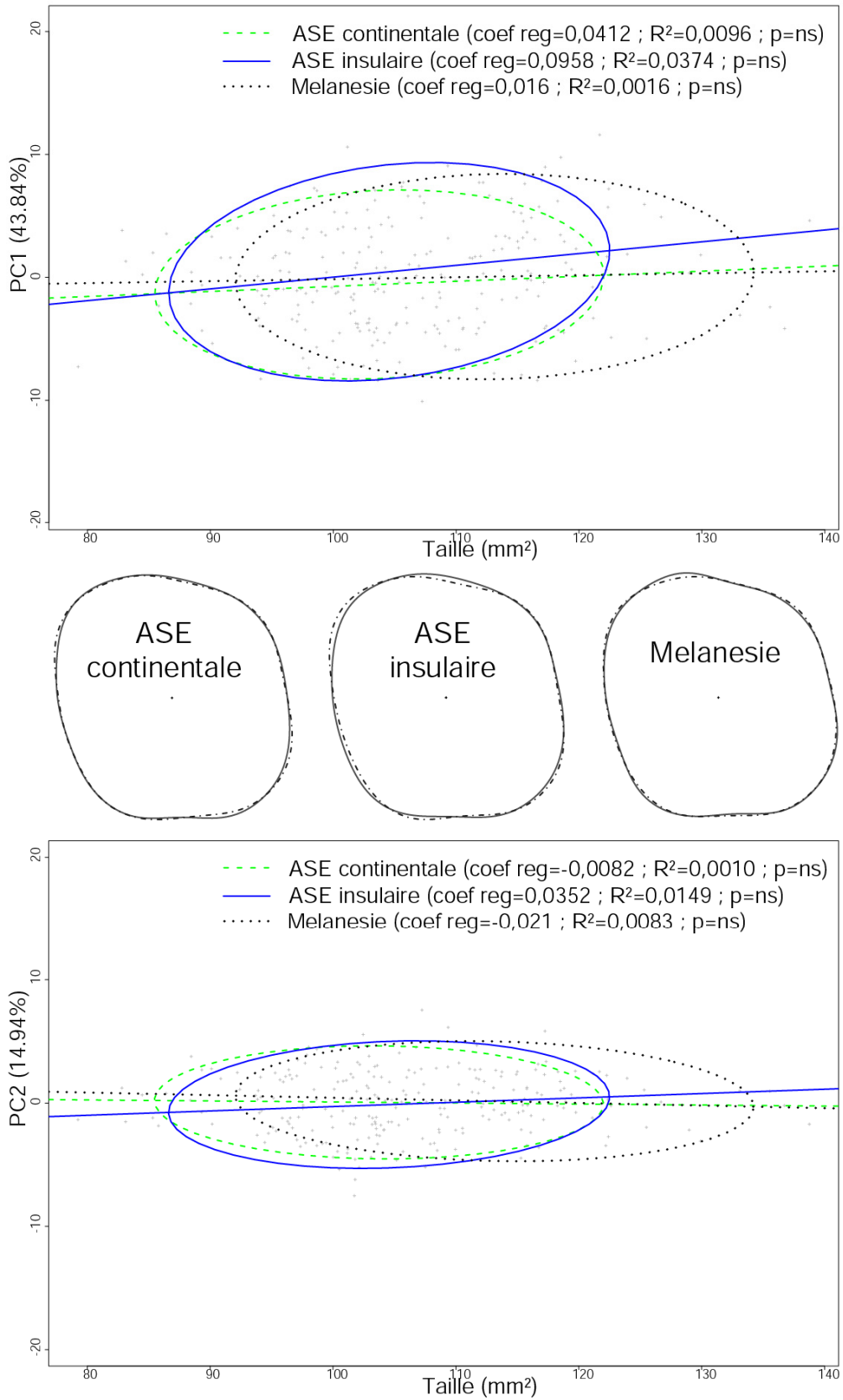


**Figure 34 : Visualisation des effets allométriques sur les couronnes par régression linéaire multivariée des variables de conformation sur la variable taille<sup>24</sup>. (B, D, L, M : faces buccale, distale, linguale, mésiale ; ligne continue = couronne de grande taille, ligne en pointillé = couronne de petite taille)**

Une MANCOVA et une régression linéaire ont été menées sur deux sous-échantillons afin de tester l'influence des facteurs géographiques et chrono-culturels sur les allométries (cf. 5-1-1-2) :

La MANCOVA conduite sur la conformation et la taille des individus du sous-échantillon géographique est significative ainsi que l'interaction des facteurs (Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire et Mélanésie), ce qui signifie que l'effet de taille sur la conformation est sensible à un facteur géographique (Tableau 11). Les régressions linéaires menées sur chaque groupe du sous-échantillon géographique pour les CP1 et 2 ne sont pas significatives et leur coefficient de régression et de détermination sont faibles, même si l'influence de la taille sur la conformation est plus importante pour les spécimens d'Asie du Sud-Est insulaire (Figure 35; cf. Tableau 11 Annexe 1 pour résultats des régressions linéaires des CP1 et 2 sur la totalité du sous-échantillon géographique). Les régressions linéaires multivariées des variables de conformation sur la taille pour les individus d'Asie du Sud-Est insulaire indiquent des tendances équivalentes à celles précédemment décrites sur la totalité de l'échantillon (Figure 35). Pour les spécimens d'Asie du Sud-Est continentale et de Mélanésie, l'effet de taille sur la conformation est très faible.

<sup>24</sup> Dans ce travail, toutes les représentations de contours de molaires seront en vue occlusale et orientées exactement de la même manière : face buccale vers le haut, face mésiale vers la gauche.



**Figure 35 : Pentes allométriques pour les groupes du sous-échantillon géographique et visualisation de l'effet de taille sur la conformation des couronnes de chaque groupe. Les ellipses représentent 95% de la variabilité des individus de chaque groupe.**

	ddl	Pillai	F	ddl num	ddl den	p
Tailles	1	0.30980	2.1658	40	193	*
Groupes	1	0.44284	1.3793	80	388	*
Tailles:Groupes	2	0.43438	1.3456	80	388	*
Residuels	232					

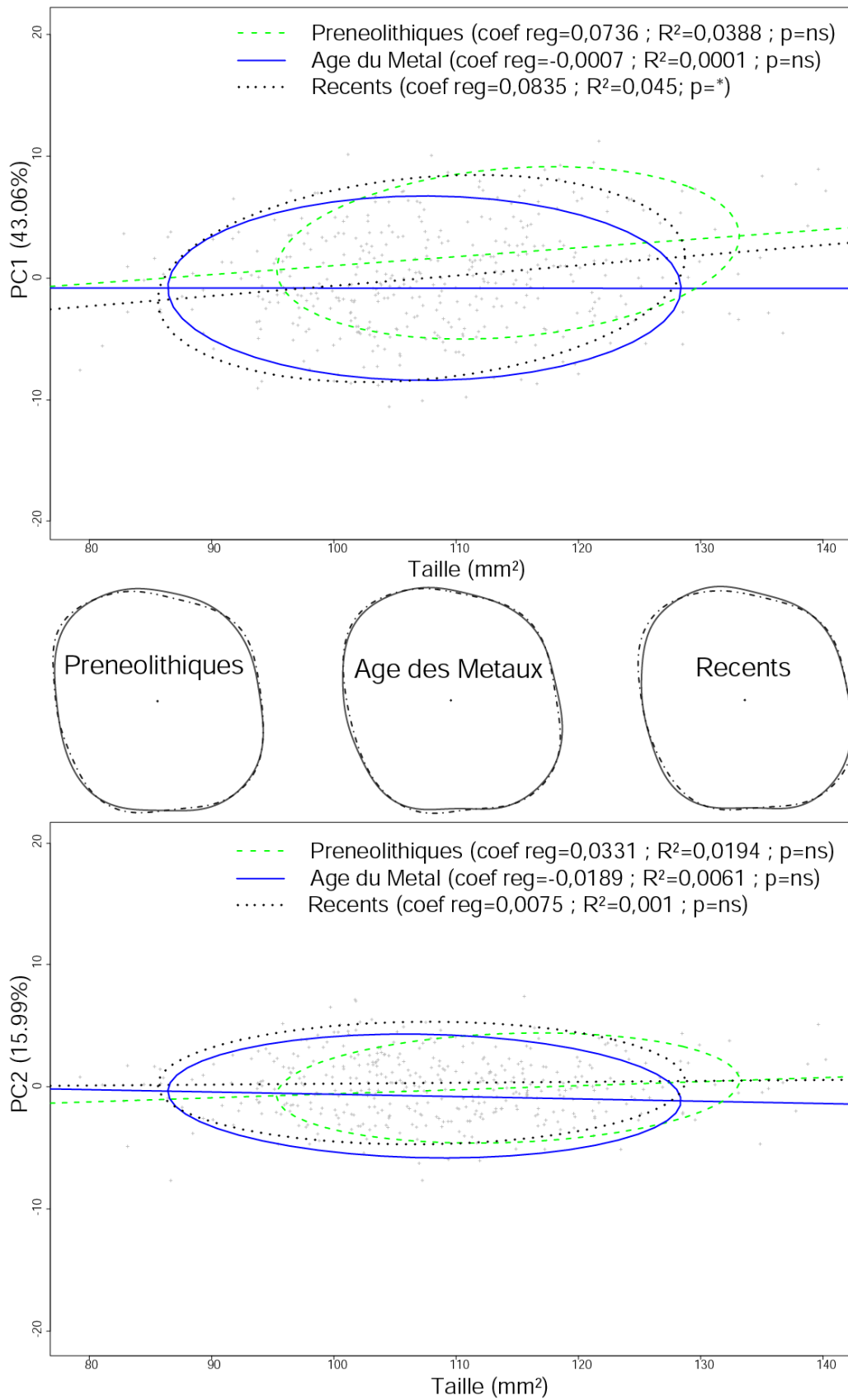
**Tableau 11 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon géographique. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs)**

La MANCOVA conduite sur la conformation et la taille des individus du sous-échantillon chrono-culturel est significative mais l'interaction des facteurs (Prénéolithiques, Age des Métaux, Récents) ne l'est pas, ce qui signifie que l'effet de taille sur la conformation ne semble pas influencé par un facteur chrono-culturel (Tableau 12). Seule la régression linéaire menée sur le groupe « Récents » de la CP1 est significative (Figure 36). Les coefficients de régression et de détermination sont très faibles pour chaque groupe (Figure 36; cf. Tableau 12 Annexe 1 pour résultats des régressions linéaires des CP1 et 2 sur la totalité du sous-échantillon chrono-culturel). A noter tout de même que les droites de régression des individus de l'Age des Métaux pour les CP1 et 2 sont négatives. Les régressions linéaires multivariées des variables de conformation sur la taille pour les individus préneolithiques et récents indiquent globalement les mêmes tendances que celles précédemment décrites pour la totalité de l'échantillon et le sous-échantillon géographique. Pour les spécimens de l'Age des Métaux, l'effet de taille des molaires semble correspondre davantage à un léger allongement du diamètre mésio-distal pour les molaires de grandes dimensions (Figure 36).

	ddl	Pillai	F	ddl num	ddl den	p
Tailles	1	0.26123	3.0587	40	346	*
Groupes	2	0.33246	1.7295	80	694	*
Tailles:Groupes	2	0.21442	1.0417	80	694	ns
Residuels	385					

**Tableau 12 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon chronologique. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs)**

Les effets allométriques (directions et amplitudes) sont globalement très faibles pour les sous-échantillons chronologiques ou géographiques (même si on peut signaler tout de même un effet de taille plus prononcé sur les molaires d'Asie du Sud-Est insulaire). Les



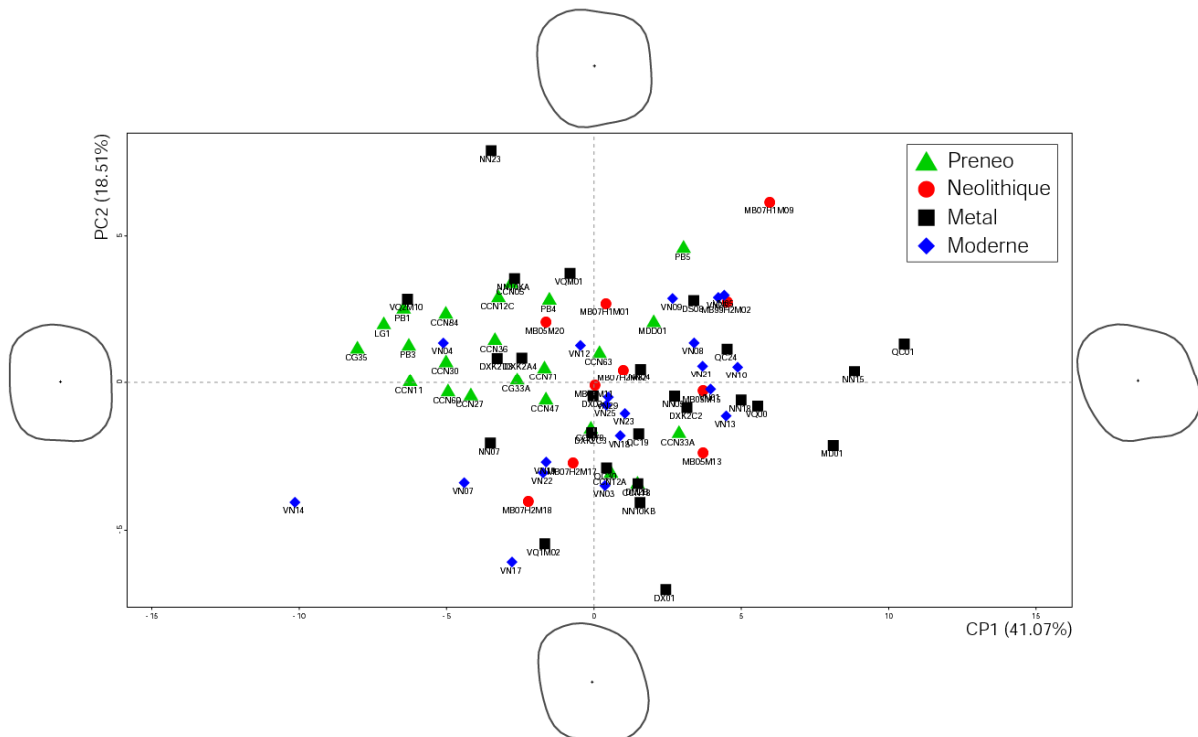
**Figure 36 : Pentas allométriques pour les groupes du sous-échantillon chronologique et visualisation de l'effet de taille sur la conformation des couronnes de chaque groupe. Les ellipses représentent 95% de la variabilité des individus de chaque groupe.**

allométries n'apparaissent donc pas comme un obstacle pour l'analyse de la variabilité morphologique des M<sup>1</sup> des *Homo sapiens* d'Asie du Sud-Est.

### 7.3.2. Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est continentale

#### 7.3.2.1. Nord du Vietnam

Une ACP a été conduite sur la partie de l'échantillon provenant du Vietnam (Figure 37). La variabilité de conformation représentée par les individus extrêmes de la CP1 (41,07% de la variance totale) correspond du côté négatif à des couronnes globalement rectangulaires et dont le diamètre bucco-lingual est nettement inférieur au diamètre mésio-distal. Du côté positif, la diagonale mésio-buccale/disto-linguale est très développée (avec un paracone particulièrement prononcé) par rapport aux couronnes présentes dans les valeurs négatives. Les molaires préneolithiques ont clairement tendance à se trouver dans les valeurs négatives



**Figure 37 : ACP sur les données de conformation des individus provenant du Vietnam. Projection des individus sur les CP1 (41,07%) et 2 (18,51%).**

de la CP1. Les individus récents et ceux de l'Age des Métaux sont très variables le long de la CP1. La conformation dans les valeurs extrêmes négatives de la CP2 (18,51% de la variance totale) se caractérise par une diagonale mésio-buccale/disto-linguale assez développée (avec un hypocone particulièrement prononcé) et un diamètre mésio-distal nettement inférieur au diamètre bucco-lingual. Les couronnes distribuées dans les valeurs positives de la CP2 sont plus allongées mésio-distalement que les molaires localisées dans la partie négative de la CP2 et possèdent un métacone et surtout un protocone nettement plus développés. Les molaires préneolithiques ont tendance à se trouver dans la moitié positive de la CP2 alors que celles des autres groupes sont très variables le long de cette composante.

Une MANOVA non-paramétrique (NPMANOVA) indique des différences significatives de conformation entre les quatre groupes chrono-culturels (individus préneolithiques, néolithiques, de l'Age des Métaux et récents ; Tableau 13). La répartition des individus le long du premier axe de la LDA, représentant 66,2% de la variance totale, est caractérisée principalement par les individus récents situés dans la partie négative et les spécimens préneolithiques localisés du côté positif (Figure 38). Les changements de conformation associés au premier axe correspondent dans les valeurs extrêmes positives à des couronnes plus allongées au niveau de leur diamètre mésio-distal avec un protocone plus développé. Tous les spécimens néolithiques et la plupart de ceux de l'Age des Métaux sont situés du côté positif de l'axe 2 (29,98% de la variance totale), ce qui correspond à des couronnes relativement carrées.

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	3	316,65	105,549	2,8633	0,10401	*
Résiduels	74	2727,82	36,862		0,89599	
Total	77	3044,47			1,00000	

**Tableau 13 : NPMANOVA réalisée sur l'échantillon provenant du Vietnam avec des groupes définis selon un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 13 Annexe 1 pour les effectifs)**

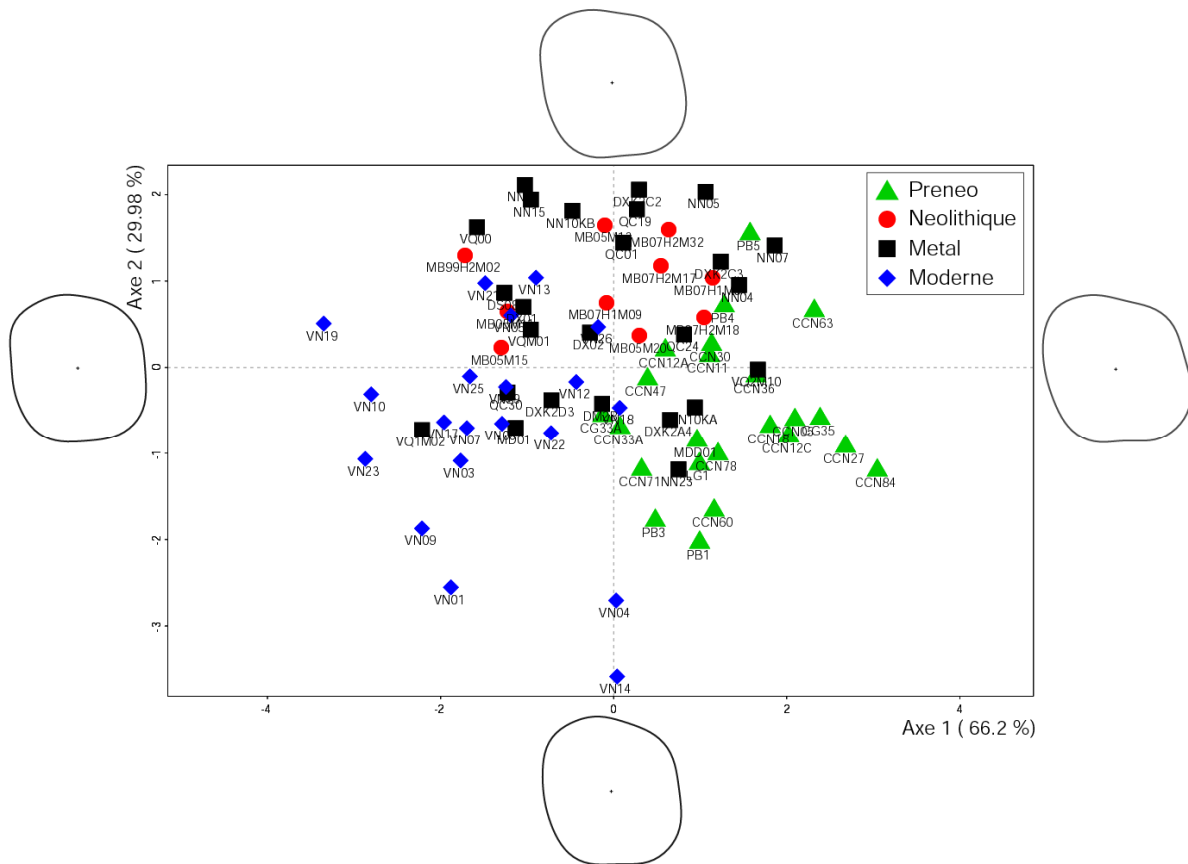


Figure 38 : LDA de l'échantillon provenant du Vietnam selon un facteur chronologique. Projection des individus sur les axes 1 (66,2%) et 2 (29,98%).

### 7.3.2.2. Le site de Ban Non Wat

Une ACP a été menée sur les spécimens de Ban Non Wat en mettant en valeur graphiquement quatre groupes : trois sont strictement basés sur des critères chronologiques avec des individus appartenant au Néolithique, à l'Age du Bronze ou à l'Age du Fer. Le quatrième groupe est composé de deux individus mis au jour en position fléchie et dont la chronologie pose problème (cf. 2-3-3). Concernant les trois groupes définis à partir de critères chronologiques, la répartition des individus sur les différents plans de l'ACP ne présente pas de regroupements ou tendances très marqués (Figure 39). On peut signaler tout de même que les individus de l'Age du Bronze se concentrent tous dans les parties positive et faiblement négative de la CP2 (14,32% de la variance totale) et ont tendance à se trouver dans la partie négative de la CP3 (11,77% de la variance totale). Il est intéressant de noter qu'un des deux individus retrouvés en position fléchie (BNW 634) constitue la valeur

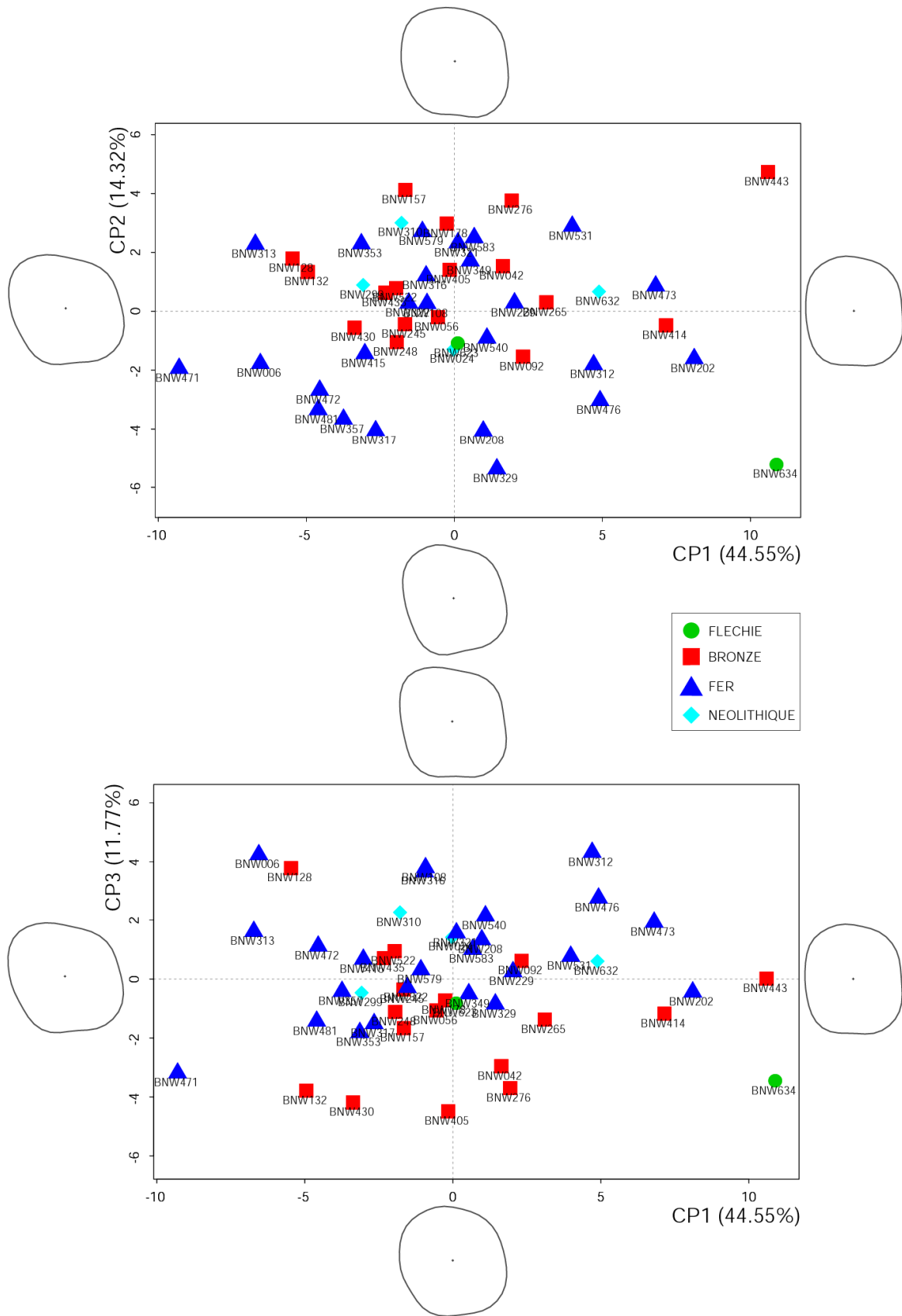


Figure 39 : ACP sur les données de conformation des individus provenant du site de Ban Non Wat (Thaïlande). En haut, projection des individus sur les CP1 (44,55%) et 2 (14,32%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (11,77%).



extrême positive de la CP1 (44,55% de la variance totale) et se situe dans les valeurs négatives extrêmes des CP2 et 3. La conformation de cet individu est caractérisée par un diamètre mésio-distal nettement inférieur au diamètre bucco-lingual avec notamment un protocone fortement développé, surtout dans sa partie linguale, et un hypocone peu prononcé.

### 7.3.2.3. Malaisie péninsulaire

L'échantillon archéologique de Malaisie péninsulaire est uniquement représenté par les individus de Guar Kepah. Les molaires du site de Guar Kepah ont tendance à se trouver du côté négatif de la CP1 et positif de la CP2. Les variations de conformation de long de la CP1 (51,72% de la variance totale ; Figure 40) suivent les mêmes tendances que pour l'ACP

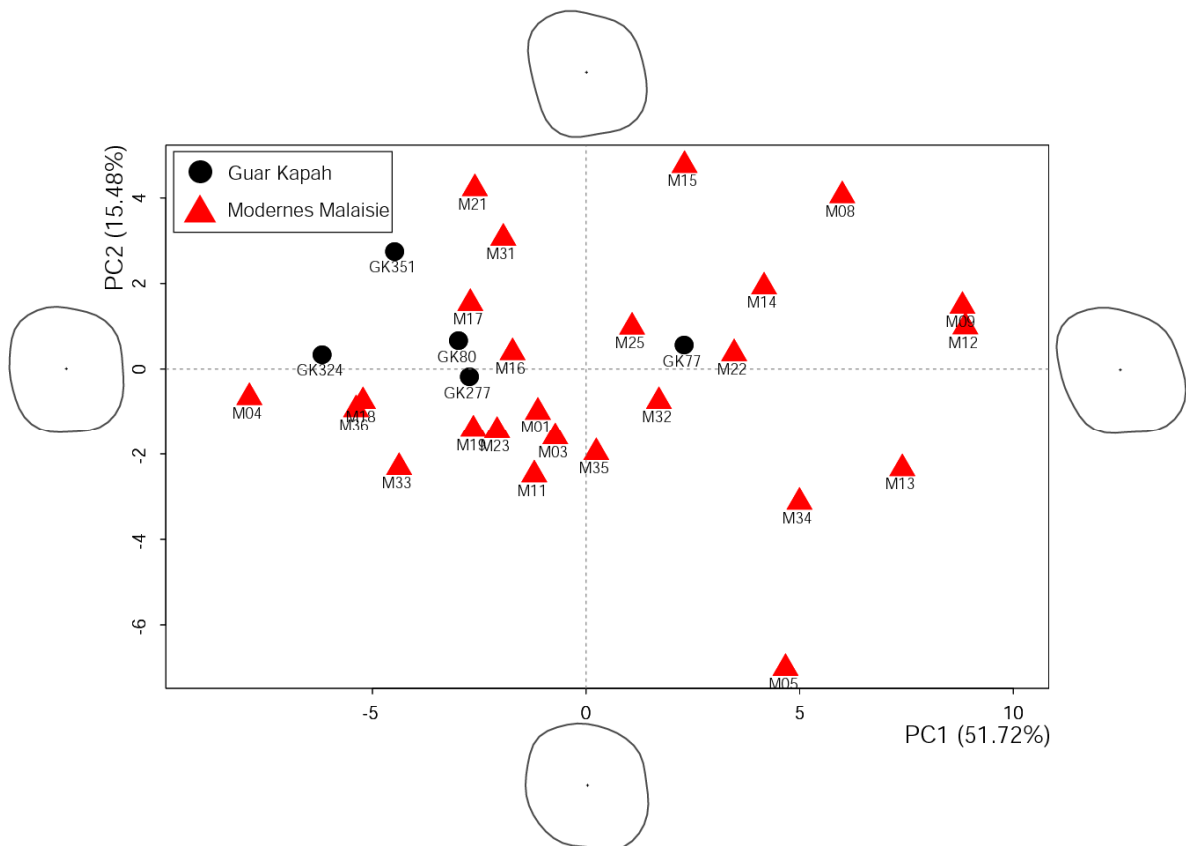


Figure 40 : ACP sur les données de conformation des individus provenant de Malaisie péninsulaire. Projection des individus sur les CP1 (51,72%) et 2 (15,48%).

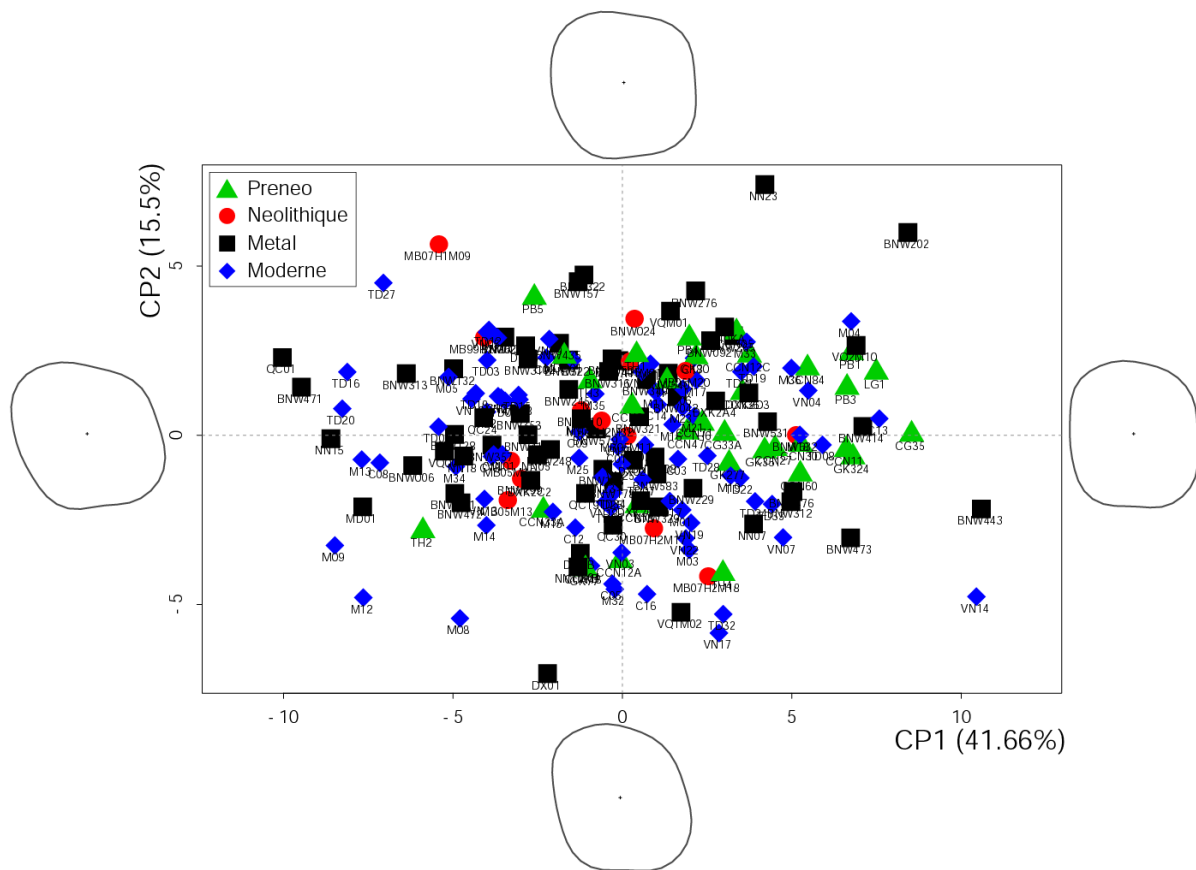


Figure 41 : ACP sur les données de conformation des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (41,66%) et 2 (15,5%).

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	3	353,2	117,724	3,1769	0,04637	*
Résiduels	196	7263,0	37,056		0,95363	
Total	199	7616,1			1,00000	

Tableau 14 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale selon des groupes définis par un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 14 Annexe 1 pour les effectifs)

menée sur les individus du Vietnam (Figure 37). La CP2 (15,48% de la variance totale) est caractérisée dans les valeurs extrêmes négatives par des couronnes allongées mésio-distalement et possédant un hypocone très développé accentuant ainsi les dimensions bucco-linguales dans la moitié distale de la couronne. Les molaires situées dans les valeurs positives de la CP2 sont dotées d'un paracone et surtout d'un protocone très développés ayant pour conséquence un allongement du diamètre bucco-lingual dans la moitié mésiale.

#### 7.3.2.4. Totalité de l'Asie du Sud-Est continentale

Une ACP a d'abord été conduite sur la totalité de l'échantillon provenant d'Asie du Sud-Est continentale en mettant en valeur graphiquement les groupes chrono-culturels précédemment analysés : Prénéolithique, Néolithique, Age des Métaux et individus récents. Globalement, la répartition des individus au sein des groupes chrono-culturels suit les mêmes tendances le long des CP que pour l'ACP menée seulement sur les individus du Nord Vietnam (Figure 41).

Une NPMANOVA menée sur les mêmes groupes chrono-culturels est significative (Tableau 14). Le long de l'axe 1 (47,27% de la variance totale) de la LDA, les individus préneolithiques et néolithiques ont clairement tendance à être répartis dans la moitié positive caractérisée par des couronnes plutôt rectangulaires (Figure 42). Les spécimens néolithiques se situent du côté positif de l'axe 2 (27,63% de la variance) et davantage dans les valeurs négatives de l'axe 3 (25,1% de la variance). A noter que le spécimen BNW 024 sort complètement de la variabilité du reste de l'échantillon le long de l'axe 2 avec une conformation globalement carrée de la couronne et deux cuspides buccales bien dissociées. Les individus de l'Age des Métaux sont davantage concentrés dans la partie positive de l'axe 3. La conformation extrême positive de l'axe 3 est caractérisée par des couronnes dont le protocone est prononcé, conférant un diamètre maximal mésio-distal légèrement plus important dans la moitié linguale que dans la moitié buccale. La conformation des individus récents ne présente pas de tendances notables le long des axes.

Enfin, une NPMANOVA a été menée uniquement sur les individus récents d'Asie du Sud-Est continentale selon un facteur géographique (groupes : Chine du Sud-Est, Malaisie péninsulaire, Thaïlande et Vietnam). L'hypothèse nulle d'absence de différence morphologique entre les groupes n'est pas rejetée (Tableau 15). La répartition géographique des populations récentes d'Asie du Sud-Est ne semble donc pas un facteur permettant d'expliquer les différences

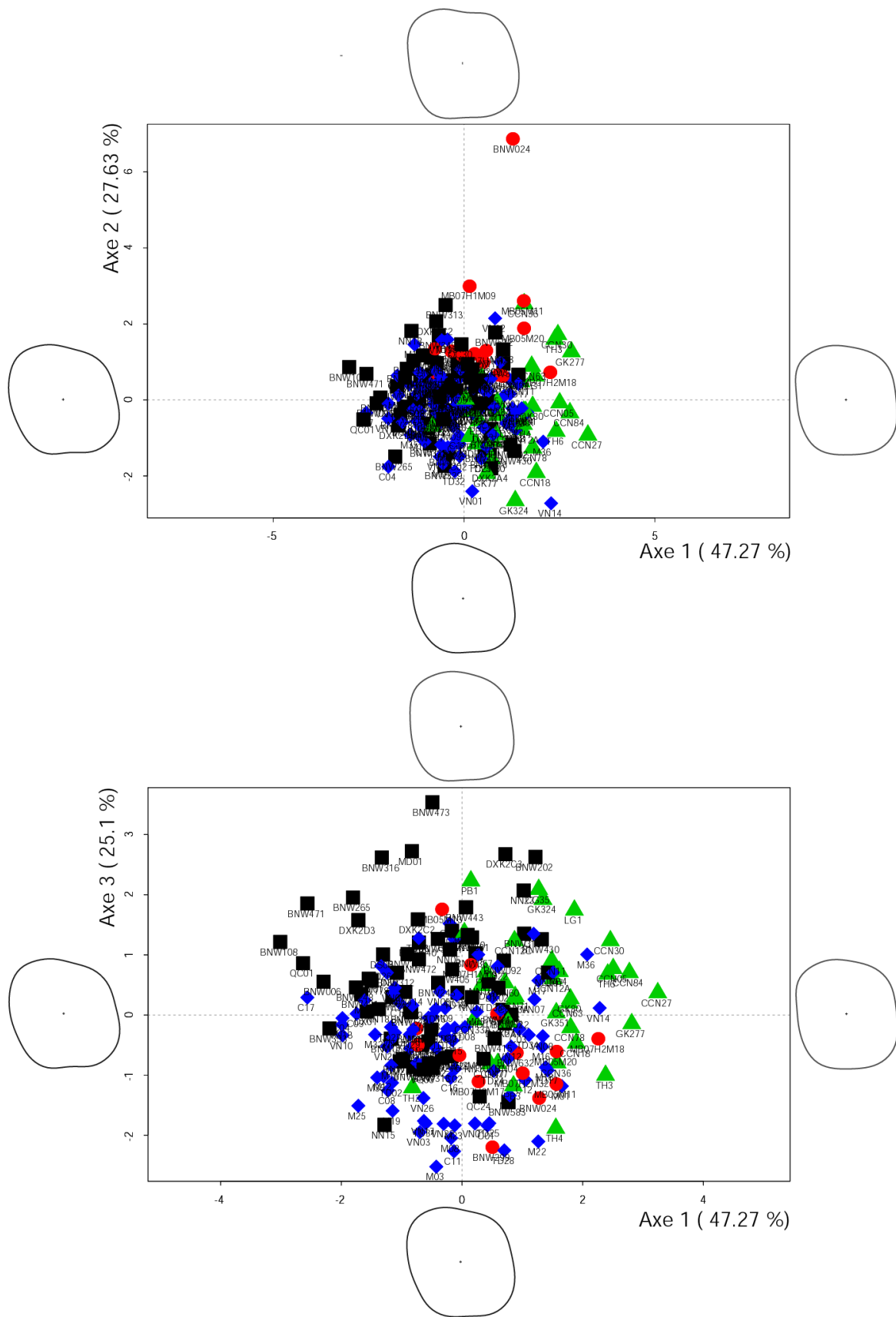


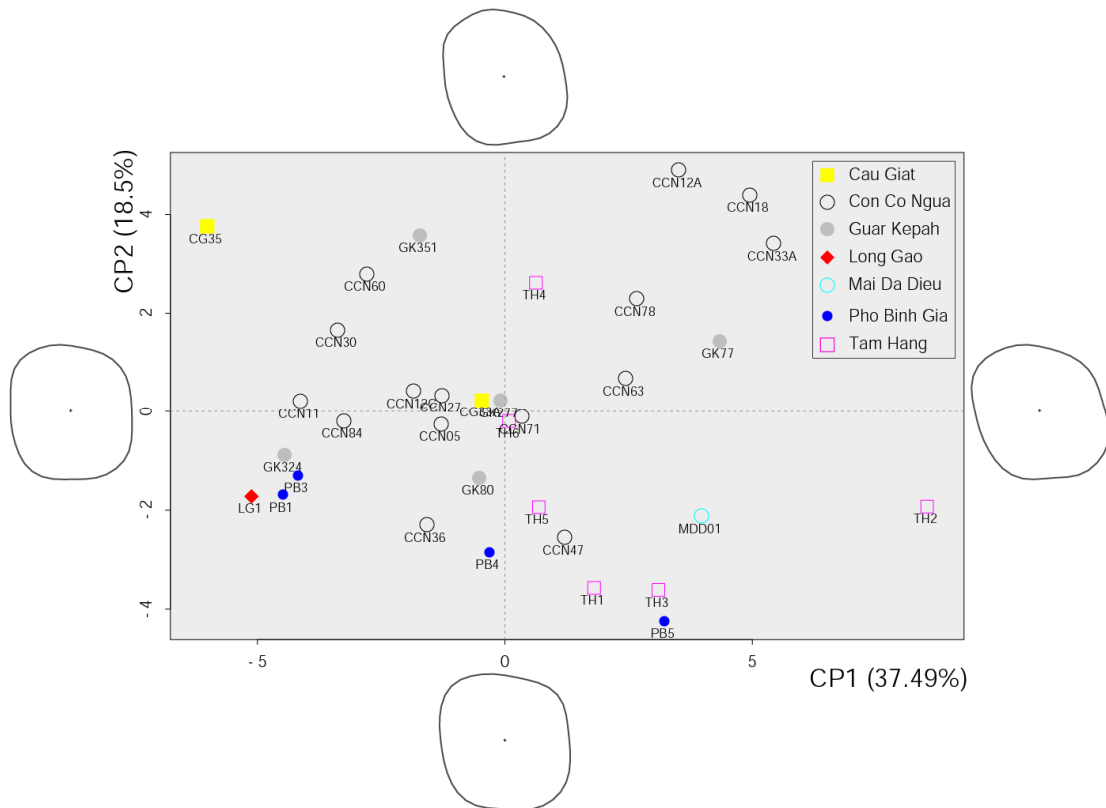
Figure 42 : LDA de la totalité des individus d'Asie du Sud-Est continentale selon un facteur chronologique. En haut, projection des individus sur les axes 1 (47,27%) et 2 (27,63%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (25,1%).

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	3	0,003218	0,0010725	0,66569	0,02406	ns
Résiduels	81	0,130501	0,0016111		0,97594	
Total	84	0,133719			1,00000	

**Tableau 15 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d'Asie du Sud-Est continentale avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 15 Annexe 1 pour les effectifs)**

#### 7.3.2.5. Focus sur les spécimens préneolithiques

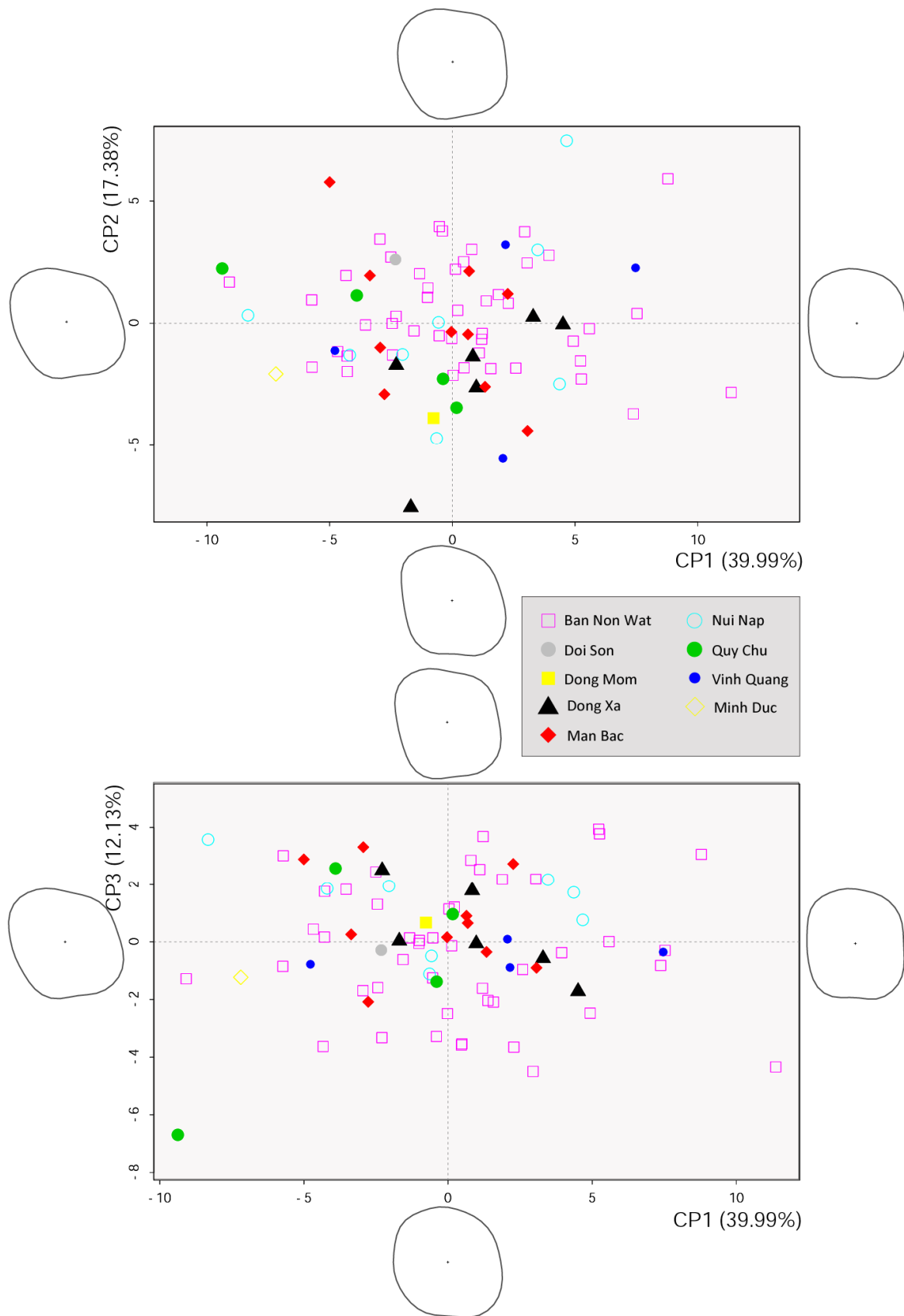
Une ACP a été conduite uniquement sur les individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est continentale pour détecter d'éventuelles tendances morphologiques au sein des sites archéologiques (Figure 43). La variabilité représentée le long de la CP1 (37,49% de la variance totale) est caractérisée par des couronnes plutôt rectangulaires à l'extrémité négative de la composante tandis que la conformation des couronnes situées dans la partie positive est dominée par une diagonale mésio-buccale/disto-linguale forte. Les molaires situées du côté négatif de la CP2 (18,5% de la variance totale) possèdent des cuspidés buccales de taille équivalente leur conférant une conformation globale plutôt carrée. Le développement réduit du paracone et métacone des spécimens situés dans la partie positive de la CP2 (par rapport aux molaires de la partie négative) confère un contour de la moitié buccale de la couronne plutôt arrondi. Les couronnes de la partie positive de la CP2 possèdent également un protocone prononcé dont le développement se projette plus vers la face linguale que mésiale. Les six individus provenant du site de Tam Hang et la molaire de Mai Da Dieu sont situés dans la moitié positive de la CP1. Les deux individus de Cau Giat et la molaire de Long Gao sont répartis du côté négatif ainsi que quatre des cinq individus de Guar Kepah. Les quatre individus de Pho Binh Gia, la molaire de Long Gao et cinq des six individus de Tam Hang possèdent des valeurs négatives le long de la CP2. C'est le contraire pour les deux molaires de Cau Giat. Les molaires de Con Co Ngua présentent une variabilité morphologique importante le long des deux axes.



**Figure 43 : ACP sur les données de conformation des individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (37,49%) et 2 (18,5%).**

### 7.3.2.6. Focus sur les spécimens du Néolithique et de l'Age des Métaux

Une ACP a été conduite uniquement sur les individus néolithiques et de l'Age des Métaux d'Asie du Sud-Est continentale (Figure 44). La variabilité morphologique exprimée graphiquement sur les plans de l'ACP permet difficilement de discerner des tendances de regroupements de spécimens site par site ou vers une dispersion particulière des individus le long des CP.



**Figure 44 : ACP sur les données de conformation des individus du Néolithique et de l'Age des Métaux en Asie du Sud-Est continentale. En haut, projection des individus sur les CP1 (39,99%) et 2 (17,38%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (12,13%).**

### 7.3.3. Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est insulaire et Australo-Mélanésie

#### 7.3.3.1. Les Philippines

Une ACP a été effectuée uniquement sur les individus provenant des Philippines (incluant à la fois les spécimens archéologiques et récents) en distinguant graphiquement leur provenance géographique (îles de Marinduque, Sulu, Luzon et Palawan). La variabilité morphologique exprimée graphiquement sur les plans de l'ACP permet de discerner peu de tendances vers une dispersion particulière des individus le long des CP selon un facteur géographique (Figure 45). Signalons tout de même que les molaires de l'île de Sulu tendent à être localisées dans la partie négative de la CP1 (38,8% de la variance totale), caractérisée clairement par un allongement mésio-distal.

#### 7.3.3.2. Les individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire

Une NPMANOVA appliquée aux individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire répartis en huit groupes géographiques (Andaman, Bornéo, Java, Luzon, Marinduque, Sulawesi, Sulu, Sumatra) est significative (Tableau 16). Étant donné le faible effectif de certains groupes (cf. Tableau 16 Annexe 1 pour les effectifs), il était impossible d'effectuer une LDA pour visualiser les différences morphologiques entre groupes. Une ACP a donc été menée (Figure 46). Les résultats de l'ACP dépeignent une grande variabilité morphologique des molaires d'Asie du Sud-Est insulaire et une faible différenciation des groupes. La variabilité représentée le long de la CP1 (45,94% de la variance totale) est caractérisée par des couronnes plutôt rectangulaires à l'extrémité négative de la composante (axe bucco-lingual dominant) tandis que la conformation des couronnes situées dans la partie positive est



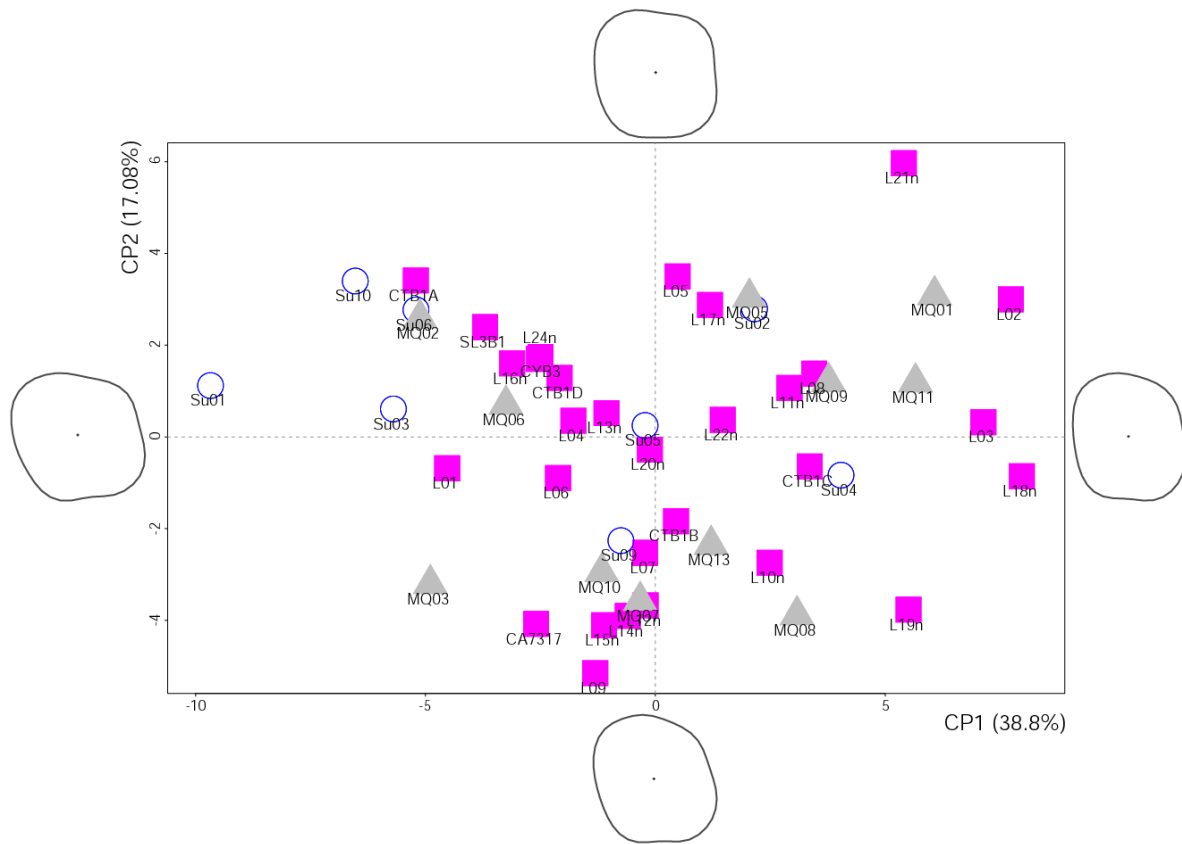
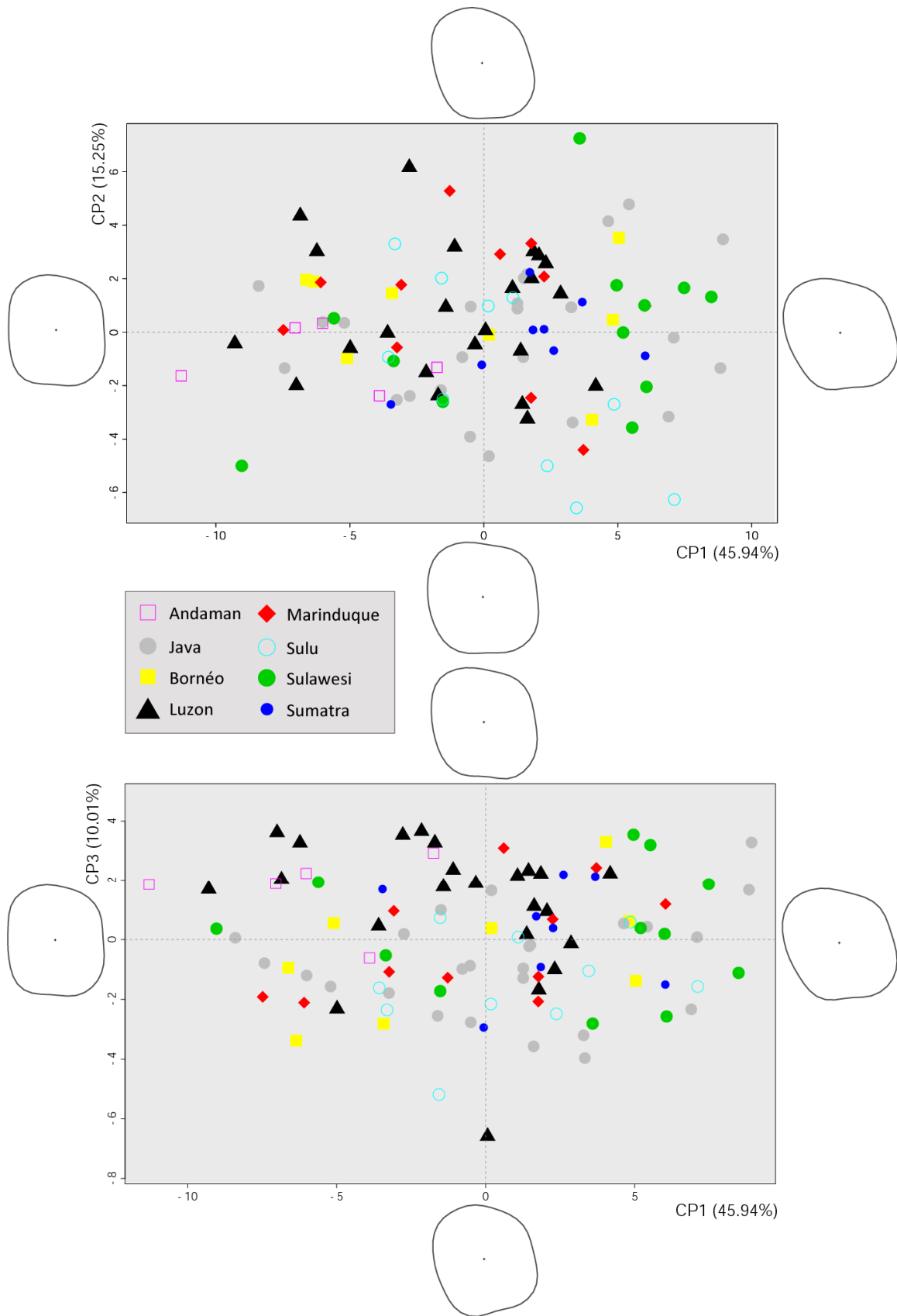


Figure 45 : ACP sur les données de conformation des individus provenant des Philippines. Projection des individus sur les CP1 (38,8%) et 2 (17,08%).

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	7	585,7	83,667	1,976	0,12827	*
Résiduels	94	3980,2	42,342		0,87173	
Total	101	4565,8			1,00000	

Tableau 16 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 16 Annexe 1 pour les effectifs).



**Figure 46 : ACP sur les données de conformation des individus récents provenant d'Asie du Sud-Est insulaire. En haut, projection des individus sur les CP1 (45,94%) et 2 (15,25%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (10,01%).**

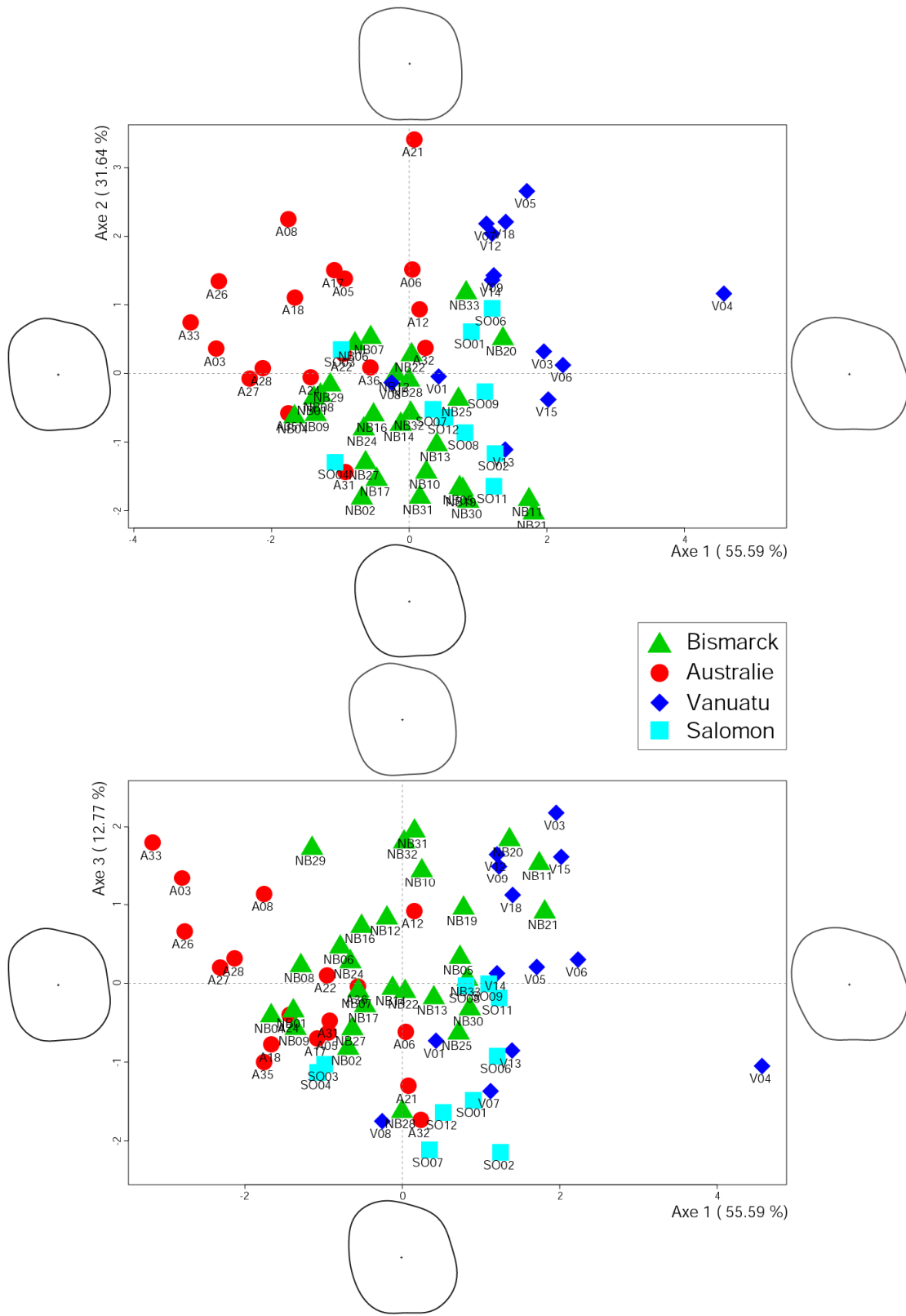
dominée par une diagonale mésio-buccale/disto-linguale forte. Les cinq Négritos des îles Andaman sont répartis du côté négatif de la CP1. La variabilité morphologique représentée le long de la CP2 (15,25% de la variance totale) ne permet pas de distinguer de tendances dans la répartition des individus selon un facteur géographique. La variabilité morphologique expliquée par la CP3 (10,01% de la variance totale) permet de dégager une tendance nette des molaires provenant de Luzon à se situer dans la partie positive de la composante, caractérisée principalement par des couronnes avec un hypocone prononcé. Les molaires de Sulu se regroupent dans la partie négative de la CP3 caractérisée par une forte projection du protocone vers la face linguale.

### 7.3.3.3. Les individus récents d'Australo-Mélanésie

Une NPMANOVA a été menée uniquement sur les individus récents d'Australo-Mélanésie, à l'exclusion des spécimens des îles Salomon en raison de leur faible effectif (Tableau 17). L'hypothèse nulle d'absence de différence morphologique entre les individus récents d'Australie, des archipels des Bismarck, Salomon et Vanuatu est rejetée. Une LDA a été effectuée pour visualiser les différences morphologiques entre les quatre groupes (Figure 47). Les variations de conformation illustrées le long de l'axe 1 (55,59% de la variance totale) traduisent principalement un fort allongement du diamètre mésio-distal et une diagonale

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	3	335,61	111,869	2,7316	0,11196	*
Résiduels	65	2661,99	40,954		0,88804	
Total	68	2997,60			1,00000	

**Tableau 17 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d'Australo-Mélanésie avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 17 Annexe 1 pour les effectifs)**



**Figure 47 : LDA des individus récents d'Australo-Mélanésie selon un facteur géographique. En haut, projection des individus sur les axes 1 (55,59%) et 2 (31,64%). En bas, projection des individus sur les axes 1 et 3 (12,77%).**

mésio-buccale/disto-linguale prononcée pour les couronnes situées dans la partie positive de l'axe. Les couronnes localisées dans les valeurs extrêmes négatives de l'axe 2 (31,64% de la variance totale) possèdent une diagonale mésio-buccale/disto-linguale prononcée mais l'allongement relatif du diamètre mésio-distal est moindre par rapport aux individus situés dans les valeurs positives de l'axe 1. Notons également un bombement sur la face buccale du paracone des molaires situées dans les valeurs extrêmes négatives de l'axe 2. Les valeurs positives de l'axe 2 décrivent des couronnes dont le développement des cuspides est équivalent conférant à la couronne une conformation globale assez rectangulaire (axe bucco-lingual dominant). Les conformations le long de l'axe 3 (12,77% de la variance totale) suivent globalement les mêmes tendances que pour l'axe 2, mis à part que le bombement situé sur la face buccale du paracone est moins prononcé et concerne cette fois les couronnes distribuées dans la partie positive. Les Australiens se situent principalement dans les valeurs négatives de l'axe 1 alors que les individus des îles Salomon et du Vanuatu tendent à se positionner dans la partie positive de l'axe. Les individus de l'archipel des Bismarck se concentrent davantage dans la moitié négative de l'axe 2 et les Australiens ont tendance à se trouver dans la partie positive. Enfin, la dispersion des individus le long de l'axe 3 est principalement marquée par les molaires des îles Salomon qui possèdent toutes des valeurs négatives.

#### 7.3.3.4. Spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire

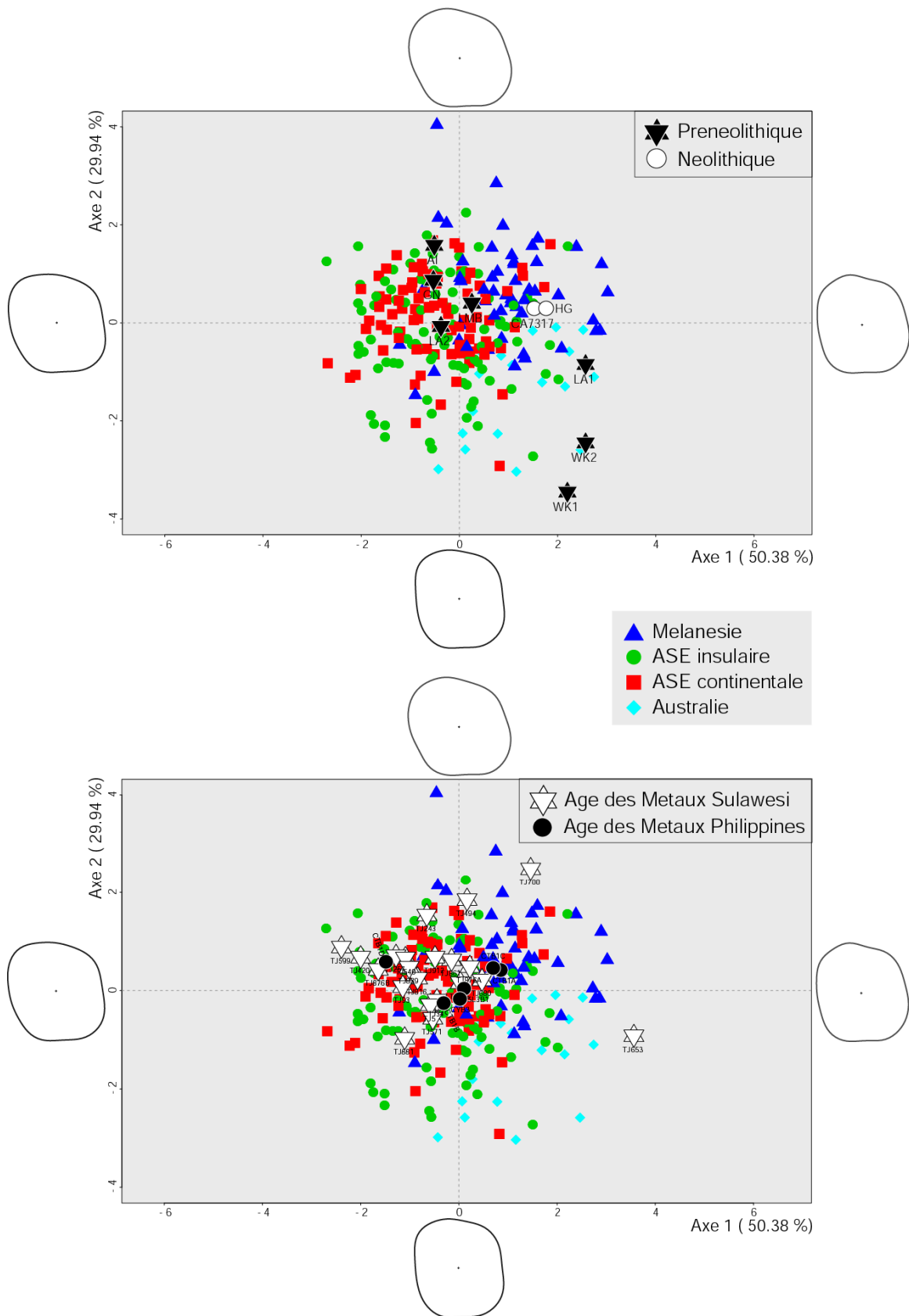
Etant donné l'hétérogénéité de notre échantillon provenant de contextes archéologiques en Asie du Sud-Est insulaire, nous avons décidé d'entreprendre d'abord une LDA sur la totalité des individus récents de notre échantillon selon un facteur géographique, puis d'inclure *a posteriori* les individus archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire en effectuant une analyse discriminante linéaire prédictive (PDA).

La NPMANOVA sur l'ensemble des individus récents répartis en quatre groupes (Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire, Mélanésie incluant le Vanuatu, Australie) est significative (Tableau 18). L'axe 1 de la LDA (50,38% de la variance totale) est caractérisé à l'extrême des valeurs positives par des couronnes avec un développement assez important de l'hypocone et un bombement sur la partie buccale du paracone (Figure 48). Les molaires situées à l'extrême négatif de l'axe 1 sont dotées d'un paracone très prononcé conférant à la couronne un diamètre maximal mésio-distal situé dans la moitié buccale, à l'inverse des molaires situées dans les valeurs positives de l'axe 1. La variabilité représentée le long de l'axe 2 (29,94% de la variance totale) est caractérisée par des couronnes plutôt rectangulaires pour les individus possédant des valeurs négatives tandis que la conformation des couronnes situées dans la partie positive est dominée par une diagonale mésio-buccale/disto-linguale forte. Les groupes d'individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire et continentale sont préférentiellement concentrés dans les valeurs négatives et faiblement positives de l'axe 1. Les individus récents d'Australie et de Mélanésie ont clairement tendance à se situer dans les valeurs positives. Le long de l'axe 2, les Mélanésiens se situent plutôt du côté positif et les Australiens sont tous positionnés dans la moitié négative.

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	3	480,7	160,245	3,8939	0,0443	*
Résiduels	252	10370,6	41,153		0,9557	
Total	255	10851,3			1,0000	

**Tableau 18 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus récents de l'échantillon avec 4 groupes définis selon un facteur géographique (Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire, Mélanésie et Australie). (cf. Tableau 18 Annexe 1 pour les effectifs).**

Les fossiles préneolithiques du site de Wajak (WK1 et WK2) sont nettement en-dehors de la variabilité morphologique des Asiatiques et Mélanésiens récents (Figure 48). Ils se situent au niveau des valeurs extrêmes positives de l'axe 1 et extrêmes négatives de l'axe 2 avec les Australiens. Le fossile de Wajak 1 constitue même assez nettement la valeur négative extrême de l'axe 2. Quatre des cinq molaires préneolithiques provenant de l'île de Florès se trouvent au sein de la variabilité des Asiatiques récents. Seul l'individu Liang Alo 1 (LA1) est



**Figure 48 : PDA sur les spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire. En haut, les molaires préneolithiques et néolithiques. En bas, les molaires de l'Age des Métaux des Philippines et de Sulawesi (site de Leang Tjadang). La LDA de référence a été menée sur la totalité des individus récents répartis en quatre groupes selon un facteur géographique. Projection des individus sur les axes 1 (50,38%) et 2 (29,94%).**

positionné dans les valeurs extrêmes positives de l'axe 1, plutôt dans la variabilité des Australiens récents. Les deux spécimens néolithiques de Callao (CA7317) et Hoekgrot (HG) se situent en marge de la variabilité morphologique des Asiatiques récents dans la partie positive de l'axe 1.

Les individus de l'Age des Métaux de Sulawesi (site de Leang Tjadang) et des Philippines (sites de Bato-Puti, Catugan, Catayauan et San Lorenzo) sont presque tous contenus au sein de la variabilité asiatique récente (Figure 48). Seuls deux individus de Leang Tjadang (TJ788 et TJ653) sortent complètement de la variabilité. L'usure assez importante de la surface occlusale de TJ653, surtout dans la partie mésiale du paracone pourrait expliquer cette situation.

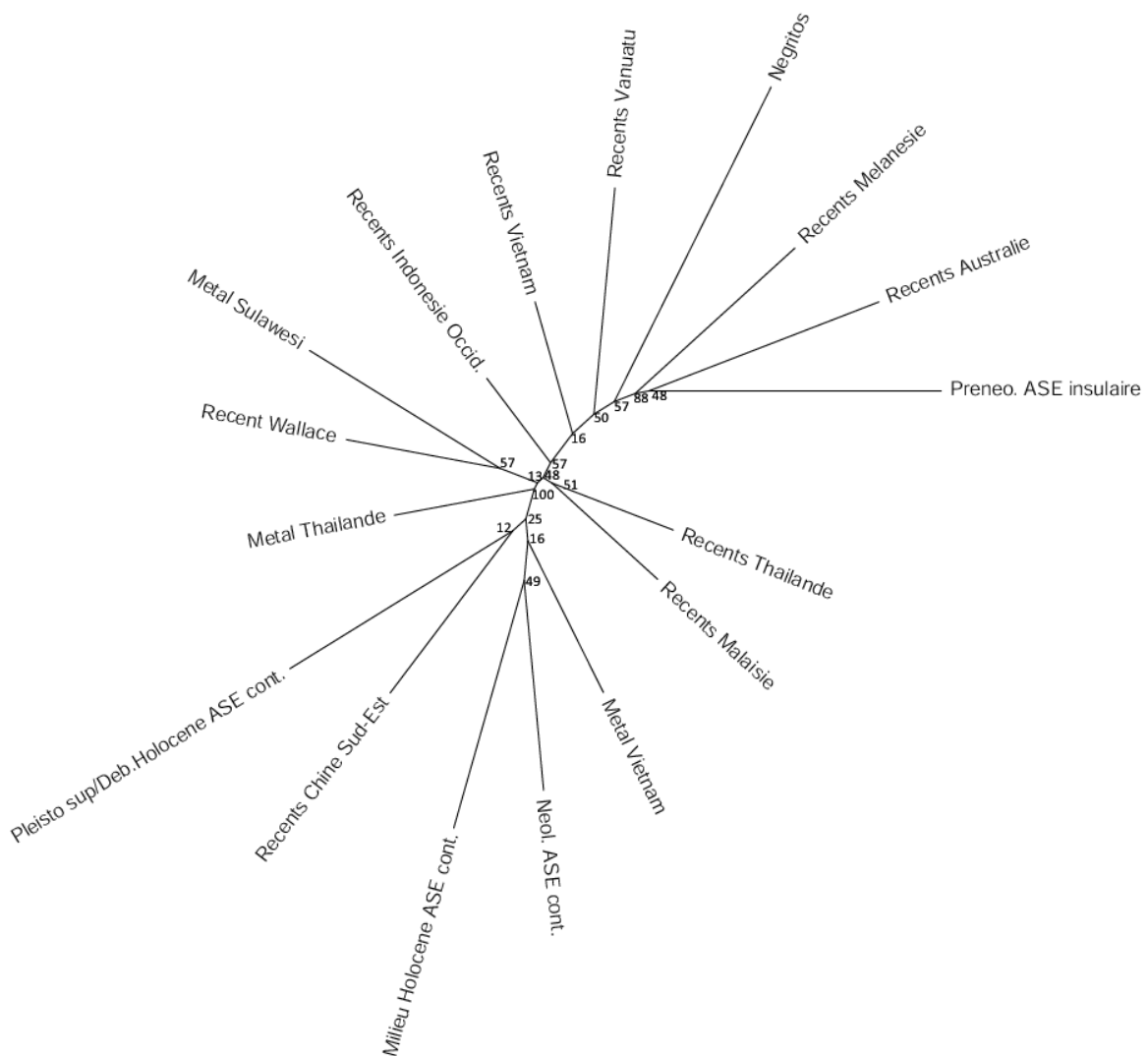
#### 7.3.4. Variabilité morphologique de la totalité de l'échantillon

Deux phénogrammes, selon les méthodes NJ et UPGMA, ont été construits à partir des distances de Mahalanobis obtenues sur 17 unités taxonomiques opérationnelles (UTO ; cf. Tableau 1 Annexe 2 pour les distances de Mahalanobis). Ces UTO ont été créées de manière à prendre en compte à la fois les facteurs chrono-culturels et géographiques à l'échelle de tout l'échantillon (cf. Annexes 7, 8, 9 ; Tableau 1 ; Tableau 2).

##### 7.3.4.1. Arbre de distance avec la méthode du NJ

A une extrémité du phénogramme, un groupement est constitué des individus récents d'Australo-Mélanésie (Australie, Mélanésie, Vanuatu), des Négritos et des spécimens préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire (« Prénéo. Asie du Sud-Est insulaire ») (Figure 49). Le nœud intégrant ces cinq UTO a été retrouvé dans 50% des ré-échantillonnages du bootstrap. Au sein de ce regroupement, un nœud rassemblant les Mélanésiens, les





**Figure 49 : Phénogramme réalisé avec la méthode du NJ sur les groupes définis par le facteur «chronogéographique 1». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs)**

Australiens et les spécimens préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire est assez robuste (*bootstrap*= 88%). D'autre part, la longueur importante des branches de deux UTO, les Négritos et les spécimens préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire, et dans une moindre mesure les Australiens, signale des différenciations morphologiques importantes. La longueur de la branche correspondant à l'UTO des spécimens préneolithiques insulaires est néanmoins à considérer avec prudence car le faible effectif de ce groupe a pu provoquer une distance de Mahalanobis artificiellement importante.

A l'autre extrémité du phénogramme, un nœud retrouvé dans 100% des ré-échantillonnages des *bootstaps* regroupe toutes les UTO correspondant aux spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est continentale. A l'intérieur de ce groupe, une paire est constituée de spécimens préneolithiques du milieu de l'Holocène d'Asie du Sud-Est continentale et d'individus Néolithiques d'Asie du Sud-Est continentale (« Milieu Holocène Asie du Sud-Est cont. » et « Néol. Asie du Sud-Est cont. ») (*bootstrap*= 49%). La paire constituée du groupe des plus anciens spécimens d'Asie du Sud-Est continentale de l'échantillon et des individus récents de Chine du Sud-Est est peu robuste (« Pléisto sup/Déb.Holocène Asie du Sud-Est cont. » et « Récents Chine Sud-Est ») (*bootstrap* = 12%).

Les branches du phénogramme situées entre les deux grands regroupements précédemment décrits regroupent tous les individus récents d'Asie du Sud-Est continentale et insulaire (sauf les Négritos) ainsi que ceux de l'Age des Métaux de Sulawesi. Notamment, une paire est constituée des spécimens de l'Age des Métaux en Sulawesi et des individus récents de la zone de Wallace (« Métal Sulawesi » et « Récents Wallace ») (*bootstrap*=57%). Une autre paire regroupe les individus récents de Thaïlande et de Malaisie (« Récents Thaïlande » et « Récents Malaisie ») (*bootstrap*=51%).

Ajoutons que les longueurs des branches menant à l'UTO des Négritos et dans une moindre mesure aux UTO des individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire et du milieu de l'Holocène en Asie du Sud-Est continentale signalent des différenciations morphologiques importantes.

#### 7.3.4.2. Arbre de distance avec la méthode UPGMA

Les résultats de l'UPGMA congruent en grande partie avec ceux du NJ (Figure 50). Le groupe constitué par les individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire, les Australiens, les Mélanésiens, les individus du Vanuatu et les Négritos forment un embranchement (*bootstrap*=89%). Là aussi, les Australiens forment une paire avec les spécimens préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire (*bootstrap*=53%). Les individus récents mélanésiens sont regroupés avec ceux du Vanuatu (*bootstrap*=82%). Le reste des UTO forme l'autre embranchement principal. Au sein de ce dernier, un nœud regroupe toutes les UTO d'individus récents d'Asie du Sud-Est (excepté les individus récents de Chine du Sud-Est) ainsi que les deux UTO de l'Age des Métaux d'Asie du Sud-Est continentale (*bootstrap*=73%). A l'instar du phénogramme basé sur la méthode du NJ, les individus récents de Chine du Sud-Est et du Pléistocène supérieur/Début Holocène en Asie du Sud-Est continentale forment une paire (*bootstrap*=48%), ainsi que les spécimens du Néolithique et du Milieu Holocène en Asie du Sud-Est continentale (*bootstrap*=80%). Les molaires de l'Age des Métaux de Sulawesi se positionnent à un niveau intermédiaire entre les UTO préneolithiques et néolithiques d'Asie du Sud-Est continentale et les individus récents et de l'Age des Métaux d'Asie du Sud-Est continentale.

#### 7.4. RESULTATS DES MODELISATIONS

Six modèles (matrices chrono-géographiques) ont été créés afin de traduire les principales hypothèses de peuplement et de les comparer aux distances de Mahalanobis obtenues selon le facteur « chrono-géographique 2 » (cf. 5-2 et Tableau 2 Annexe 2 pour les distances de Mahalanobis). Les tests de Mantel indiquent que les modèles 1MIG, LGMa, LGMb, 2MIG sont significativement corrélés aux distances de Mahalanobis (après correction

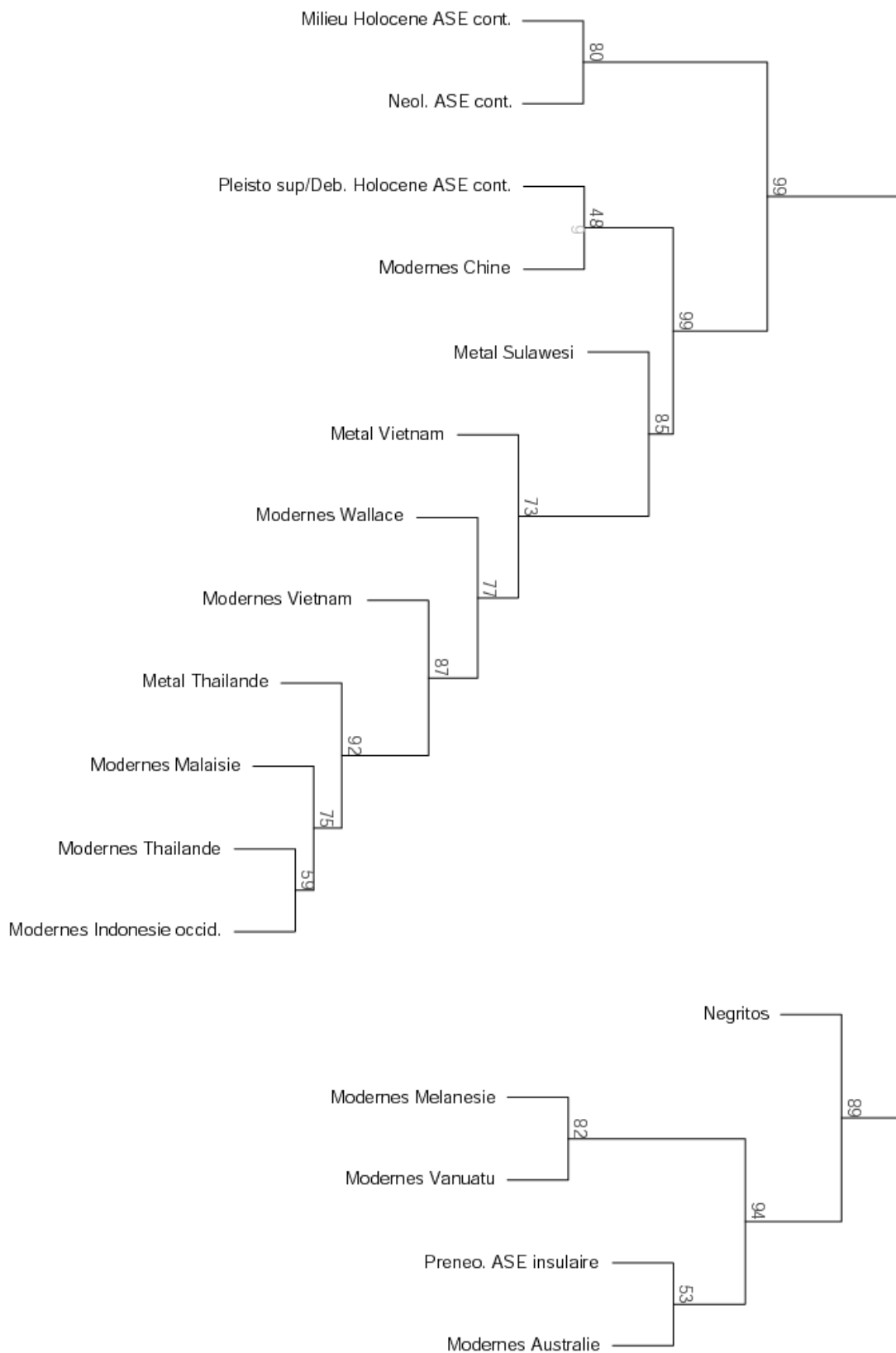


Figure 50 : Phénogramme réalisé avec la méthode UPGMA sur les groupes définis par le facteur «chronogéographique 1». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs).

de Bonferroni) (Tableau 19). Les modèles sont assez fortement corrélés, notamment le modèle 2MIG ( $r=0,5292$ ).

Modèles	r	p	p (Bonf.)
IBD	0,3472	*	ns
1MIG	0,4596	*	*
LGMA	0,4605	*	*
LGMB	0,4489	*	*
2MIG	0,5292	*	*
NUSAN	0,32	*	ns

**Tableau 19 : Corrélations et significativité de la matrice de distances morphologiques avec les six matrices de distances chrono-géographiques.**

---

### **Principaux résultats obtenus sur les M<sup>1</sup> en quelques points :**

- Analyses de taille :
  - Australiens, Mélanésiens, individus préneolithiques et de l'Age des Métaux en Thaïlande ont une taille nettement supérieure aux autres groupes.
  - Les molaires des Négritos ne sont pas les plus petites.
- Allométries de taille : très faibles.
- Analyse de la conformation :
  - En Asie du Sud-Est continentale : différences significatives selon un facteur chrono-culturel.
  - En Asie du Sud-Est insulaire : les molaires de Wajak 1 et 2 sont très différentes morphologiquement du reste de l'échantillon. Wajak 2 a 5 cuspides.
  - En Australo-Mélanésie (spécimens récents) : différences significatives selon un facteur géographique.
  - Individus récents : différences significatives selon un facteur géographique en prenant en compte quatre grands ensembles : Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire, Australie, Mélanésie.
  - Totalité de l'échantillon :
    - Australo-Mélanésiens, Négritos et individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire partagent nettement plus d'affinités morphologiques entre eux qu'avec le reste de l'échantillon.
    - Tous les spécimens provenant de contextes archéologiques en Asie du Sud-Est continentale partagent plus d'affinités morphologiques entre eux qu'avec le reste de l'échantillon (sauf avec les individus récents de Chine du Sud-Est).
    - Tous les individus récents asiatiques (sauf ceux de Chine du Sud-Est et les Négritos) ont tendance à partager plus d'affinités morphologiques entre eux qu'avec le reste de l'échantillon.
- Modélisation : quatre modèles sont significatifs et assez fortement corrélés avec les distances de Mahalanobis, l'hypothèse à deux vagues de migration étant nettement celle présentant la plus forte corrélation ( $r=0,53$ ).

## 8. TAILLE ET CONFORMATION DES DEUXIEMES MOLAIRES SUPERIEURES DEFINITIVES

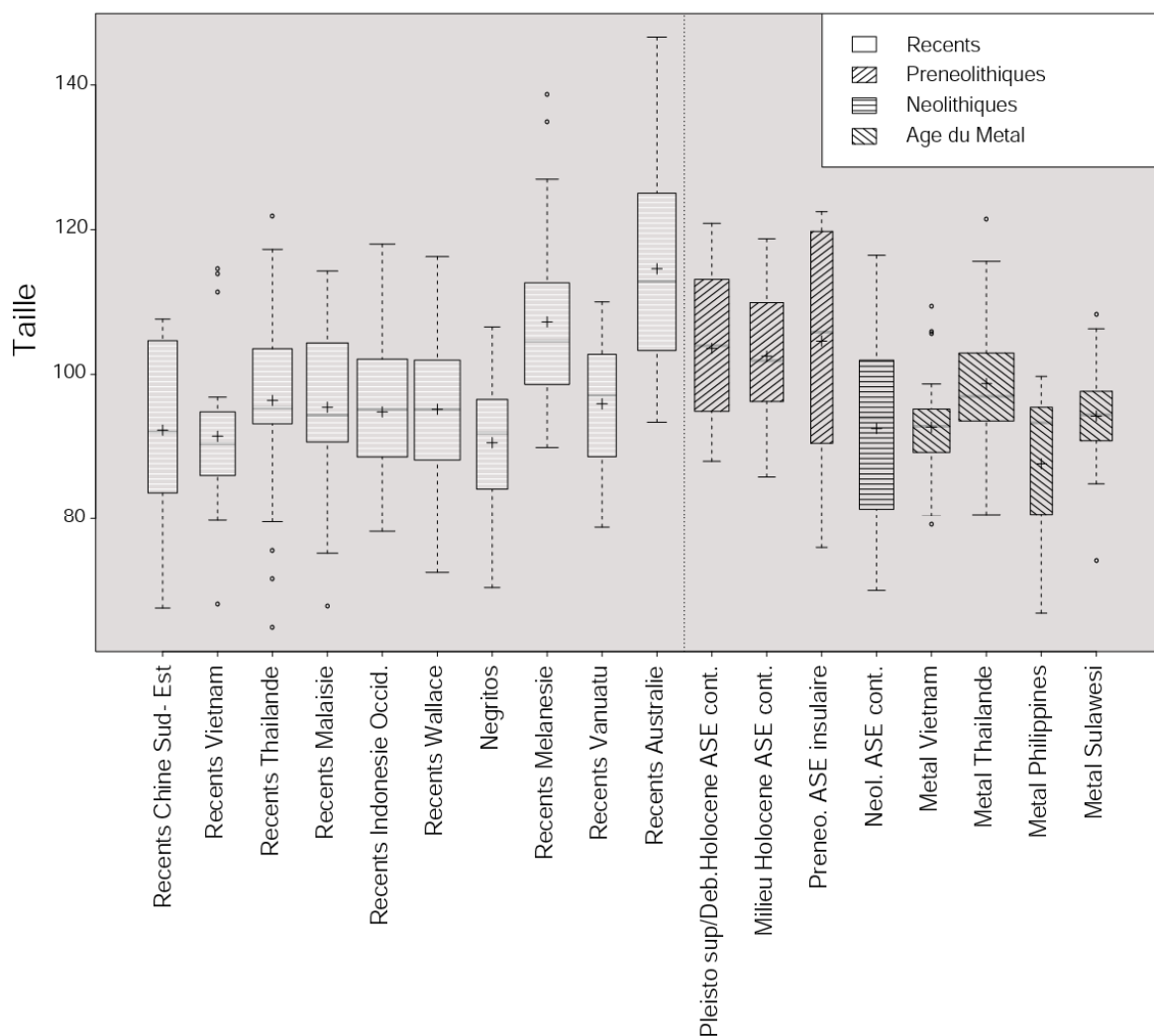
---

### 8.1. ANALYSE DE LA TAILLE

Le diagramme en boîte à moustaches (Figure 51) indique que les  $M^2$  des individus récents d'Australie sont nettement plus grandes que celles des autres groupes. Les tailles des molaires récentes mélanésiennes et des trois groupes archéologiques préneolithiques sont proches, inférieures à celle des Australiens mais clairement supérieures aux autres groupes. Parmi ces derniers, les individus récents de Chine, du Vietnam, les Négritos et les spécimens datant de l'Age des Métaux aux Philippines possèdent les plus petites  $M^2$ . Notons également la forte proximité de la taille des spécimens récents de Thaïlande, de Malaisie, d'Indonésie occidentale et de la zone de Wallace.

La condition d'homogénéité des variances (de la variable de taille) n'étant pas respectée pour entreprendre une ANOVA (test de Bartlett : Bartlett's K-squared=32.67; ddl=17; p=\*), la comparaison de la taille des molaires a été effectuée par un test de Kruskal-Wallis (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs). Ce dernier rejette l'hypothèse nulle d'égalité de la taille des molaires entre les différents groupes (Kruskal-Wallis chi-squared = 103.5215, ddl=17, p=\*). Un test de Wilcoxon a donc été appliqué pour détecter quels sont les groupes dont la taille diffère significativement (cf. Tableau 3 Annexe 1). Après l'application de la correction de Bonferroni, les résultats du test de Wilcoxon indiquent que les différences de taille concernent quasi exclusivement les individus récents d'Australie et de Mélanésie. Plus précisément, la taille des molaires des Australiens est significativement différente de celle de tous les groupes excepté les trois groupes constitués d'individus préneolithiques (« Pléisto. Sup./Déb. Holocène Asie du Sud-Est cont. », « Milieu Holocène Asie du Sud-Est cont. » et

« Prénéo. Asie du Sud-Est insulaire ») ainsi que les Mélanésiens actuels. Pour ces derniers, la taille des molaires diffère significativement de la plupart des autres groupes sauf ceux constitués par les spécimens préneolithiques et les individus récents de Thaïlande et du Vanuatu. A noter également que les différences de taille sont significatives entre le groupe constitué des plus anciens spécimens de l'échantillon (« Pléisto. sup./Déb. Holocene Asie du Sud-Est cont. ») et les groupes « Métal Vietnam » et « Récents Vietnam ».

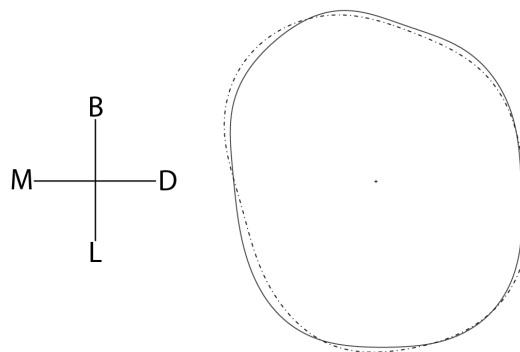




## 8.2. ANALYSE DE LA CONFORMATION

### 8.2.1. Description des allométries

Une série de régressions linéaires a été menée sur les 14 premières composantes principales (14CP=99,9% de la variance) et la variable taille pour la totalité de l'échantillon. La taille a un effet significatif sur les CP 1, 3, 9 et 14 (cf. Tableau 7 Annexe 1 pour résultats des régressions linéaires). Cependant, les valeurs très modérées des coefficients de régression et de détermination indiquent que l'effet de taille est très faible sur la conformation. Une régression linéaire multivariée des variables de conformation sur la variable taille permet de visualiser ces effets allométriques sur les conformations des couronnes (Figure 52) : Le paracone et l'hypocone ont tendance à être proportionnellement légèrement plus développés sur les couronnes de petites tailles alors que le métacone et le protocone tendent à être légèrement plus développés sur les molaires de grandes tailles.



**Figure 52 : Visualisation des effets allométriques sur les couronnes par régression linéaire multivariée des variables de conformation sur la variable taille<sup>25</sup>. (B, D, L, M : faces buccale, distale, linguale, mésiale ; ligne continue = couronne de grande taille, ligne en pointillé = couronne de petite taille)**

<sup>25</sup> Dans la présente étude, toutes les représentations de contours de molaires seront en vue occlusale et orientées exactement de la même manière : face buccale vers le haut, face mésiale vers la gauche.

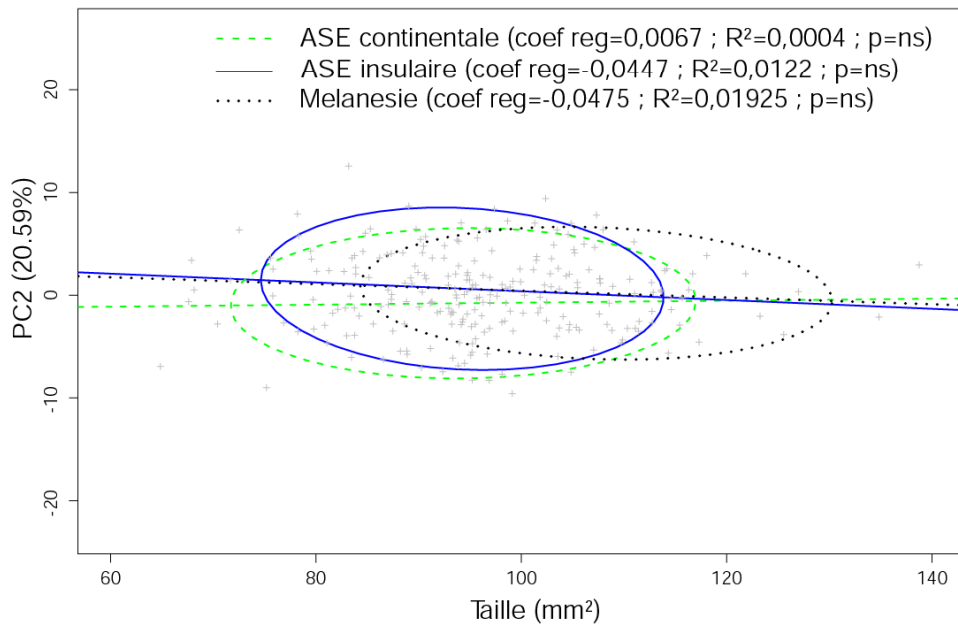
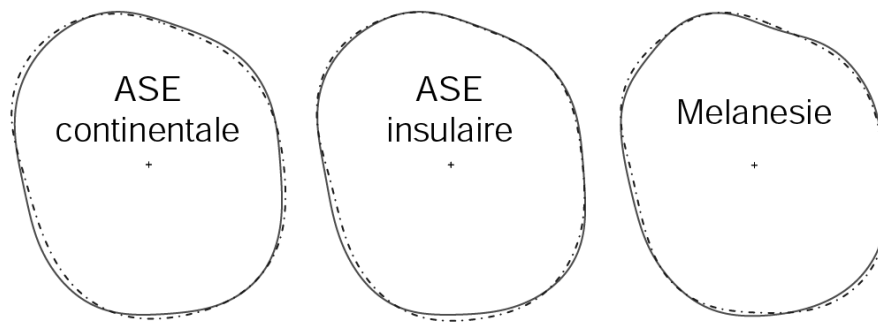
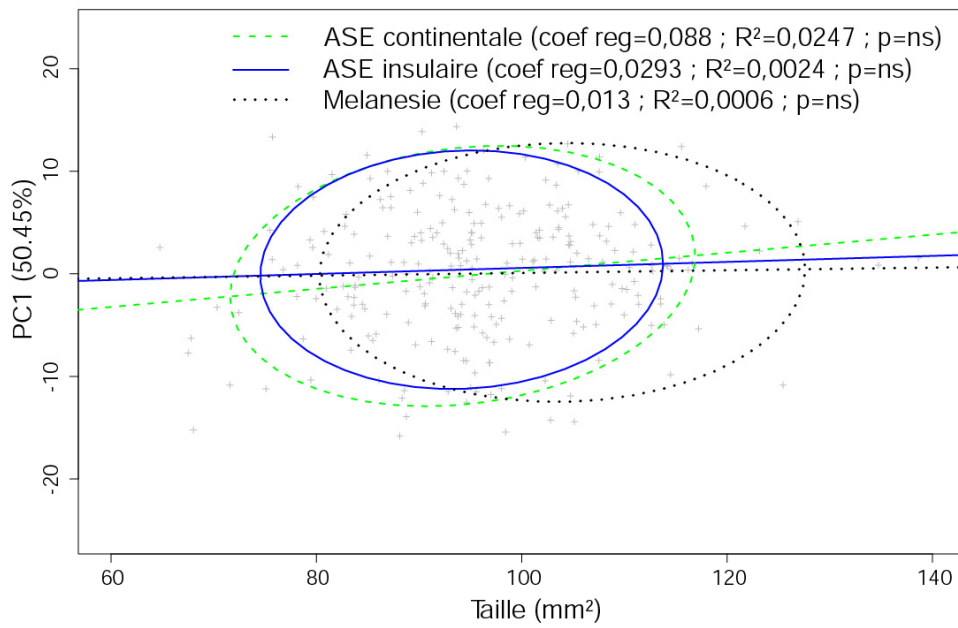
Une MANCOVA et une régression linéaire ont été menées sur deux sous-échantillons afin de tester l'influence des facteurs géographiques et chrono-culturels sur les allométries (cf. 5-1-1-2) :

La MANCOVA conduite sur la conformation et la taille des individus du sous-échantillon géographique est significative mais l'interaction des facteurs (Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire et Mélanésie) ne l'est pas, ce qui signifie que l'effet de taille sur la conformation ne semble pas être déterminé par un facteur géographique (Tableau 20). Les régressions linéaires menées sur chaque groupe du sous-échantillon géographique pour les CP1 et 2 ne sont pas significatives et leur coefficient de régression et de détermination sont très faibles (Figure 53; cf. Tableau 11 Annexe 1 pour résultats des régressions linéaires des CP1 et 2 sur la totalité du sous-échantillon géographique). Les régressions linéaires multivariées des variables de conformation sur la taille pour chaque groupe du sous-échantillon indiquent des tendances similaires à celles précédemment décrites sur l'échantillon total (Figure 53).

	ddl	Pillai	F	ddl num	ddl den	p
Tailles	1	0,31846	2,476	40	212	*
Groupes	2	0,56510	2,097	80	426	*
Tailles:Groupes	2	0,31201	0,98429	80	426	ns
Residuels	251					

**Tableau 20 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon géographique. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs)**

La MANCOVA conduite sur la conformation et la taille des individus du sous-échantillon chrono-culturel est significative mais l'interaction des facteurs (Prénéolithiques, Age du Métal, Récents) ne l'est pas, ce qui signifie que l'effet de taille sur la conformation ne semble pas être déterminé par un facteur chrono-culturel (Tableau 21). Seule la régression linéaire menée sur les individus récents de la CP1 est significative (Figure 54). Les coefficients de régression et de détermination sont très faibles (Figure 54; cf. Tableau 12 Annexe 2 pour résultats des régressions linéaires des CP1 et 2 sur la totalité du sous-échantillon chrono-



**Figure 53 : Pentas allométriques pour les groupes du sous-échantillon géographique et visualisation de l'effet de taille sur la conformation des couronnes de chaque groupe. Les ellipses représentent 95% de la variabilité des individus de chaque groupe.**

culturel). Les régressions linéaires multivariées des variables de conformation sur la taille pour chaque groupe du sous-échantillon indiquent globalement que les variations de conformation des couronnes liées à la taille suivent les mêmes tendances que celles précédemment décrites pour la totalité de l'échantillon et le sous-échantillon géographique mais sont effectivement légèrement accentuées pour le groupe des individus récents (Figure 54).

Dans l'ensemble, l'effet de taille sur la conformation est très faible et sa direction n'est pas liée à un facteur géographique ou chronologique. Les allométries ne constituent donc qu'une partie infime de la variabilité morphologique des  $M_2$  des *Homo sapiens* d'Asie du Sud-Est.

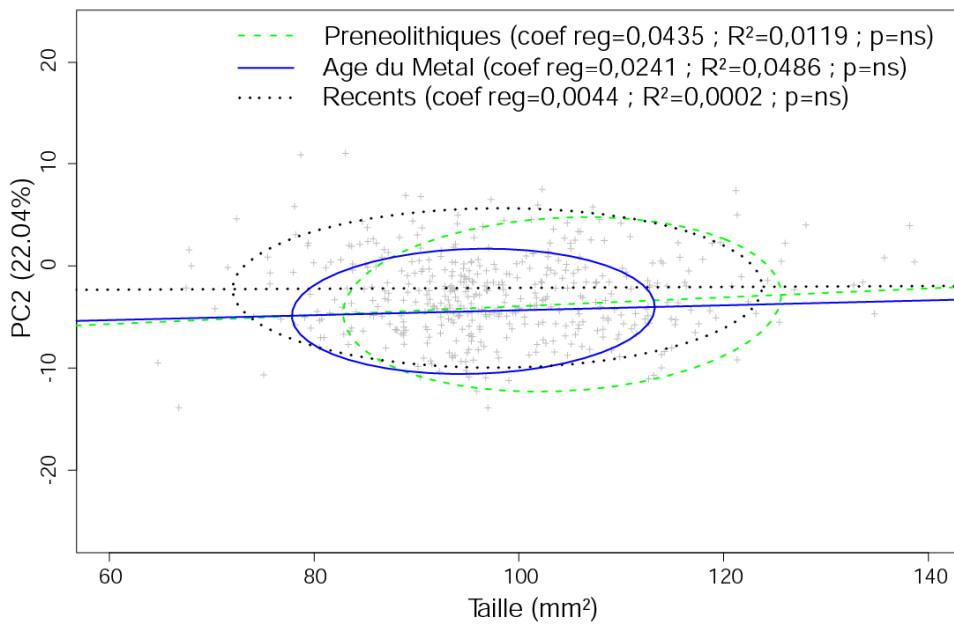
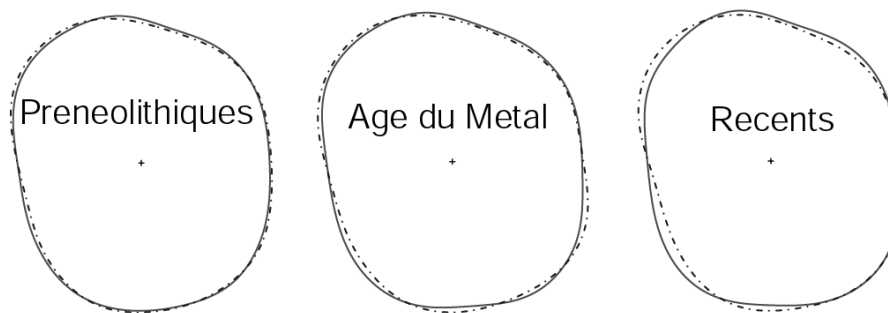
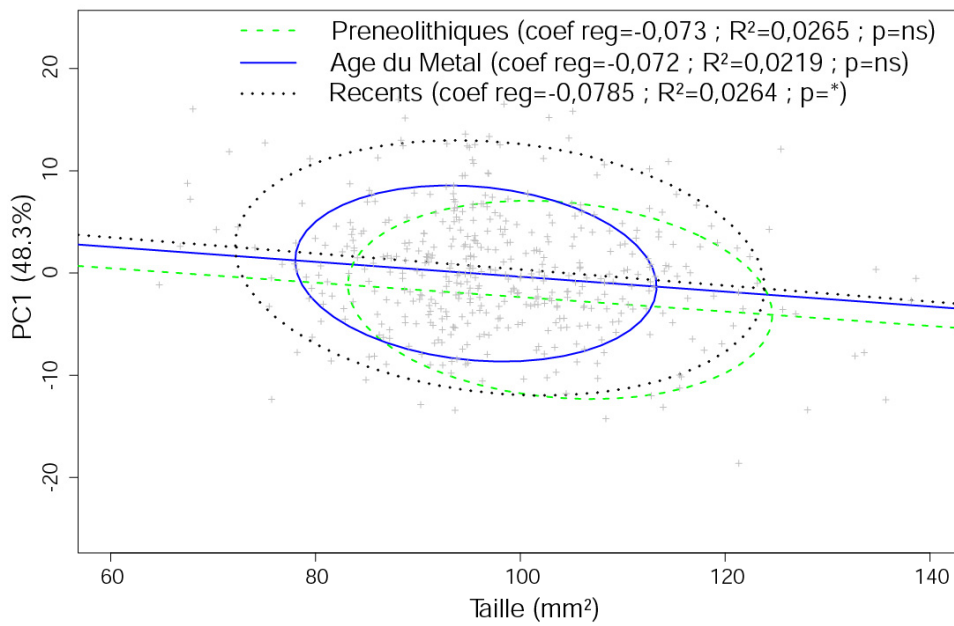
	ddl	Pillai	F	ddl num	ddl den	p
Tailles	1	0,21419	2,71887	40	399	*
Groupes	2	0,38224	2,36276	80	800	*
Tailles:Groupes	2	0,17719	0,97209	80	800	ns
Residuels	438					

**Tableau 21 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon chrono-culturel. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs)**

## 8.2.2. Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est continentale

### 8.2.2.1. Nord du Vietnam

Une ACP a été conduite sur la partie de l'échantillon provenant du Vietnam (Figure 55). La variabilité de conformation représentée par les individus extrêmes de la CP1 (49,59% de la variance totale) correspond, du côté négatif, à des couronnes dont l'hypocone est proportionnellement très réduit et, du côté positif, à des couronnes caractérisées par un allongement selon la diagonale mésio-buccale/disto-linguale. Les molaires préneolithiques ont clairement tendance à se trouver dans les valeurs négatives de la CP1. Les individus



**Figure 54 : Pentes allométriques pour les groupes du sous-échantillon chrono-culturel et visualisation de l'effet de taille sur la conformation des couronnes de chaque groupe. Les ellipses représentent 95% de la variabilité des individus de chaque groupe.**

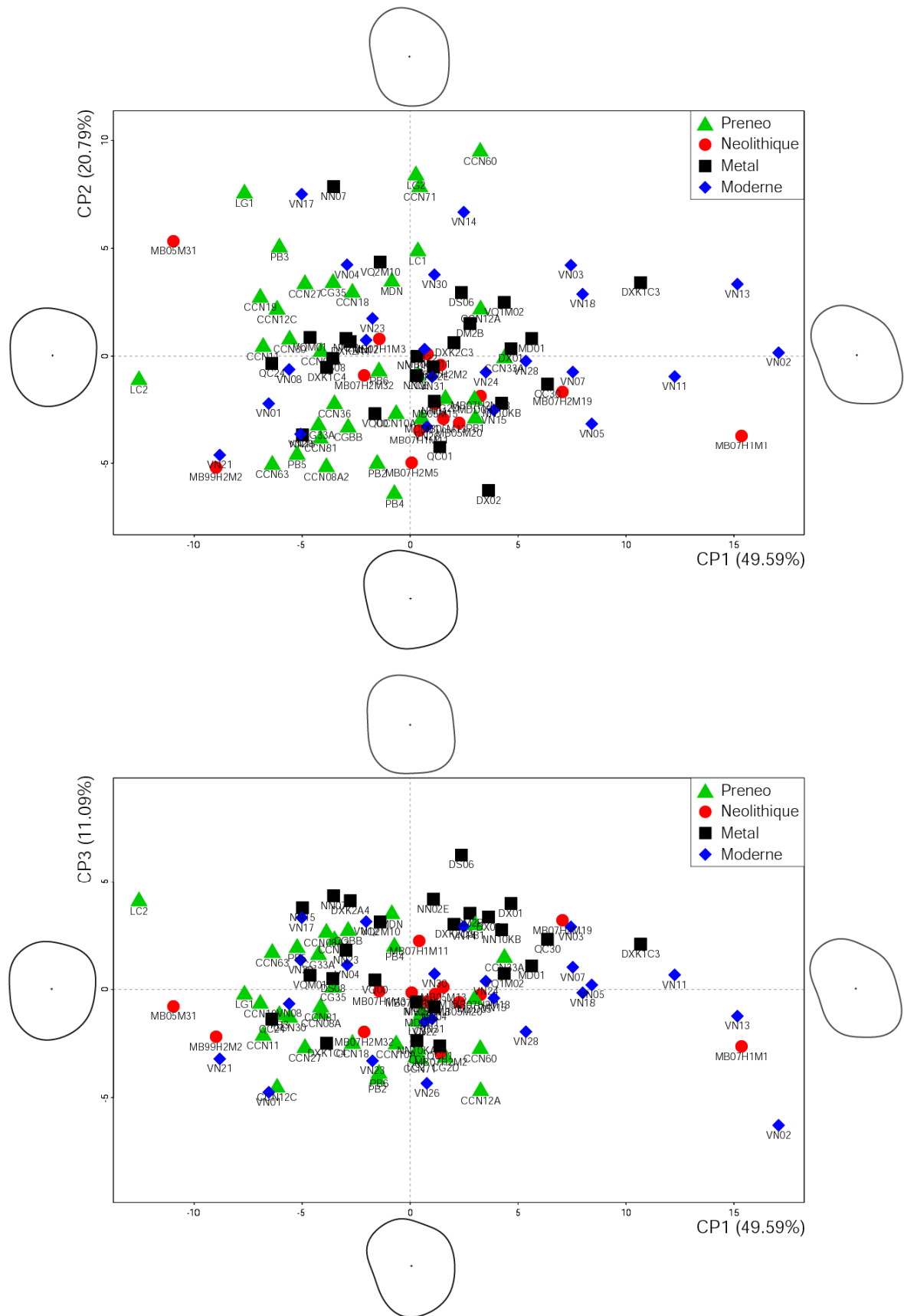


Figure 55 : ACP sur les données de conformation des individus provenant du Vietnam. En haut, projection des individus sur les CP1 (49,59%) et 2 (20,79%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (11,09%).

néolithiques et récents sont répartis quant à eux sur l'ensemble de la CP1. La CP2 (20,79% de la variance totale) se caractérise du côté négatif par des couronnes dont le diamètre mésio-distal est proportionnellement important par rapport à la largeur bucco-linguale, et inversement pour les individus extrêmes de la partie positive. Les spécimens néolithiques tendent nettement à se situer dans la partie négative de la CP2. Les molaires de l'Age des Métaux ont tendance à être regroupées du côté positif de la CP3 (11,09% de la variance totale), correspondant à des molaires avec un hypocone et protocone très développés et donc une forme quadrangulaire marquée. Les individus récents présentent quant à eux une grande variabilité ainsi que l'indique leur large répartition sur les deux premiers plans de l'ACP (CP1/CP2 et CP1/CP3) qui représentent plus de 80% de la variance.

Une MANOVA non-paramétrique (NPMANOVA) indique des différences significatives de conformation entre les quatre groupes chronologiques (individus préneolithiques, néolithiques, de l'Age des Métaux et récents) (Tableau 22). La répartition des individus le long du premier axe de l'analyse discriminante linéaire (LDA), représentant 49,5% de la variance totale, est caractérisée par les individus récents et de l'Age des Métaux principalement situés dans les valeurs négatives alors que les spécimens préneolithiques et néolithiques sont davantage localisés du côté positif (Figure 56). Les changements de conformation associés au premier axe correspondent à un faible développement de l'hypocone dans les valeurs extrêmes positives de l'axe et une extension relative plus importante du paracone pour les individus situés dans les valeurs extrêmes négatives de l'axe. Les spécimens du Néolithique et de l'Age des Métaux ont tendance à se trouver du côté négatif de l'axe 2 (32,96% de la variance totale), ce qui correspond à des couronnes

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	3	543,4	181,148	3,2091	0,09473	*
Résiduels	92	5193,2	56,448		0,90527	
Total	95	5736,7			1,00000	

**Tableau 22 : NPMANOVA réalisée sur l'échantillon provenant du Vietnam avec des groupes définis selon un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 13 Annexe 1 pour effectifs).**

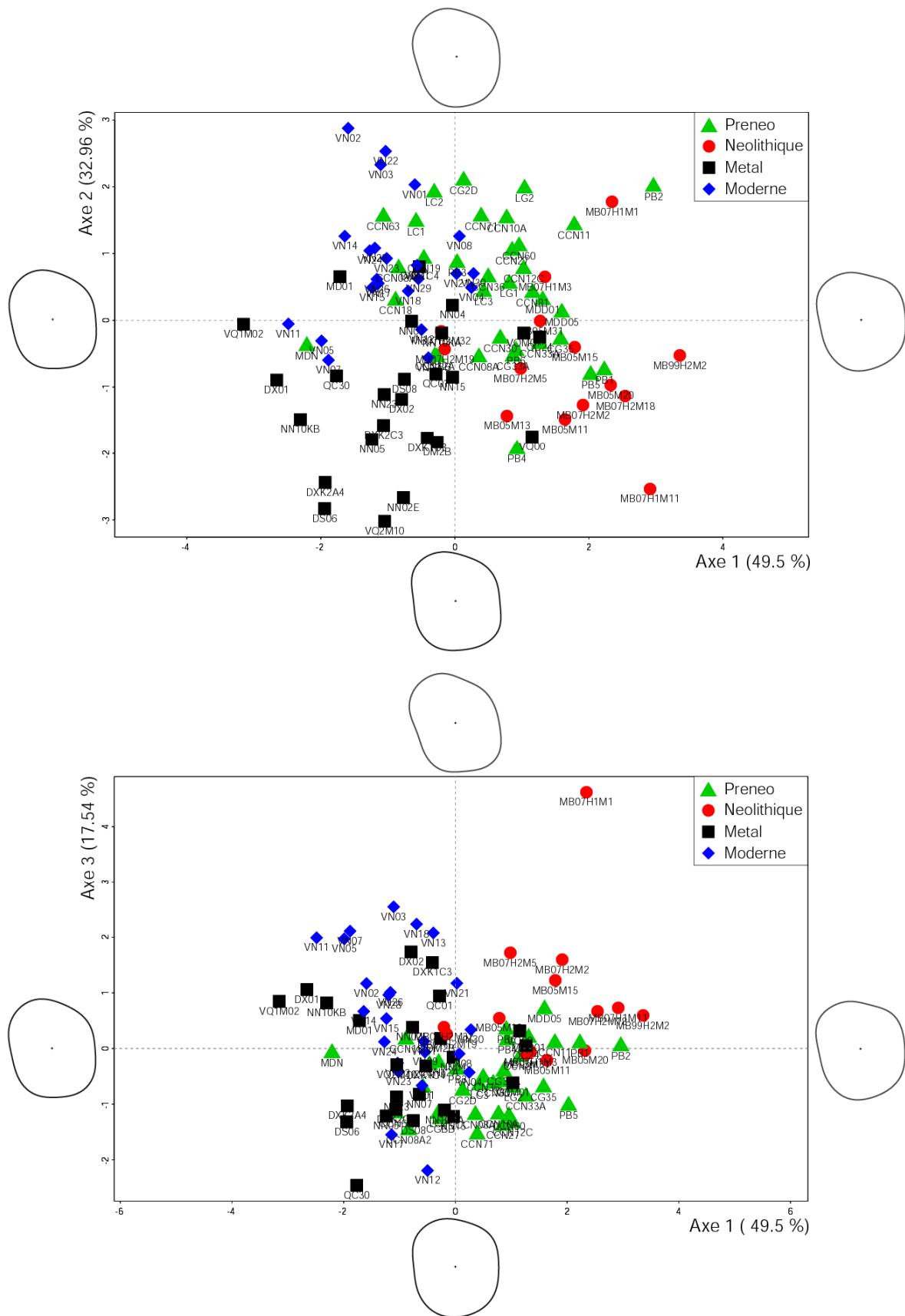


Figure 56 : LDA de l'échantillon provenant du Vietnam selon un facteur chronologique. En haut, projection des individus sur les axes 1 (49,5%) et 2 (32,96%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (17,54%).



dont les deux cuspides linguales sont proportionnellement très développées, alors que les spécimens préneolithiques et récents se trouvent davantage dans la partie positive. La variance du troisième axe (17,54% de la variance totale) est surtout influencée par un individu néolithique (MB07H1M1) situé à l'extrême des valeurs positives et qui est caractérisé par un paracone très développé. Globalement, les molaires récentes et néolithiques se concentrent plutôt du côté positif de l'axe 3, les spécimens préneolithiques davantage dans la partie négative, enfin, celles de l'Age des Métaux sont positionnées de manière très variable le long de l'axe.

#### 8.2.2.2. Le site de Ban Non Wat

Une ACP a été menée sur les spécimens de Ban Non Wat en mettant en valeur graphiquement quatre groupes : trois sont strictement basés sur des critères chronologiques avec des individus appartenant respectivement au Néolithique, à l'Age du Bronze ou à l'Age du Fer. Le quatrième groupe est composé de trois individus mis au jour en position fléchie mais dont la chronologie pose problème (*cf.* 2-3-3). Concernant les trois groupes définis à partir de critères chronologiques, la répartition des individus sur les différents plans de l'ACP ne montre pas de regroupements ou de tendances particuliers (Figure 57). Cependant, il est intéressant de noter qu'un des trois individus retrouvés en position fléchie (BNW 626) est nettement en-dehors de la variabilité du reste de l'échantillon le long de la CP2 (25,12% de la variance totale). La couronne de cette molaire se distingue du reste de l'échantillon par un diamètre mésio-distal très réduit proportionnellement au diamètre bucco-lingual.

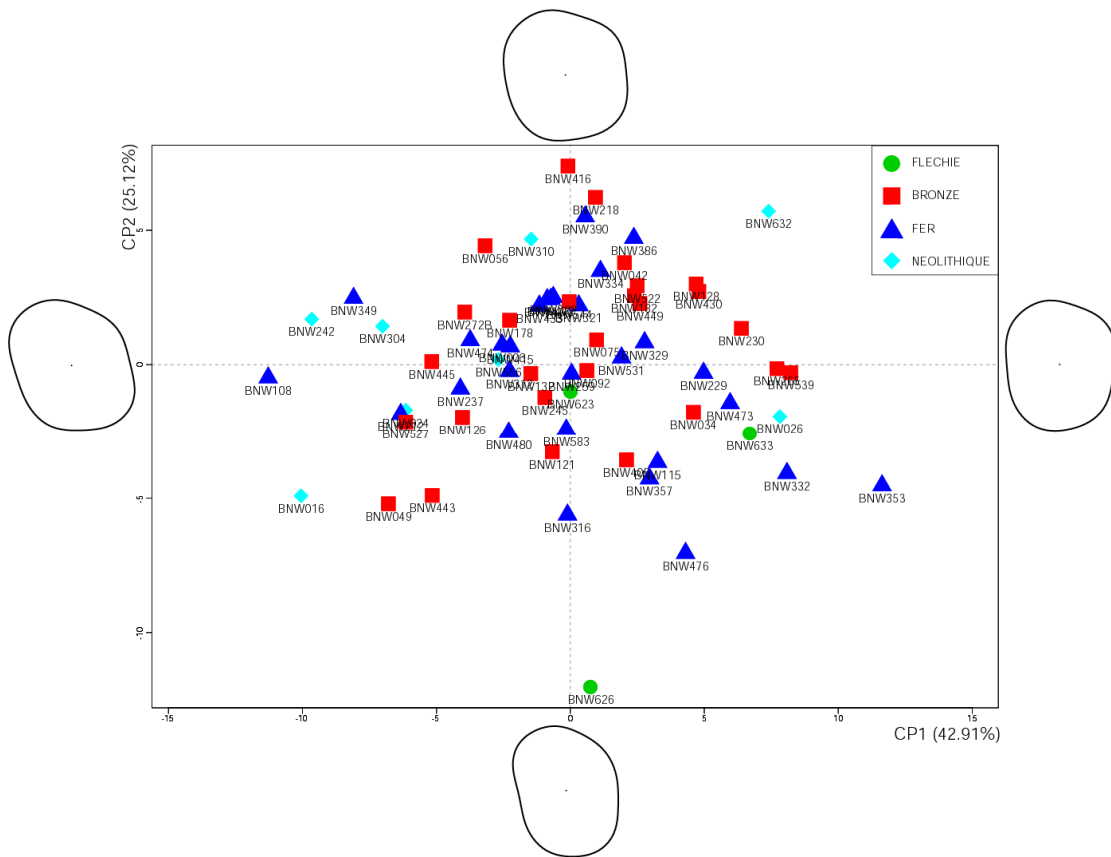


Figure 57 : ACP sur les données de conformation des individus provenant du site de Ban Non Wat (Thaïlande). Projection des individus sur les CP1 (42,91%) et 2 (25,12%).

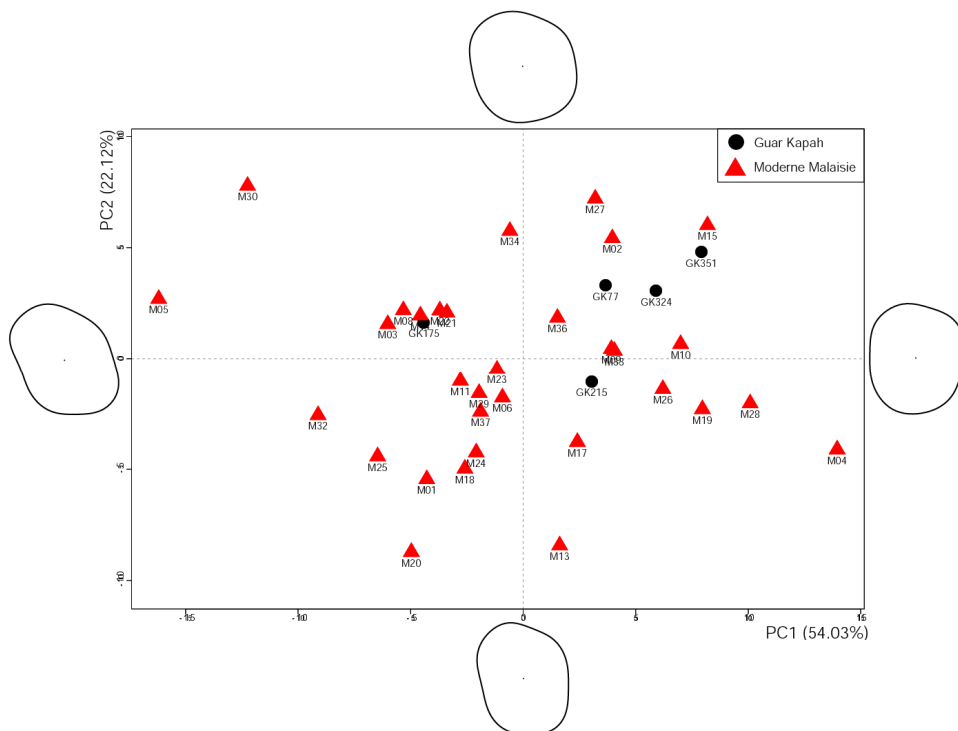


Figure 58 : ACP sur les données de conformation des individus provenant de Malaisie péninsulaire. Projection des individus sur les PC1 (54,03%) et 2 (22,12%).

### 8.2.2.3. Malaisie péninsulaire

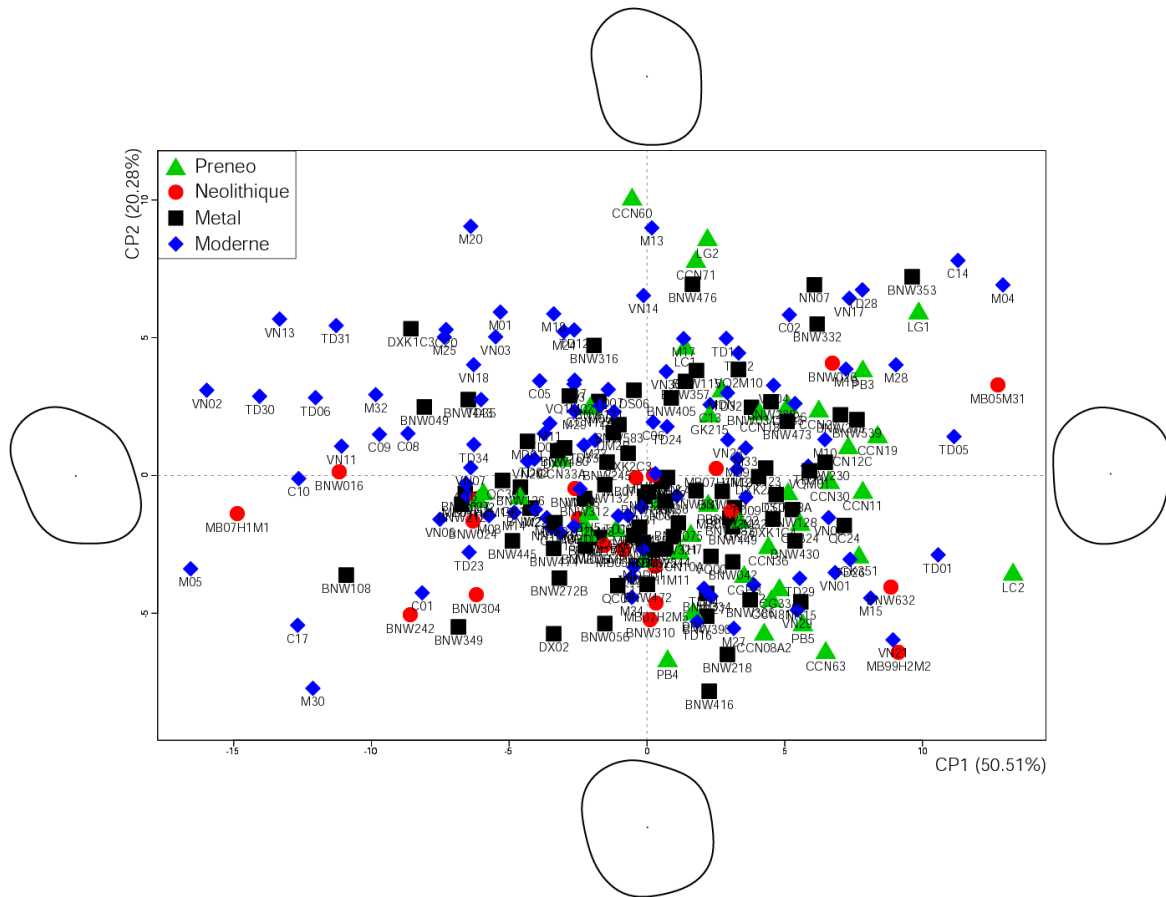
L'échantillon archéologique de Malaisie péninsulaire est uniquement représenté par les individus de Guar Kepah. La CP1 (54,03% de la variance totale) est caractérisée par des couronnes dont le paracone et l'hypocone sont faiblement développés dans la partie positive et plus développés dans la partie négative (Figure 58). La variabilité morphologique de la CP2 est principalement caractérisée par des molaires plus allongées mésio-distalement en allant vers les valeurs positives de l'axe. Les spécimens de Guar Kepah sont plutôt situés dans les valeurs positives de la CP1 et 2.

### 8.2.2.4. Totalité de l'Asie du Sud-Est continentale

Une ACP a d'abord été conduite sur la totalité de l'échantillon provenant d'Asie du Sud-Est continentale en mettant en valeur graphiquement les groupes chrono-culturels précédemment analysés : Prénéolithique, Néolithique, Age des Métaux et individus récents (Figure 59). Les individus préneolithiques sont principalement situés dans les valeurs positives de la CP1 (50,51% de la variance) caractérisées par des couronnes dont l'hypocone est proportionnellement très réduit (comme pour l'ACP menée uniquement sur l'échantillon vietnamien). Les individus néolithiques se trouvent surtout dans la partie négative de la CP2 (20,28%) comportant des couronnes dont l'axe mésio-distal est fort. Les individus récents et de l'Age des Métaux présentent quant à eux une grande variabilité ainsi que l'indique leur large répartition dans l'espace morphométrique (70,79% de la variance totale).

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	3	843,2	281,077	4,6622	0,05464	*
Résiduels	242	14589,8	60,288		0,94536	
Total	245	15433,0			1,00000	

**Tableau 23 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale selon des groupes définis par un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 14 Annexe 1 pour les effectifs).**



**Figure 59 : ACP sur les données de conformation des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (50,51%) et 2 (20,28%).**

Une NPMANOVA menée sur les groupes chrono-culturels montre des différences significatives (Tableau 23). Pourtant, la LDA ne permet que difficilement de visualiser quel(s) groupe(s) diffère(nt) significativement (Figure 60). Les individus récents se concentrent plutôt dans la partie positive de l'axe 1 (51,03% de la variance totale) caractérisée par des couronnes étroites mésio-distalement et dont la diagonale mésio-buccale/bucco-linguale est prononcée. Les individus du Néolithique et de l'Age des Métaux sont plutôt localisés dans la partie négative de ce même axe. Les différences de conformation le long de l'axe 2 (30,51% de la variance totale) sont principalement des variations relatives au développement de l'hypocone, faible pour les spécimens situés dans les valeurs négatives et prononcé dans la partie positive. Le long de l'axe 2, les individus préneolithiques et néolithiques se répartissent davantage dans les valeurs négatives alors que les spécimens de l'Age des Métaux ont tendance à se situer dans la partie positive. A noter tout de même qu'une

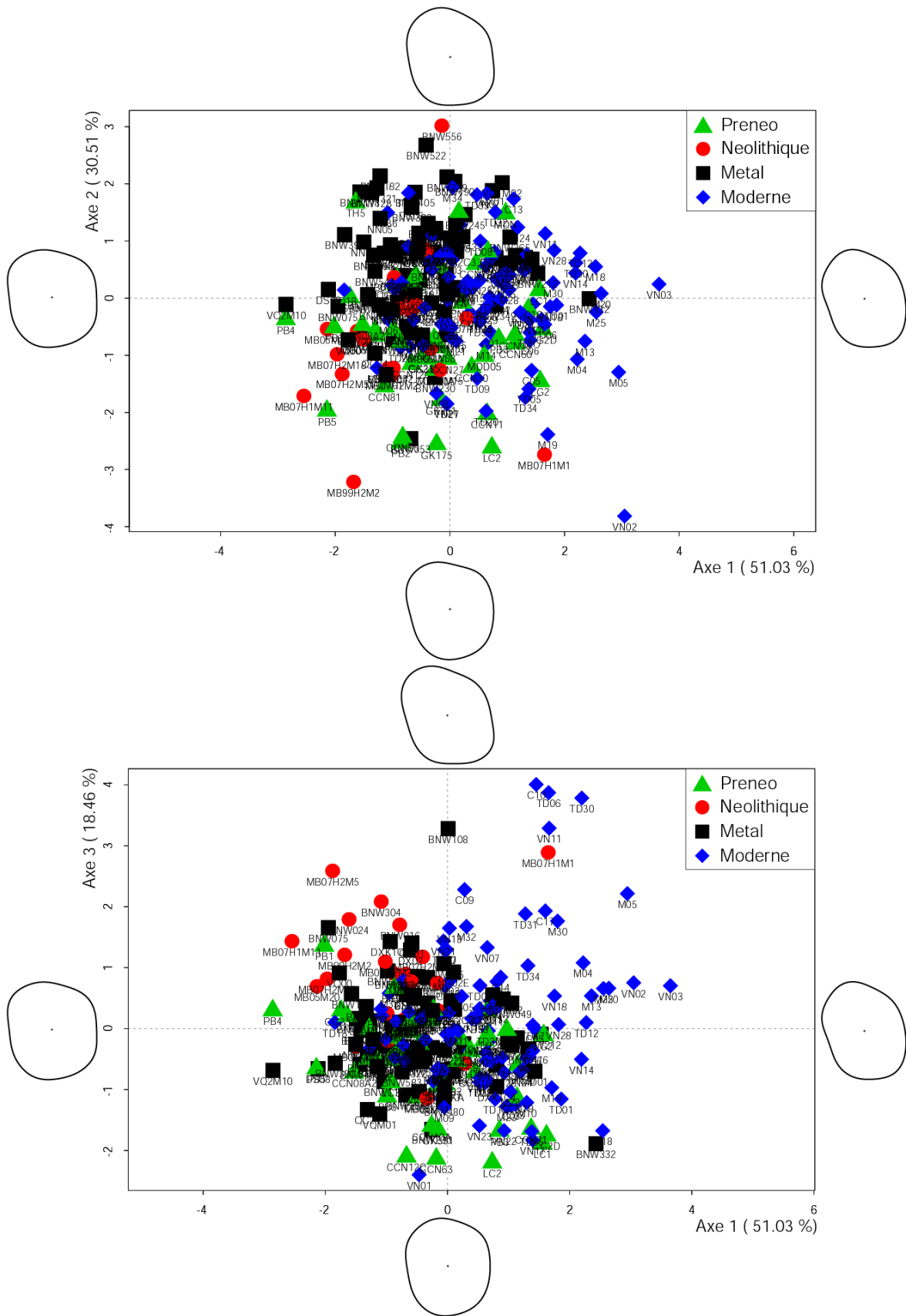


Figure 60 : LDA de la totalité des individus d'Asie du Sud-Est continentale selon un facteur chronologique. En haut, projection des individus sur les axes 1 (51,03%) et 2 (30,51%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (18,46%).

molaires néolithiques (BNW556) est nettement en-dehors de la variabilité des autres molaires néolithiques à l'extrême des valeurs positives de l'axe 2. De plus, la molaire de l'individu MB07H1M1, pour laquelle nous avons déjà remarqué une différence morphologique par rapport aux autres individus du Nord Vietnam, semble également s'individualiser par rapport aux autres molaires du groupe Néolithique, aussi bien dans les valeurs positives de la CP1 que négatives de la CP2. Finalement, tout en se situant plutôt dans la partie négative de l'axe 2, les individus du Néolithique occupent toute la variabilité représentée le long de l'axe 2. Sur l'axe 3 (18,46%), les molaires préneolithiques ont tendance à se répartir du côté négatif. Celui-ci est caractérisé par des molaires dont le diamètre mésio-distal relatif est court et par un hypocone faiblement développé. En revanche, les individus néolithiques, placés plutôt du côté positif de l'axe 3, possèdent des molaires dont la diagonale mésio-buccale/bucco-linguale est accentuée par un fort développement du paracone et de l'hypocone.

Enfin, une NPMANOVA a été menée uniquement sur les individus récents d'Asie du Sud-Est continentale selon un facteur géographique (groupes : Chine du Sud-Est, Malaisie péninsulaire, Thaïlande et Vietnam). L'hypothèse nulle d'absence de différence morphologique entre les groupes n'est pas rejetée (Tableau 24). La provenance géographique des populations récentes d'Asie du Sud-Est ne semble donc pas un facteur permettant d'expliquer les différences morphologiques.

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	3	157,4	52,467	0,68113	0,02084	ns
Résiduels	96	7394,8	77,029		0,97916	
Total	99	7552,2			1,00000	

**Tableau 24 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d'Asie du Sud-Est continentale avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 15 Annexe 1 pour les effectifs).**

### 8.2.2.5. Focus sur les spécimens préénéolithiques

Une ACP a été conduite uniquement sur les individus préénéolithiques d'Asie du Sud-Est continentale pour détecter d'éventuelles tendances morphologiques au sein des sites archéologiques (Figure 61). Les valeurs négatives de la CP1 (37,13% de la variance totale) traduisent principalement un développement important de la diagonale mésio-linguale/disto-buccale par rapport à la diagonale mésio-buccale/disto-linguale. C'est l'inverse pour les valeurs positives de la CP1. La CP2 (33,58% de la variance totale) est caractérisée par des couronnes approximativement carrées pour les valeurs extrêmes négatives. Les valeurs extrêmes positives de la CP2 sont caractérisées par des couronnes dont le diamètre bucco-lingual est très allongé et dont le diamètre mésio-distal maximum est situé dans la moitié buccale. Les quatre M<sup>2</sup> du site du Pléistocène supérieur de Tam Hang

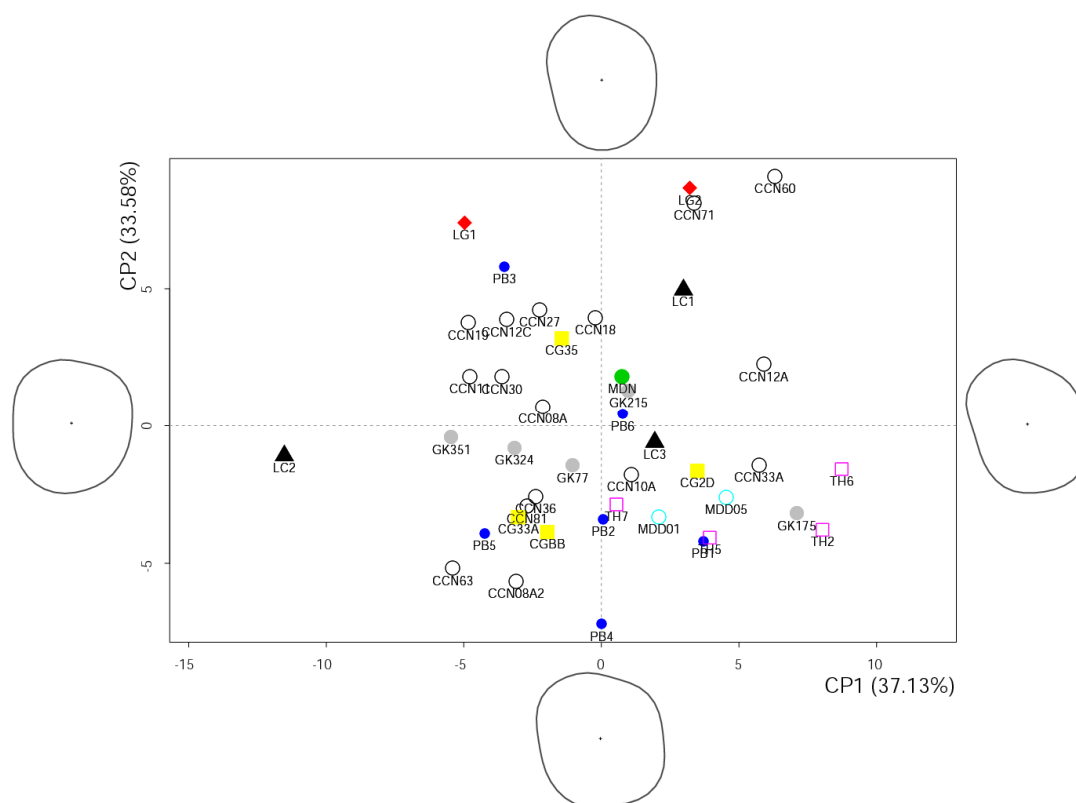


Figure 61 : ACP sur les données de conformation des individus préénéolithiques d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (37,13%) et 2 (33,58%).

et les trois molaires des sites du début de l'Holocène de Mai Da Dieu et Mai Da Nuoc sont situées dans la partie positive de la CP1. De plus, les molaires de Tam Hang et Mai Da Dieu sont localisées dans la partie négative de l'axe 2. Les deux molaires du site de Long Gao représentent les valeurs extrêmes positives de la CP2. Les molaires des sites (Cau Giat, Con Co Ngu, Guar Kepah, Lang Cuom et Pho Binh Gia) ne suivent pas de tendance particulière le long des CP. On peut signaler tout de même la molaire de l'individu LC2 située nettement en-dehors de la variabilité du reste des molaires à l'extrême des valeurs négatives de la CP1.

#### 8.2.2.6. Focus sur les spécimens du Néolithique et de l'Age des Métaux

Une ACP a été conduite uniquement sur les individus néolithiques et de l'Age des Métaux d'Asie du Sud-Est continentale (Figure 62). La variabilité morphologique exprimée graphiquement au sein des espaces morphométriques ne permet pas de discerner de tendances vers des regroupements de spécimens site par site ou vers une dispersion particulière des individus le long des CP.

#### 8.2.3. Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est insulaire et Australo-Mélanésie

##### 8.2.3.1. Les Philippines

Une ACP a été effectuée uniquement sur les individus provenant des Philippines (incluant à la fois les spécimens archéologiques et récents) en distinguant graphiquement leur provenance géographique (îles de Marinduque, Sulu, Luzon et Palawan) (Figure 63). La CP1 (47,28% de la variance totale) est caractérisée dans les valeurs positives extrêmes par des individus dotés d'un paracone et d'un hypocone très développés proportionnellement aux autres cuspidés de la couronne. L'individu positionné à l'extrême des valeurs positives de la



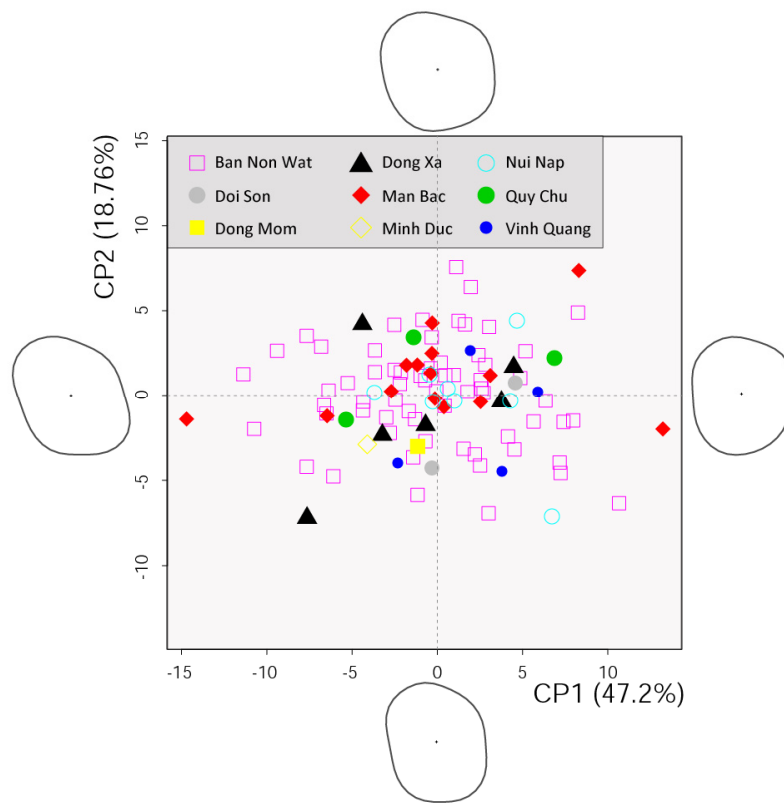


Figure 62 : ACP sur les données de conformation des individus Néolithiques et de l'Age des Métaux d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (47,2%) et 2 (18,76%).

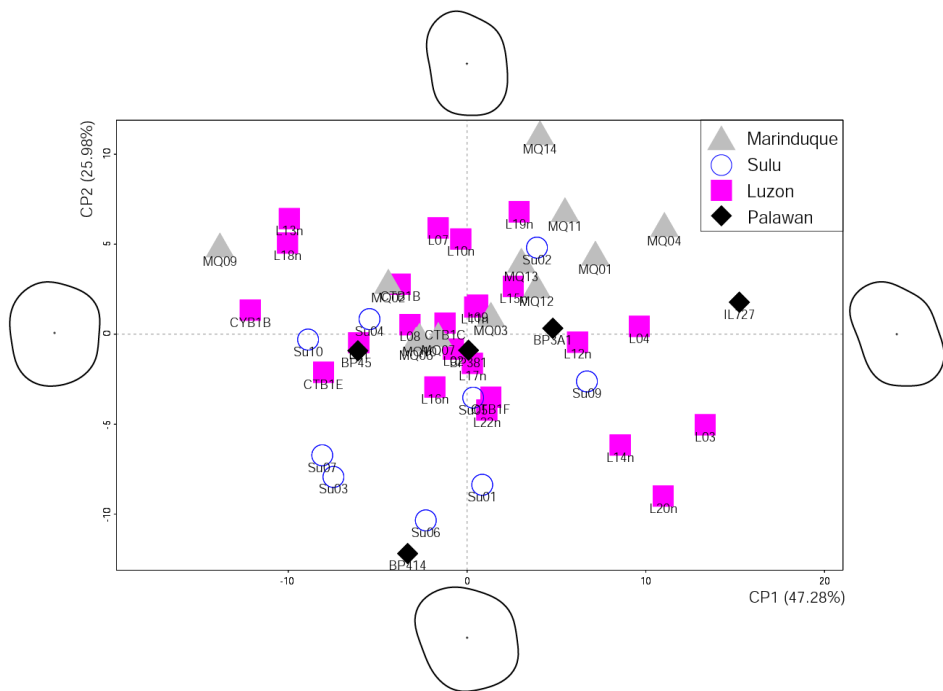


Figure 63 : ACP sur les données de conformation des individus provenant des Philippines. Projection des individus sur les CP1 (47,28%) et 2 (25,98%).

CP1 est IL727, seul échantillon préneolithique du corpus philippin. La variabilité morphologique représentée le long de la CP2 (25,98% de la variance totale) est caractérisée du côté positif par un allongement du diamètre bucco-lingual des couronnes. De l'autre côté de la composante, le diamètre mésio-distal des couronnes est proportionnellement beaucoup plus prononcé. Les individus de l'île de Sulu se trouvent principalement dans la partie négative de la CP2 et ceux de Marinduque, île située à quelques kilomètres au sud de l'île de Luzon, sont surtout concentrés dans la partie positive. La valeur extrême négative de la CP2 est représentée par une molaire de l'Age des Métaux provenant du site de Bato-Puti à Palawan.

#### 8.2.3.2. Les individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire

Une NPMANOVA appliquée aux individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire répartis en 8 groupes géographiques (Andaman, Bornéo, Java, Luzon, Marinduque, Sulawesi, Sulu, Sumatra) montre l'existence de différences significatives entre groupes (Tableau 25). Étant donné le faible effectif de certains groupes (*cf.* Tableau 16 Annexe 1 pour les effectifs), il était impossible d'effectuer une LDA pour visualiser les différences morphologiques entre groupes. Une ACP a donc été menée (Figure 64). Les résultats de l'ACP dépeignent une grande variabilité morphologique des molaires d'Asie du Sud-Est insulaire et une faible différenciation des groupes. Le groupe s'individualisant le plus fortement est constitué des six molaires de Négritos d'Andaman, toutes situées dans les valeurs positives des CP1 et 2. À l'instar de l'analyse portant exclusivement sur les spécimens provenant des Philippines, les individus récents de Sulu et Marinduque ont tendance à se répartir respectivement au sein des valeurs négatives et positives de la CP2. Les individus récents de Java sont eux aussi davantage répartis du côté négatif de la CP2, caractérisée par des molaires dont les couronnes sont proportionnellement allongées mésio-distalement. Les autres groupes ne suivent pas de tendance particulière le long des CP.

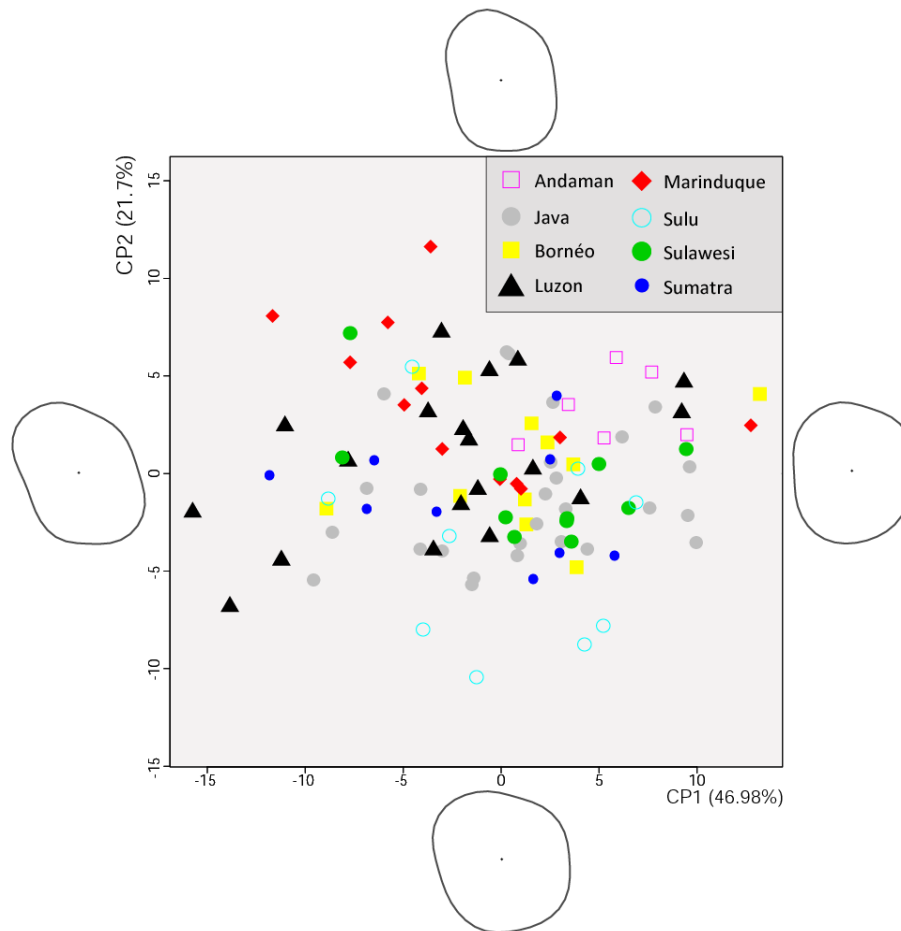


Figure 64 : ACP sur les données de conformation des individus récents provenant d'Asie du Sud-Est insulaire. Projection des individus sur les CP1 (46,98%) et 2 (21,7%).

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	7	1046,3	149,466	2,1345	0,13468	*
Résiduels	96	6722,2	70,023		0,86532	
Total	103	7768,4			1,00000	

Tableau 25 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 16 Annexe 1 pour les effectifs)

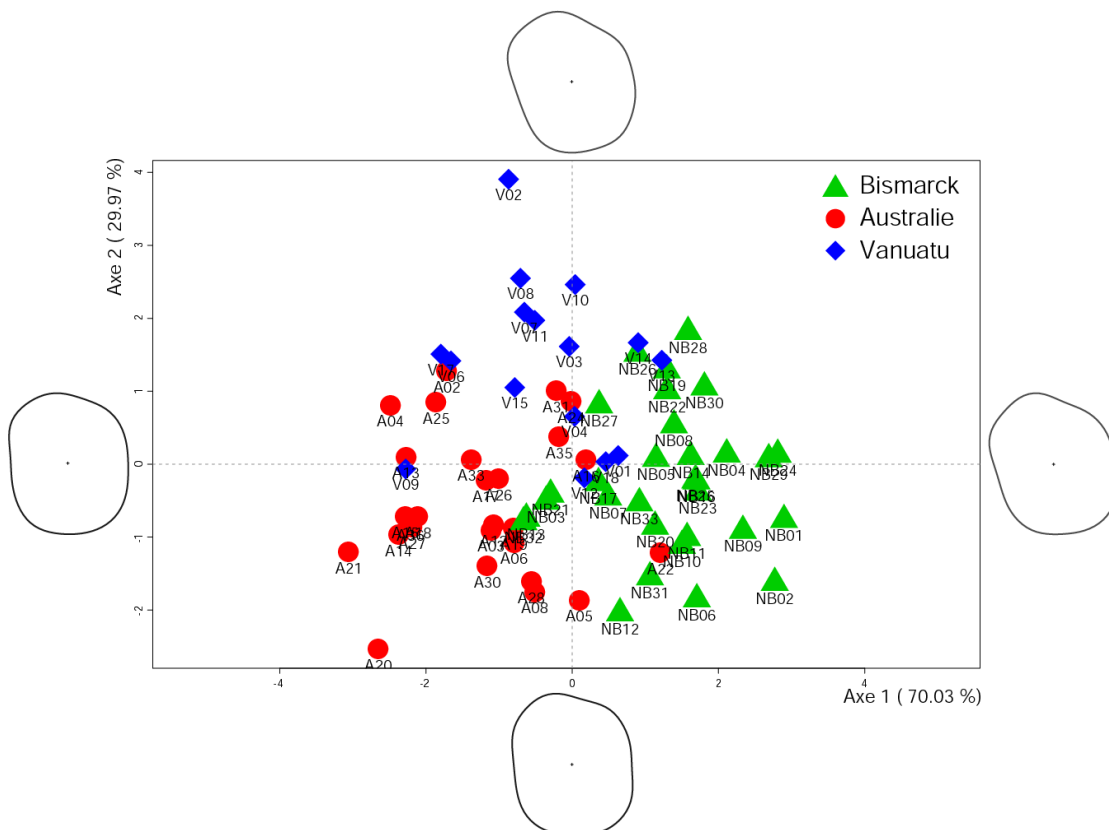
### 8.2.3.3. Les individus récents d'Australo-Mélanésie

Une NPMANOVA a été menée uniquement sur les individus récents Australiens et Mélanésiens, à l'exclusion des spécimens des îles Salomon en raison de leur faible effectif (Tableau 26). L'hypothèse nulle d'absence de différence morphologique entre les individus récents d'Australie, de l'archipel des Bismarck et du Vanuatu est rejetée. Une LDA a été effectuée pour visualiser les différences morphologiques entre les trois groupes (Figure 65).

Les variations de conformation illustrées le long de l'axe 1 (70,03% de la variance totale) traduisent surtout un développement du paracone pour les spécimens situés dans les valeurs positives notamment par un bombement sur la face buccale. Les changements de conformation le long de l'axe 2 (29,97% de la variance totale) traduisent également ce bombement de la face buccale dans les valeurs positives mais aussi une diminution relative du métacone et du protocone. La partie positive de l'axe 1 est principalement représentée par les individus des Bismarck. Les individus provenant du Vanuatu se trouvent principalement dans les valeurs positives de l'axe 2.

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	7	473,3	236,644	2,8836	0,07513	0,0182*
Résiduels	71	5826,7	82,066		0,92487	
Total	73	6300,0			1,00000	

**Tableau 26 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d'Australo-Mélanésie avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 17 Annexe 1 pour les effectifs)**



**Figure 65 : LDA des individus récents d'Australo-Mélanésie selon un facteur géographique. Projection des individus sur les axes 1 (70,03%) et 2 (29,97%).**

#### 8.2.3.4. Spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire.

Etant donné l'hétérogénéité de notre échantillon provenant de contextes archéologiques en Asie du Sud-Est insulaire, nous avons décidé d'entreprendre d'abord une LDA sur la totalité des individus récents de notre échantillon selon un facteur géographique, puis d'inclure *a posteriori* les individus archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire en effectuant une analyse discriminante linéaire prédictive (PDA). La LDA permet d'une part de visualiser les différences morphologiques entre les individus récents et d'autre part de fournir un cadre pour l'inclusion *a posteriori* des individus archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire.

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	14	1841,8	131,558	1,7296	0,08431	*
Résiduels	263	20004,8	76,064		0,91569	
Total	277	21846,6			1,00000	

**Tableau 27 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus récents de l'échantillon avec quatre groupes définis selon un facteur géographique (Asie du Sud-Est continentale et insulaire, Mélanésie et Australie). (cf. Tableau 18 Annexe 1 pour les effectifs).**

La NPMANOVA sur l'ensemble des individus récents répartis en quatre groupes (Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire, Mélanésie incluant le Vanuatu, Australie) est significative (Tableau 27). L'axe 1 de la LDA (51,76% de la variance totale) est caractérisé à l'extrême des valeurs positives par des couronnes dont le développement de toutes les cuspides est prononcé, avec notamment un fort développement de la partie buccale du paracone, ce qui se traduit par un bombement dans la partie buccale (Figure 66). Les valeurs négatives de l'axe 1 sont constituées de molaires dont le paracone est fortement développé dans sa partie mésio-buccale (et non pas dans sa partie buccale comme c'est le cas pour les individus situés dans les valeurs positives) et possédant un protocone moins prononcé que pour les molaires situées du côté positif de l'axe. Les groupes d'individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire et continentale sont préférentiellement dans les valeurs négatives et faiblement positives de l'axe 1. Les individus récents d'Australie et de Mélanésie ont clairement tendance à se situer dans les valeurs positives. L'axe 2 (31,13% de la variance

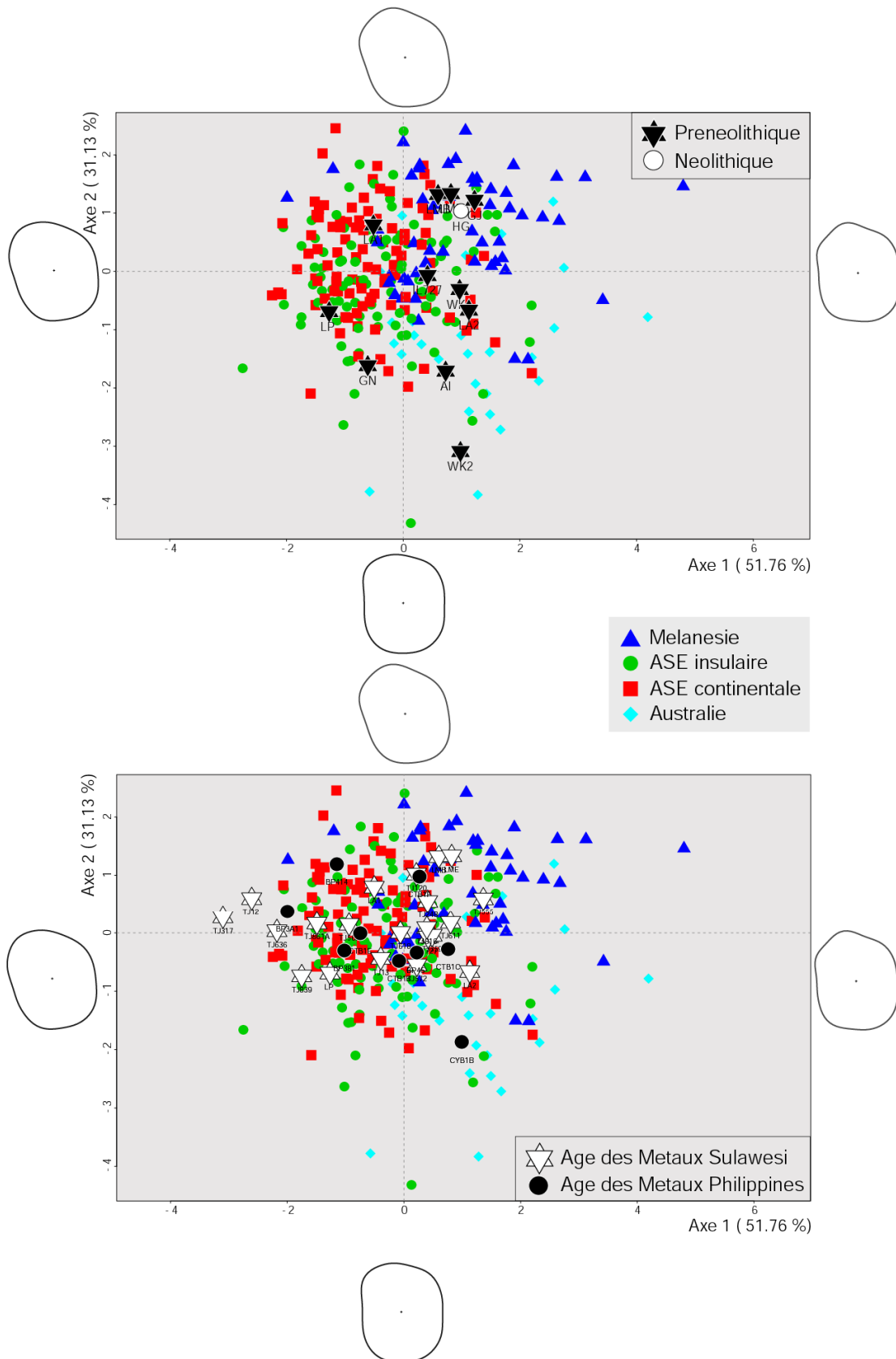


Figure 66 : PDA sur les spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire, en haut les molaires préneolithiques et en bas les molaires de l'Age des Métaux des Philippines et de Leang Tjadang (Sulawesi). La LDA de référence a été menée sur la totalité des individus récents répartis en quatre groupes selon un facteur géographique. Projection des individus sur les axes 1 (51,76%) et 2 (31,13%).

totale) fournit une distinction assez nette entre les Mélanésiens du côté positif et les Australiens du côté négatif. Les valeurs extrêmes négatives de l'axe 2 ont tendance à être représentées par des molaires dont chaque cuspide semble avoir plus ou moins une taille équivalente, aboutissant à une couronne de forme globalement rectangulaire. Les molaires situées du côté positif de l'axe 2 ont tendance à avoir un paracone très développé au niveau de la face buccale.

Globalement, les spécimens préénéolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire ajoutés *a posteriori* dans la LDA sont répartis du côté positif de l'axe 1 et sont très variables le long de l'axe 2 (Figure 66). Plus en détails, les trois individus situés dans les valeurs négatives de l'axe 1, c'est-à-dire clairement au sein de la variabilité asiatique, proviennent de trois sites archéologiques de l'île de Florès (Liang Alo, Liang Panas, Gua Nempong). Le deuxième individu de Liang Alo (LA2) est situé du côté positif de l'axe 1, en marge de la variabilité asiatique et dans celle des Australiens. Les deux individus de Liang Momer (LMB et LME) sont très proches l'un de l'autre et situés dans les parties positives des axes 1 et 2, en marge de la variabilité asiatique et au sein de celle des Mélanésiens récents. Les spécimens de Gua Jimbe (GJ) et Hoekgrot (HG), provenant de Java, sont également très proches des individus de Liang Momer. Le fossile Wajak 2 (WK2) possède la valeur négative la plus élevée le long de l'axe 2 et se situe clairement au sein de la variabilité australienne récente et en-dehors de la variabilité asiatique. Le fossile Wajak 1 (WK1) est positionné du côté positif de l'axe 1 et dans une position intermédiaire entre les Mélanésiens et Australiens récents le long de l'axe 2.

Les spécimens de l'Age des Métaux d'Asie du Sud-Est insulaire (Leang Tjadang, Bato Puti, Catugan et Catayauan), ajoutés *a posteriori* dans la LDA, ne suivent pas de tendance particulière le long des axes 1 et 2, soulignant une variabilité morphologique élevée (Figure 66). Néanmoins, la part des spécimens datant de l'Age des Métaux se situant dans la

variabilité des individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire et continentale, c'est-à-dire dans les valeurs négatives de l'axe 1, est plus importante que pour les individus préneolithiques.

#### 8.2.4. Variabilité morphologique de la totalité de l'échantillon

Deux phénogrammes, selon les méthodes NJ et UPGMA, ont été construits à partir des distances de Mahalanobis obtenues sur 18 unités taxonomiques opérationnelles (UTO ; cf. Tableau 3 Annexe 2 pour les distances de Mahalanobis). Ces UTO ont été créées de manière à prendre en compte à la fois les facteurs chrono-culturels et géographiques à l'échelle de tout l'échantillon (cf. Annexes 7, 8, 9 ; Tableau 1 ; Tableau 2).

##### 8.2.4.1. Arbre de distances avec la méthode du NJ

Un groupement est constitué des individus récents d'Australo-Mélanésie (incluant le Vanuatu), des Négritos et des spécimens préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire (Figure 67). Ce regroupement est robuste puisque le nœud commun à ces cinq UTO a été retrouvé dans 96% des ré-échantillonnages du *bootstrap*. Au sein de ce regroupement, un nœud est constitué des Négritos, Australiens et spécimens préneolithiques insulaires (*bootstrap*= 83%), et un autre nœud des individus récents de Mélanésie et du Vanuatu (*bootstrap*=94%). Par ailleurs, la longueur importante des branches de ces cinq UTO signale des différenciations morphologiques importantes. La longueur de la branche correspondant à l'UTO des spécimens préneolithiques insulaires est néanmoins à considérer avec prudence car le faible effectif de ce groupe a pu provoquer une distance de Mahalanobis artificiellement importante.

Un nœud relativement robuste (présent dans 70% des ré-échantillonnages du *bootstrap*) regroupe les deux UTO préneolithiques d'Asie du Sud-Est continentale (« Pléisto sup/Déb.



Holocène Asie du Sud-Est cont. » et « Milieu Holocène Asie du Sud-Est cont. »). Un autre nœud, assez robuste (*bootstrap* = 71%), est constitué des individus de l'Age des Métaux du Vietnam et des individus néolithiques d'Asie du Sud-Est continentale. Un nœud regroupe ces quatre dernières UTO ainsi que les spécimens de l'Age des Métaux de Thaïlande mais de manière peu robuste puisque seulement 27% des ré-échantillonnage du *bootstrap* retrouve le regroupement de ces cinq UTO. Un nœud regroupe les deux UTO de l'Age des Métaux d'Asie du Sud-Est insulaire (« Métal Sulawesi » et « Métal Philippines » ; *bootstrap* = 41%). Un nœud regroupe la totalité des UTO constituées de spécimens archéologiques avec une robustesse moyenne (*bootstrap* = 58%).

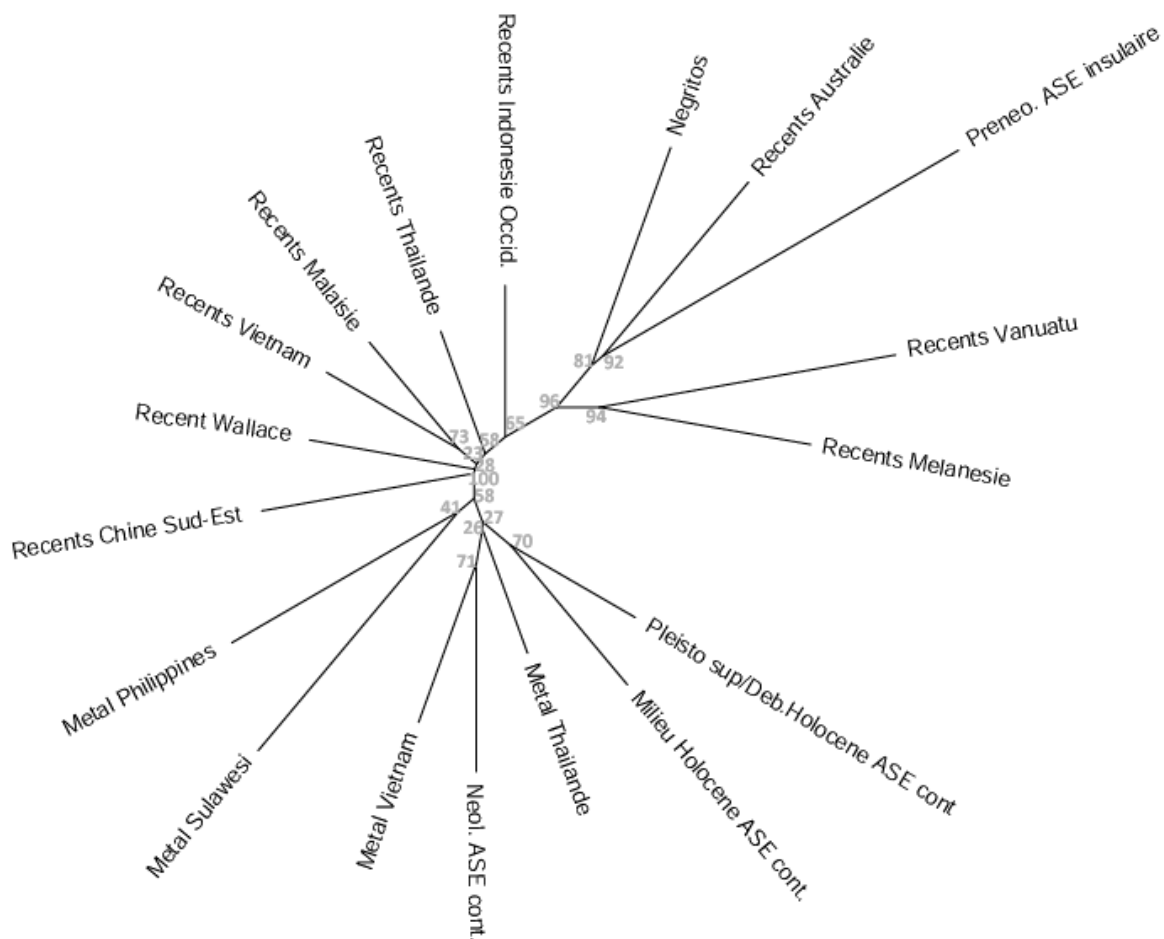


Figure 67 : Phénogramme réalisé avec la méthode du NJ sur les groupes définis par le facteur «chronogéographique 1». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs)

Les branches restantes sont constituées des UTO comprenant les individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire et continentale. Les spécimens récents de Malaisie et du Vietnam sont regroupés par un nœud retrouvé dans 73% des ré-échantillonnages du *bootstrap*.

#### 8.2.4.2. Arbre de distances avec la méthode UPGMA

Les résultats de l'UPGMA en grande partie congruent avec ceux du NJ (Figure 68). L'UTO constituée des individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire est différenciée du reste des UTO. Le nœud regroupant les cinq UTO constituées des spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est continentale est également retrouvé dans l'UPGMA, pour 100% des ré-échantillonnages du *bootstrap*. A l'intérieur de ce groupe, les individus de l'Age des Métaux du Vietnam et du Néolithique d'Asie du Sud-Est continentale sont regroupés (*bootstrap*=90%), et un nœud regroupe les deux UTO préneolithiques d'Asie du Sud-Est continentale et les spécimens de l'Age des Métaux de Thaïlande (*bootstrap*=98%). Un nœud très robuste (*bootstrap* = 99%) regroupe toutes les UTO d'individus récents. Un autre nœud très robuste est constitué des trois UTO australo-Mélanésiennes récentes (Australie, Mélanésie, Vanuatu) et des Négritos. A l'intérieur de ce regroupement, les Négritos sont groupés avec les individus récents d'Australie alors que les molaires mélanésiennes (Bismarck et Salomon) sont regroupées avec celles du Vanuatu. Les branches menant aux individus de l'Age des Métaux d'Asie du Sud-Est insulaire (Sulawesi et Philippines) sont positionnées entre le nœud regroupant tous les individus récents avec les spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est continentale (*bootstrap* = 94%) et celui regroupant les trois UTO australo-Mélanésiennes récentes et les Négritos.

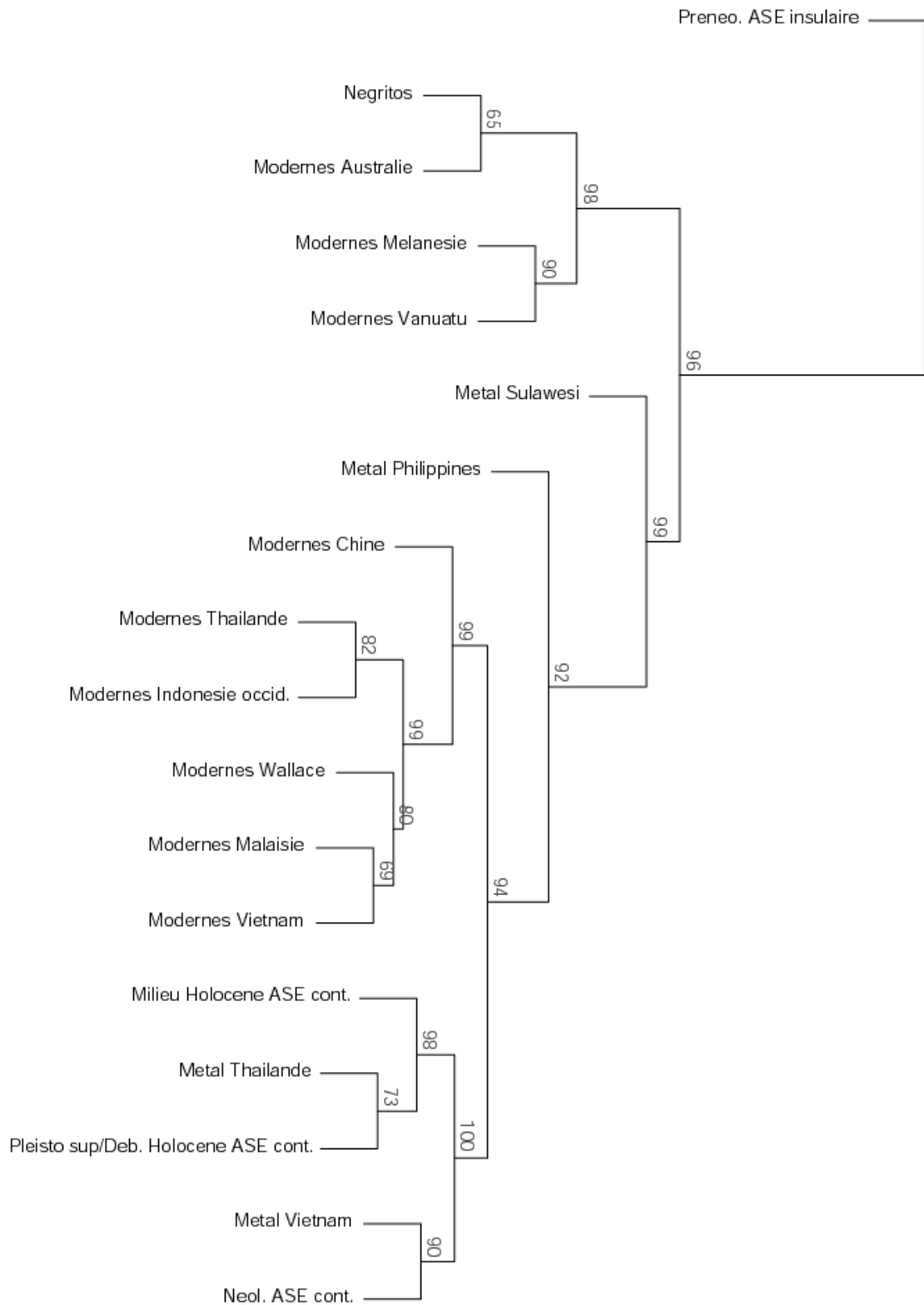


Figure 68 : Phénogramme réalisé avec la méthode UPGMA sur les groupes définis par le facteur «chronogéographique 1». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs).

### 8.3. RESULTATS DES MODELISATIONS

Sept modèles (matrices chrono-géographiques) ont été créés afin de traduire les principales hypothèses de peuplement et de les comparer aux distances de Mahalanobis obtenues selon le facteur « chrono-géographique 2 » (cf. 5-2 et Tableau 4 Annexe 2 pour les distances de Mahalanobis). Lorsque les résultats des tests de Mantel (*bootstrap* = 9999 permutations) ne sont pas corrigés par la méthode de Bonferroni, tous les modèles sont significatifs (Tableau 28). Les deux variantes du modèle LGM affichent la corrélation la plus élevée (0,288 et 0,299). Lorsque les résultats des tests de Mantel sont corrigés par la méthode très conservatrice de Bonferroni, seul le modèle LGMA est significatif.

Modèles	r	p	p (Bonf.)
IBD	0,24	*	ns
ONEMIG	0,275	*	ns
LGMA	0,299	*	*
LGMB	0,288	*	ns
TWOMIGA	0,239	*	ns
TWOMIGB	0,25	*	ns
NUSAN	0,249	*	ns

**Tableau 28 : Corrélation et significativité de la matrice de distances morphologiques avec les six matrices de distances chrono-géographiques. (cf. Tableau 20 Annexe 1 pour les effectifs).**

---

### **Principaux résultats obtenus sur les M<sup>2</sup> en quelques points :**

- Analyses de taille :
  - Australiens, Mélanésiens et individus préneolithiques ont une taille nettement supérieure aux autres groupes.
  - Les molaires des Négritos ne sont pas les plus petites.
  
- Allométries de taille : très faibles.
  
- Analyse de la conformation :
  - En Asie du Sud-Est continentale : différences significatives selon un facteur chrono-culturel.
  - En Asie du Sud-Est insulaire : individus préneolithiques plus proches des « Australo-Mélanésiens » que des « Asiatiques » dans leur conformation.
  - En Australo-Mélanésie (spécimens récents) : différences significatives selon un facteur géographique.
  - Individus récents : différences significatives selon un facteur géographique en prenant en compte quatre grands ensembles : Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire, Australie, Mélanésie.
  - Totalité de l'échantillon :
    - Australo-Mélanésiens, Négritos et individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire partagent nettement plus d'affinités morphologiques entre eux qu'avec le reste de l'échantillon.
    - Tous les spécimens provenant de contextes archéologiques en Asie du Sud-Est continentale (sauf Préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire) partagent nettement plus d'affinités morphologiques entre eux qu'avec le reste de l'échantillon.
    - Tous les individus récents partagent plus d'affinités morphologiques entre eux qu'avec le reste de l'échantillon.
  
- Modélisation : seule l'hypothèse LGM est significative



# 9. TAILLE ET CONFORMATION DES PREMIERES MOLAIRES INFERIEURES DEFINITIVES

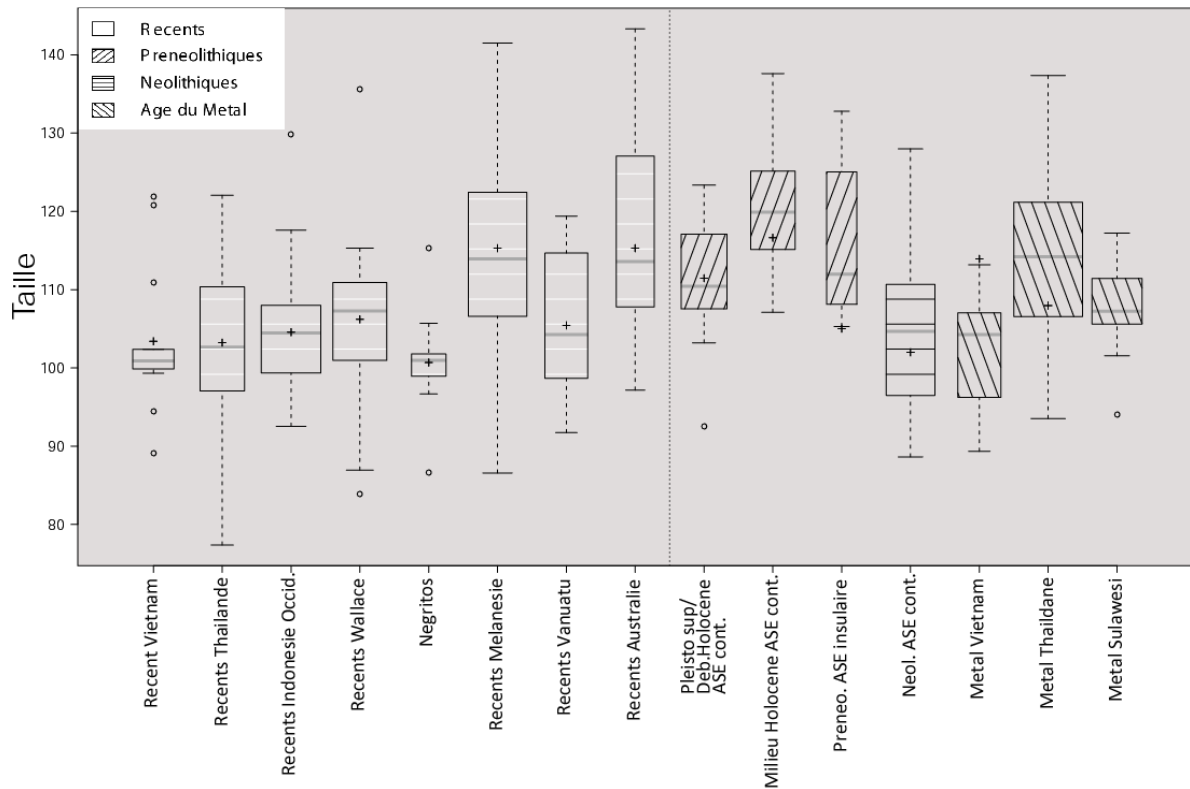
---

## 9.1. ANALYSE DE LA TAILLE

Le diagramme en boîte à moustaches (Figure 69) indique que les molaires des spécimens du milieu de l'Holocène d'Asie du Sud-Est continentale sont les plus grandes. Les tailles des molaires récentes mélanésiennes, australiennes, de l'Age des Métaux en Thaïlande et des deux groupes archéologiques préneolithiques (« Pléisto sup/déb.Holocène Asie du Sud-Est cont. » et « Prénéo. Asie du Sud-Est insulaire ») sont proches et légèrement inférieures à la taille des spécimens du milieu de l'Holocène d'Asie du Sud-Est continentale. Les tailles des molaires des autres groupes sont nettement inférieures, particulièrement pour les individus récents du Vietnam et les Négritos.

La condition d'homogénéité des variances (de la variable de taille) n'étant pas respectée pour entreprendre une ANOVA (test de Bartlett : Bartlett's K-squared=26,56; ddl=14; p=\*), la comparaison de la taille des  $M_1$  a été effectuée par un test de Kruskal-Wallis (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs). Ce dernier rejette l'hypothèse nulle d'égalité de la taille des molaires (Kruskal-Wallis chi-squared = 69.88 ; ddl=14, p=\*). Un test de Wilcoxon a donc été appliqué pour détecter quels sont les groupes dont la taille diffère significativement (cf. Tableau 4 Annexe 1). Après l'application de la correction de Bonferroni, les résultats du test de Wilcoxon indiquent que les différences de taille concernent surtout les spécimens du milieu de l'Holocène d'Asie du Sud-Est continentale. Ce groupe a une taille significativement différente de tous les groupes néolithiques et post-néolithiques asiatiques, sauf le groupe d'individus de l'Age des Métaux en Thaïlande. Ces derniers ont également une taille significativement différente du groupe de l'Age des Métaux du Vietnam et des individus

récents d'Indonésie occidentale. Les  $M_1$  récentes de Mélanésie diffèrent significativement de celles d'Indonésie occidentale.



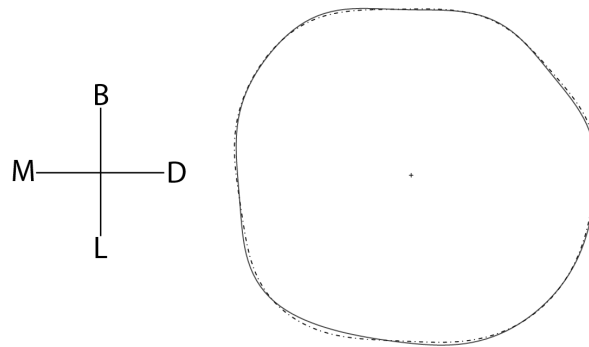
**Figure 69 : Diagramme en boîte à moustaches sur la taille des couronnes des molaires selon le facteur « chrono-géographique 1 ». Les croix indiquent les moyennes des groupes. (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs)**

## 9.2. ANALYSE DE LA CONFORMATION

### 9.2.1. Description des allométries

Une série de régressions linéaires a été menée sur les 25 premières CP et la variable taille pour la totalité de l'échantillon (25CP=99,9% de la variance). La taille a un effet significatif sur les CP3, 13, 18 et 23 (cf. Tableau 8 Annexe 1 pour résultats des régressions linéaires). Cependant, les valeurs très modérées des coefficients de régression et de détermination





**Figure 70 : Visualisation des effets allométriques sur les couronnes par régression linéaire multivariée des variables de conformation sur la variable taille<sup>26</sup>. (B, D, L, M : faces buccale, distale, linguale, mésiale ; ligne continue = couronne de grande taille, ligne en pointillé = couronne de petite taille)**

indiquent que l'effet de taille est très faible sur la conformation. Une régression linéaire multivariée des variables de conformation sur la variable taille montre que les effets allométriques sont très faibles à l'échelle de la totalité de l'échantillon (Figure 70).

Une MANCOVA et une régression linéaire ont été menées sur deux sous-échantillons afin de tester l'influence des facteurs géographiques et chrono-culturels sur les allométries (cf. 5-1-1-2) :

La MANCOVA conduite sur la conformation et la taille des individus du sous-échantillon géographique est significative ainsi que l'interaction des facteurs (Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire et Mélanésie), ce qui signifie que l'effet de taille sur la conformation semble être influencé par un facteur géographique (Tableau 29). Les régressions linéaires menées sur les groupes « Asie du Sud-Est continentale » pour la CP1 et « Mélanésie » pour la CP2 sont significatives (Figure 71). Les régressions linéaires menées sur chaque groupe du sous-échantillon géographique pour les CP1 et 2 ont des coefficients de régression et de détermination faibles, excepté pour le groupe « Asie du Sud-Est continentale » dont l'influence de la taille sur la conformation est plus importante (Figure 71; cf. Tableau 11 Annexe 1 pour les résultats des régressions linéaires des CP1 et 2 sur la

<sup>26</sup> Dans la présente étude, toutes les représentations de contours de molaires seront en vue occlusale et orientées exactement de la même manière : face buccale vers le haut, face mésiale vers la gauche.

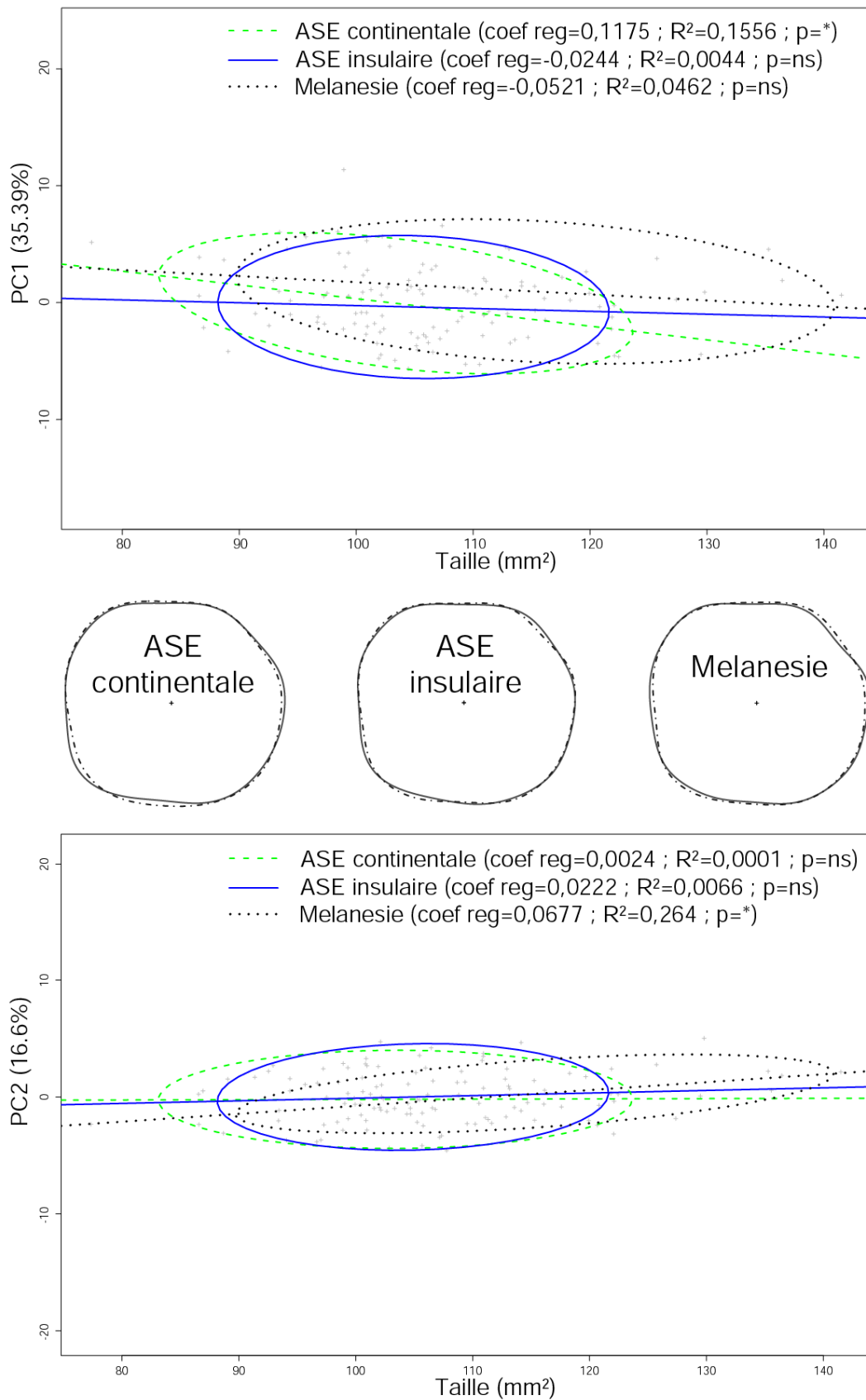


Figure 71 : Pentas allométriques pour les groupes du sous-échantillon géographique et visualisation de l'effet de taille sur la conformation des couronnes de chaque groupe. Les ellipses représentent 95% de la variabilité des individus de chaque groupe.

	ddl	Pillai	F	ddl num	ddl den	p
Tailles	1	0,45216	1,5681	40	76	*
Groupes	2	0,94650	1,7295	80	154	*
Tailles:Groupes	2	0,86810	1,4764	80	154	*
Residuels	115					

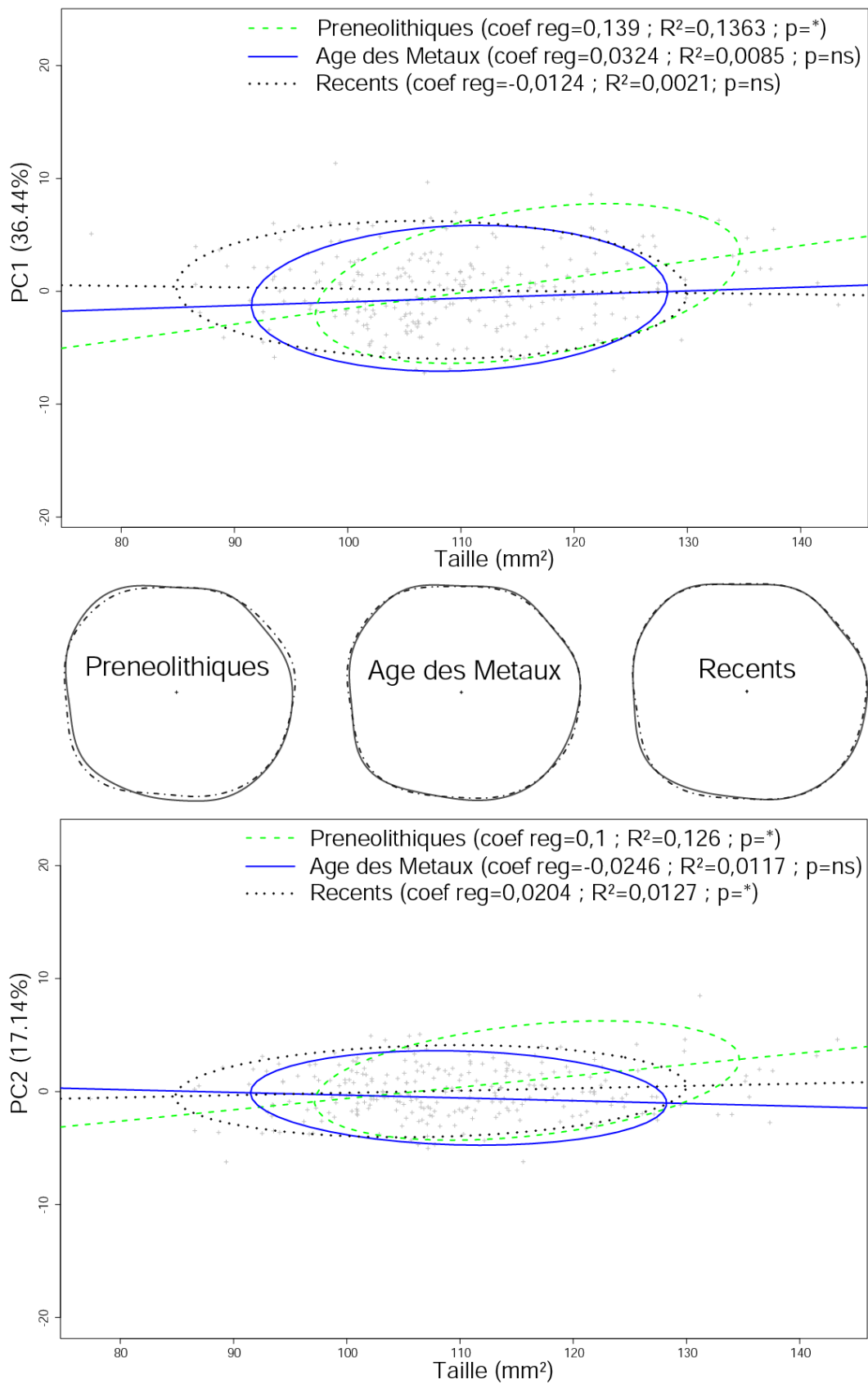
**Tableau 29 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon géographique. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs).**

	ddl	Pillai	F	ddl num	ddl den	p
Tailles	1	0,27092	1,9602	40	211	*
Groupes	2	0,64947	2,5488	80	424	*
Tailles:Groupes	2	0,39073	1,2868	80	424	ns
Residuels	250					

**Tableau 30 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon chrono-culturel. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs).**

totalité du sous-échantillon géographique). Les régressions linéaires multivariées des variables de conformation sur la taille indiquent une tendance pour les molaires de grande taille d'Asie du Sud-Est continentale et de Mélanésie à avoir une cuspide buccale (hypoconulide) plus prononcée.

La MANCOVA conduite sur la conformation et la taille des individus du sous-échantillon chrono-culturel est significative mais l'interaction des facteurs (Prénéolithiques, Age des Métaux, Récents) ne l'est pas, ce qui signifie que l'effet de taille sur la conformation ne semble pas être influencé par un facteur chrono-culturel (Tableau 30). Les régressions linéaires menées sur les groupes « Prénéolithique » pour la CP1 et 2 et « Récents » pour la CP2 sont significatives (Figure 72). Les coefficients de régression et de détermination sont très faibles pour les groupes « Age des Métaux » et « Récents » mais plus importants pour le groupe « Prénéolithiques » sur la CP1 (Figure 72; cf. Tableau 12 Annexe 1 pour résultats des régressions linéaires des CP1 et 2 sur la totalité du sous-échantillon chrono-culturel). Les régressions linéaires multivariées des variables de conformation sur la taille indiquent que les effets allométriques sont très faibles pour les groupes « Age des Métaux » et « Récents » mais nettement plus importants pour les molaires préneolithiques. Ainsi, les molaires préneolithiques de grandes tailles semblent avoir proportionnellement un protoconide plus



**Figure 72 : Pentas allométriques pour les groupes du sous-échantillon chrono-culturel et visualisation de l'effet de taille sur la conformation des couronnes de chaque groupe. Les ellipses représentent 95% de la variabilité des individus de chaque groupe.**

prononcé, un entoconide plus développé au niveau de la face linguale mais un métaconide et hypconulide plus retraits (Figure 72).

Les effets allométriques (directions et amplitudes) sont globalement assez faibles même si la MANCOVA et les droites de régression indiquent un effet significatif du facteur géographique, en particulier pour le groupe « Asie du Sud-Est continentale ». L'effet de taille sur la conformation est également significatif pour les molaires pré-néolithiques mais les résultats de la MANCOVA indiquent que les pentes des trois groupes chrono-culturels ne diffèrent pas significativement. L'interprétation de la variabilité morphologique à partir de la conformation du contour des  $M_1$  des *Homo sapiens* d'Asie du Sud-Est doit donc tenir compte des biais éventuels liés aux allométries.

## 9.2.2. Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est continentale

### 9.2.2.1. Nord du Vietnam

Une ACP a été conduite sur la partie de l'échantillon provenant du Vietnam (Figure 73). La variabilité de conformation représentée par les individus extrêmes de la CP1 (41,97% de la variance totale) correspond du côté négatif à des couronnes dont l'allongement du diamètre mésio-distal est prononcé, à l'inverse des couronnes se situant dans les valeurs positives extrêmes de la composante. Le long de la CP2 (15,39% de la variance), la répartition des individus est principalement liée à des changements de proportion des cuspidés linguales : l'entoconide est largement plus développé que le métaconide du côté négatif et inversement dans la partie positive. Les individus récents ont tendance à se trouver dans la partie négative de la CP1. Les spécimens pré-néolithiques tendent plutôt à être localisés dans la moitié négative de la CP2 et ceux de l'Age des Métaux plutôt dans la partie positive. L'individu du site de Nui Nap (NN07KA) est nettement en-dehors de la variabilité des autres

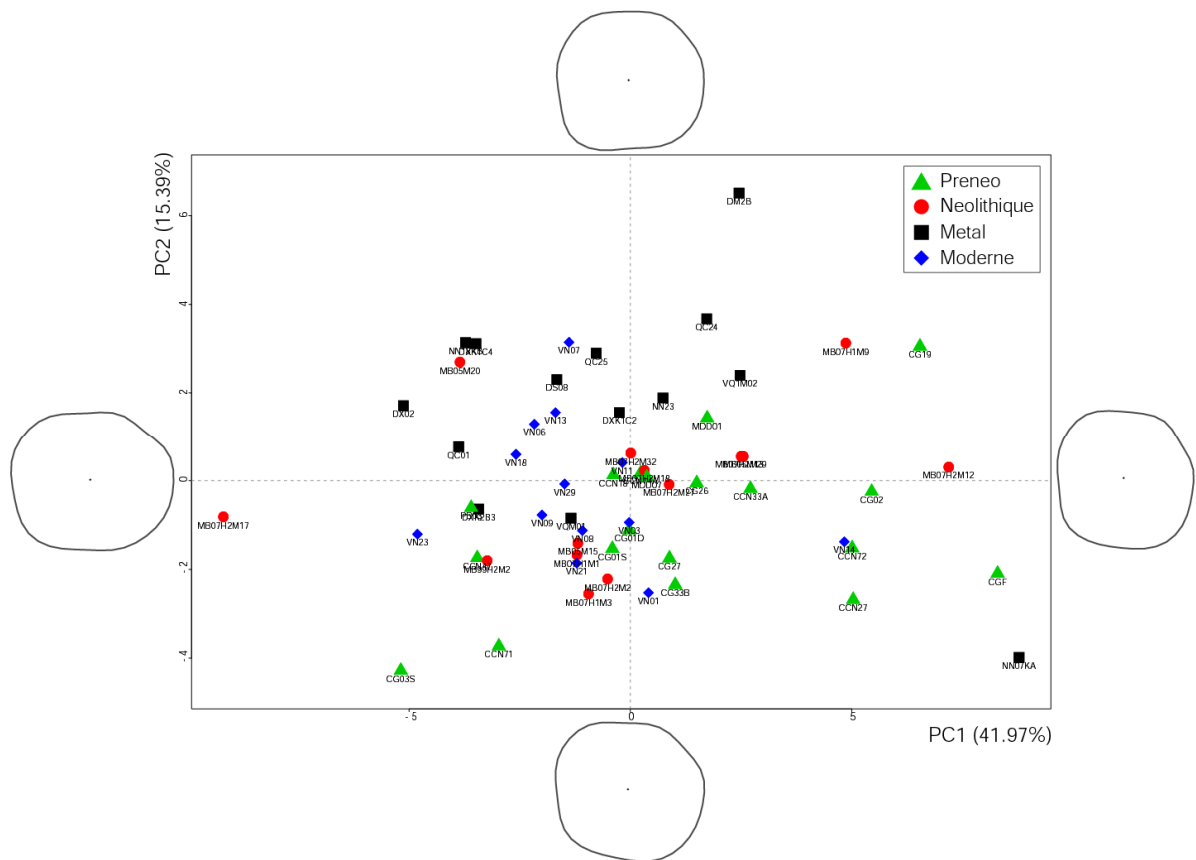


Figure 73 : ACP sur les données de conformation des individus provenant du Vietnam. Projection des individus sur les CP1 (41,97%) et 2 (15,39%).

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	3	149,73	49,910	1,7888	0,08745	*
Résiduels	56	1562,52	27,902		0,91255	
Total	59	1712,25			1,00000	

Tableau 31 : NPMANOVA réalisée sur l'échantillon provenant du Vietnam avec des groupes définis selon un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 13 Annexe 1 pour les effectifs).

individus de l'Age des Métaux, à l'extrémité positive de la CP1 et négative de la CP2. Cette molaire est caractérisée par un fort développement de l'entoconide. Les molaires néolithiques semblent avoir une variabilité morphologique importante avec notamment la molaire d'un individu de Man Bac (MB07H2M17) dont la morphologie se situe en-dehors de la variabilité des autres individus et constitue la valeur négative extrême de la CP1.

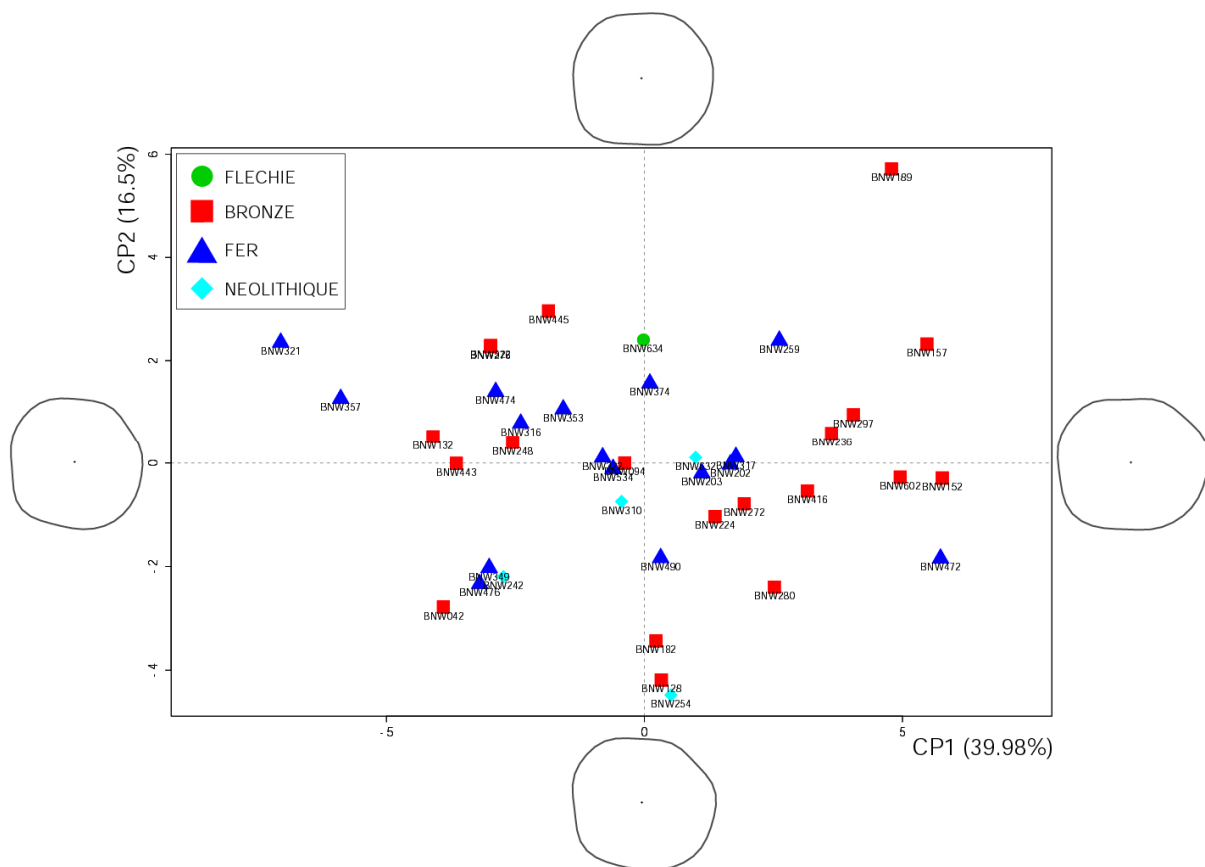
Une NPMANOVA indique des différences significatives de conformation entre les quatre groupes chrono-culturels (individus préneolithiques, néolithiques, de l'Age des Métaux et récents) (Tableau 31). La répartition des individus le long du premier axe de LDA, représentant 47,07% de la variance totale, est caractérisée par les individus préneolithiques principalement situés dans la partie positive alors que les spécimens récents et de l'Age des Métaux sont davantage localisés du côté négatif (Figure 74). Les changements de conformation associés au premier axe correspondent principalement à un allongement de l'axe mésio-distal du côté positif. Les molaires de l'Age des Métaux ont tendance à se placer dans la partie positive de l'axe 2 (31,99% de la variance totale) et les récentes du côté négatif. La répartition des individus est principalement liée à des changements de proportion des cuspidés linguales : l'entoconide est plus développé que le métaconide du côté positif et inversement dans la partie négative. Les molaires néolithiques sont plutôt localisées dans la moitié négative de l'axe 3, caractérisée par des molaires ayant un entoconide assez développé et les deux cuspidés buccales bien dissociées.





### 9.2.2.2. Le site de Ban Non Wat

Une ACP a été menée sur les spécimens de Ban Non Wat en mettant en valeur graphiquement trois groupes strictement basés sur des critères chrono-culturels (Néolithique, Age du Bronze et Age du Fer) et un individu mis au jour en position fléchie et dont la chronologie pose donc problème (cf. 2-3-3). La variabilité morphologique exprimée graphiquement sur les plans de l'ACP ne permet pas de discerner de tendances vers des regroupements de spécimens ou une dispersion particulière des individus le long des CP selon un facteur chrono-culturel (Figure 75).



**Figure 75 : ACP sur les données de conformation des individus provenant du site de Ban Non Wat (Thaïlande). Projection des individus sur les CP1 (39,98%) et 2 (16,5%).**

### 9.2.2.3. Totalité de l'Asie du Sud-Est continentale

Une ACP a d'abord été conduite sur la totalité de l'échantillon provenant d'Asie du Sud-Est continentale en mettant en valeur graphiquement les groupes chrono-culturels précédemment analysés : Préneolithique, Néolithique, Age des Métaux et individus récents (Figure 76). En prenant en compte la totalité de l'échantillon d'Asie du Sud-Est continentale, la variabilité morphologique exprimée graphiquement sur les plans de l'ACP permet difficilement de discerner des tendances vers des regroupements de spécimens ou une dispersion particulière des individus le long des CP selon un facteur chrono-culturel.

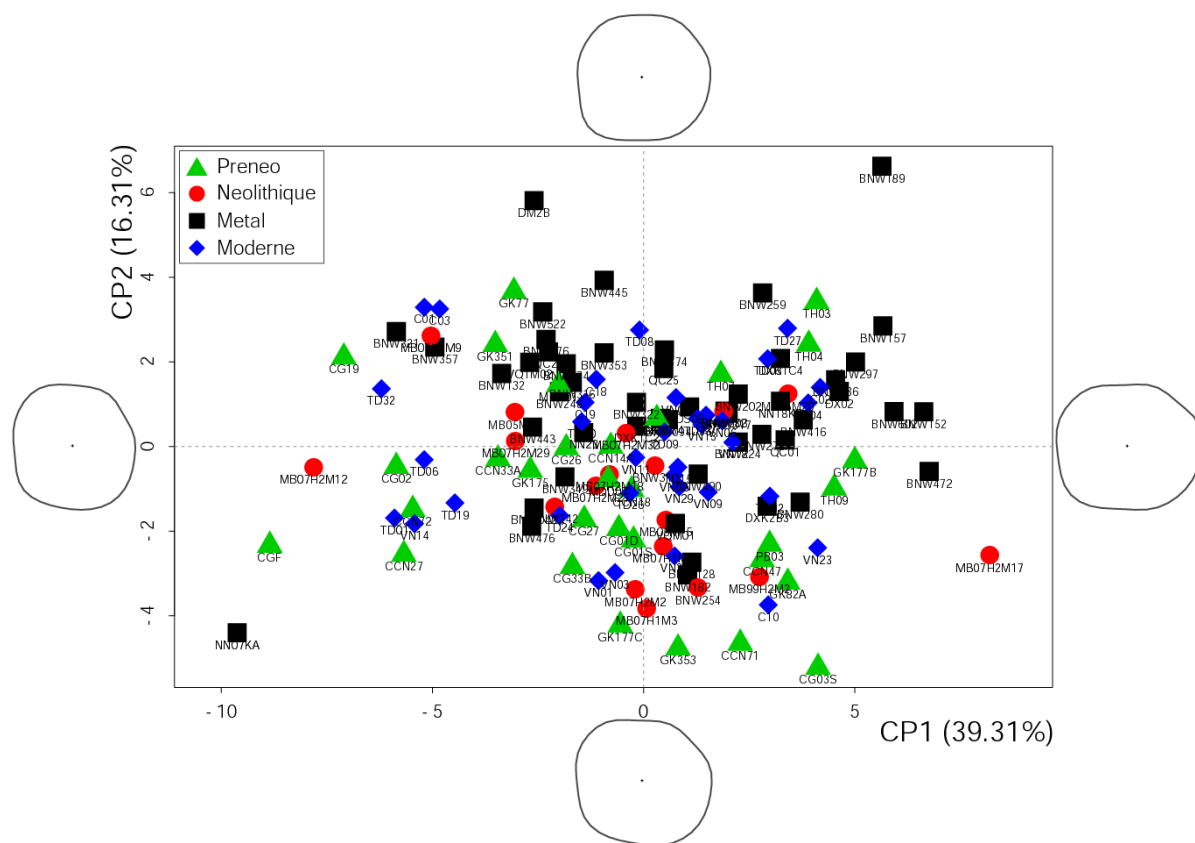


Figure 76 : ACP sur les données de conformation des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale, Projection des individus sur les CP1 (39,31%) et 2 (16,31%).

Néanmoins, une NPMANOVA menée sur les groupes chrono-culturels est significative (Tableau 32). Le long de l'axe 1 (46,56% de la variance totale) de la LDA menée sur les mêmes groupes chrono-culturels, les individus préneolithiques ont clairement tendance à

être répartis dans la moitié positive de l'axe, caractérisée par des couronnes dont l'hypoconulide est absent ou peu individualisé (Figure 77). Les trois autres groupes se situent principalement dans la moitié négative ou faiblement positive de l'axe 1 avec des couronnes dont le diamètre mésio-distal est proportionnellement légèrement plus allongé et avec un hypoconulide bien individualisé. La distribution des couronnes le long de l'axe 2 (28,83% de la variance totale) est principalement dictée par les variations du positionnement du diamètre mésio-distal maximal des couronnes, dans la moitié buccale pour les valeurs positives et dans la moitié linguale pour les valeurs négatives. L'axe 2 permet de distinguer les molaires néolithiques dans la partie négative. La variabilité morphologique exprimée le long de l'axe 3 (24,61% de la variance totale) traduit surtout des variations relatives de l'allongement de la diagonale mésio-buccale/disto-linguale, prononcée dans la partie négative et faible dans la partie positive. Le long de l'axe 3, les individus néolithiques sont concentrés dans une zone intermédiaire, entre les individus récents concentrés davantage dans la moitié positive et ceux de l'Age des Métaux plutôt localisés dans la partie négative.

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	3	176,1	58,709	2,0536	0,04525	*
Résiduels	130	3716,5	28,588		0,95475	
Total	133	3892,6			1,00000	

**Tableau 32 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale selon des groupes définis par un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 14 Annexe 1 pour les effectifs).**

#### 9.2.2.4. Focus sur les spécimens préneolithiques

Une ACP a été conduite uniquement sur les individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est continentale pour détecter d'éventuelles tendances morphologiques au sein des sites archéologiques (Figure 78). Les quatre M<sub>1</sub> issues du site de Tam Hang sont relativement proches morphologiquement et sont toutes regroupées dans la partie positive de la CP1

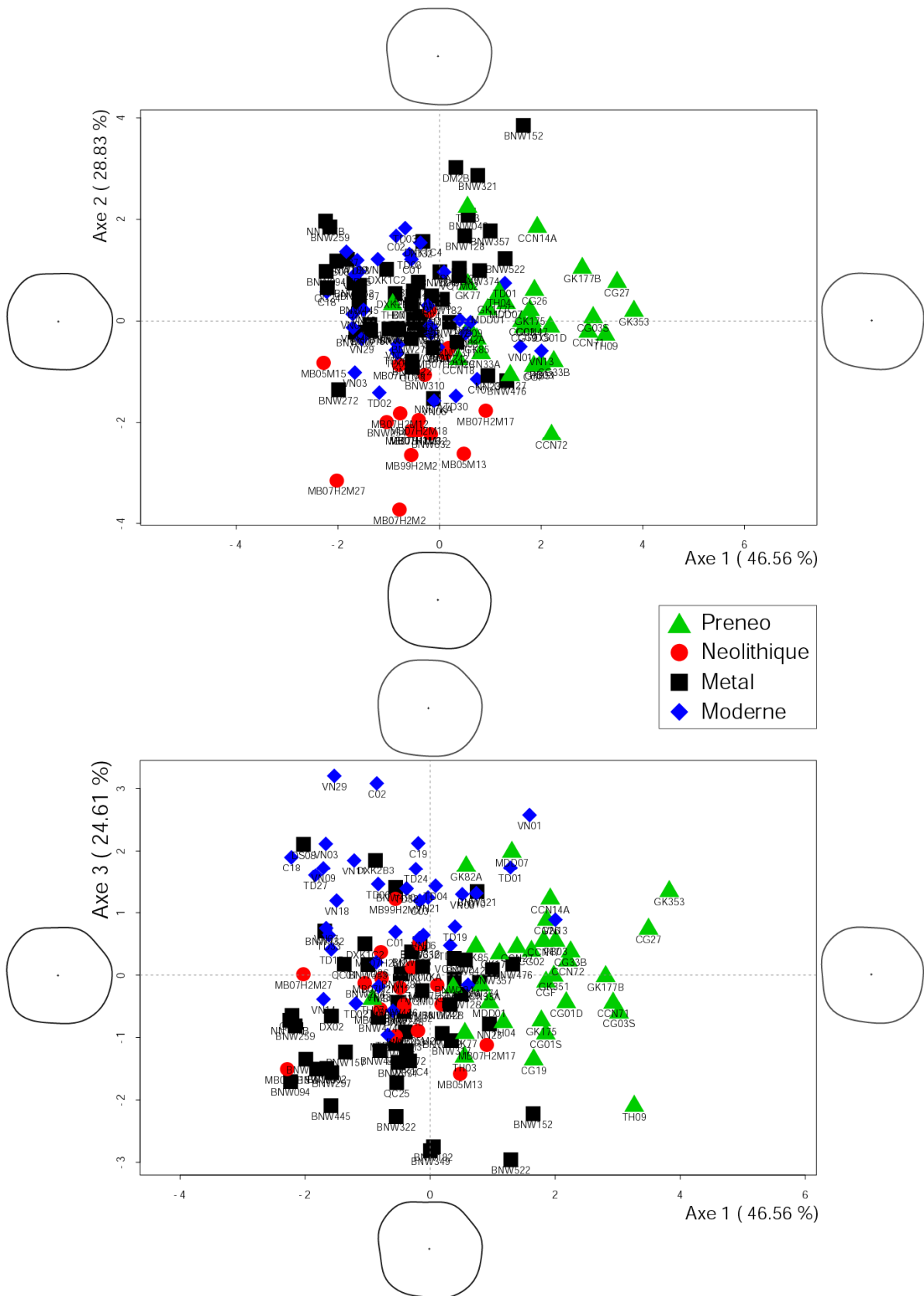


Figure 77 : LDA de la totalité des individus d'Asie du Sud-Est continentale selon un facteur chrono-culturel. En haut, projection des individus sur les axes 1 (46,56%) et 2 (28,83%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (24,61%).

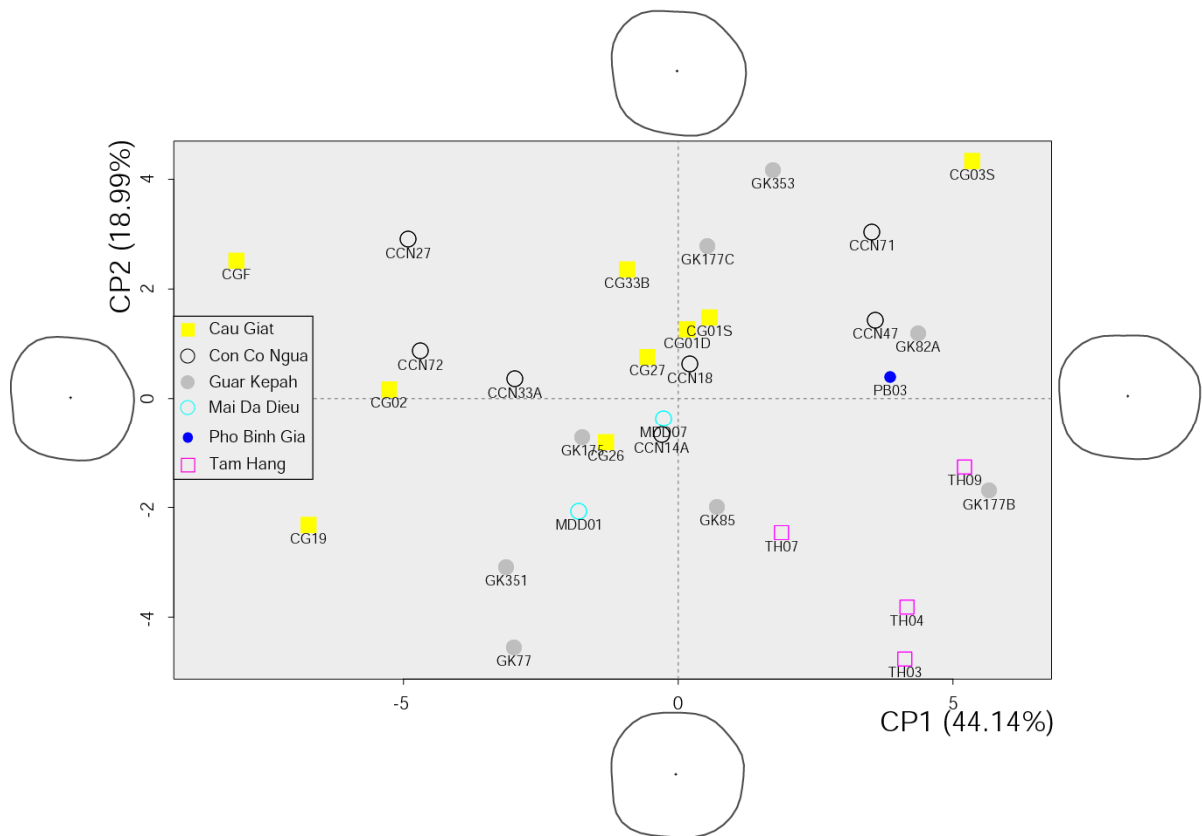


Figure 78 : ACP sur les données de conformation des individus pré-néolithiques d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (44,14%) et 2 (18,99%).

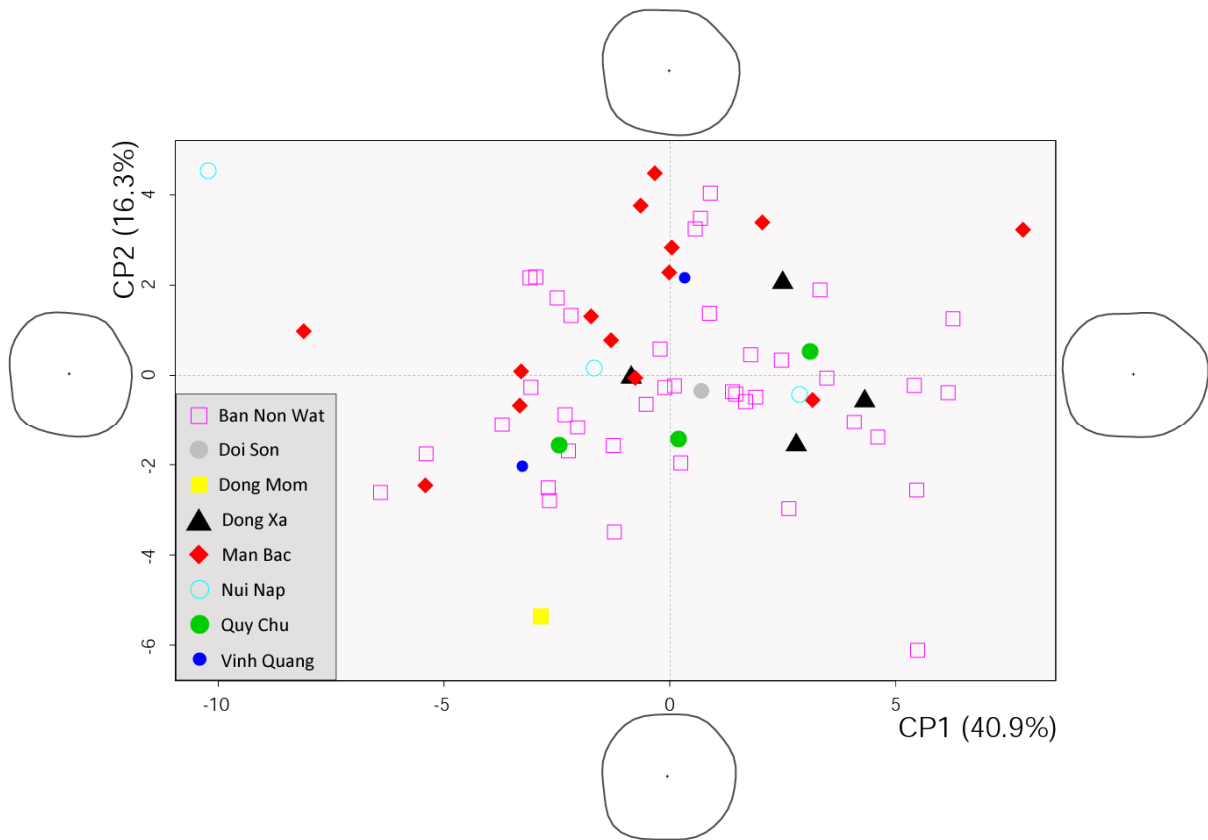


Figure 79 : ACP sur les données de conformation des individus des individus du Néolithique et de l'Age des Métaux en Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (40,9%) et 2 (16,3%).

(44,14% de la variance totale) et négative de la CP2 (18,99% de la variance totale). Leur couronne présente un axe mésio-distal très prononcé proportionnellement à l'axe bucco-lingual ainsi qu'un métaconide développé. Les conformations des couronnes des deux molaires du site de Mai Da Dieu sont assez proches l'une de l'autre. Les molaires du site de Cau Giat ont tendance à être positionnées dans la partie négative de la CP1 caractérisée par des couronnes ayant un diamètre mésio-distal très court. Six des sept molaires de Con Co Ngua se trouvent dans la moitié positive de la CP2 caractérisée par des couronnes dont la protoconide et l'entoconide sont assez développés par rapport aux molaires distribuées dans la partie négative de la composante. Les M<sub>1</sub> du site de Guar Kepah présentent une forte variabilité morphologique.

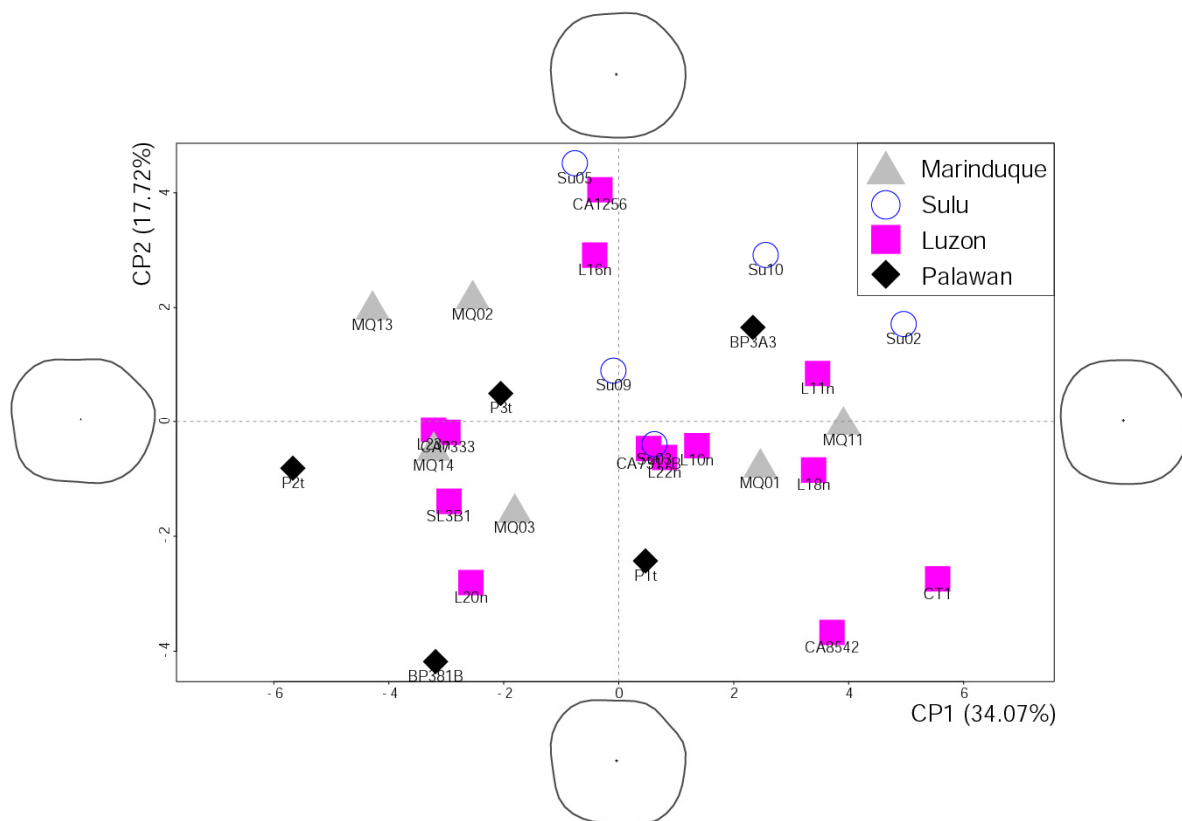
#### 9.2.2.5. Focus sur les spécimens du Néolithique et de l'Age des Métaux

Une ACP a été conduite uniquement sur les individus du Néolithique et de l'Age des Métaux d'Asie du Sud-Est continentale (Figure 79). La variabilité morphologique exprimée graphiquement sur les plans de l'ACP ne permet pas de discerner de tendances vers des regroupements de spécimens site par site ou vers une dispersion particulière des individus le long des CP.

### 9.2.3. Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est insulaire et Australo-Mélanésie

#### 9.2.3.1. Les Philippines

Une ACP a été effectuée uniquement sur les individus provenant des Philippines (incluant à la fois les spécimens archéologiques et récents) en distinguant graphiquement leur provenance géographique (îles de Marinduque, Sulu, Luzon et Palawan) (Figure 80). Quatre

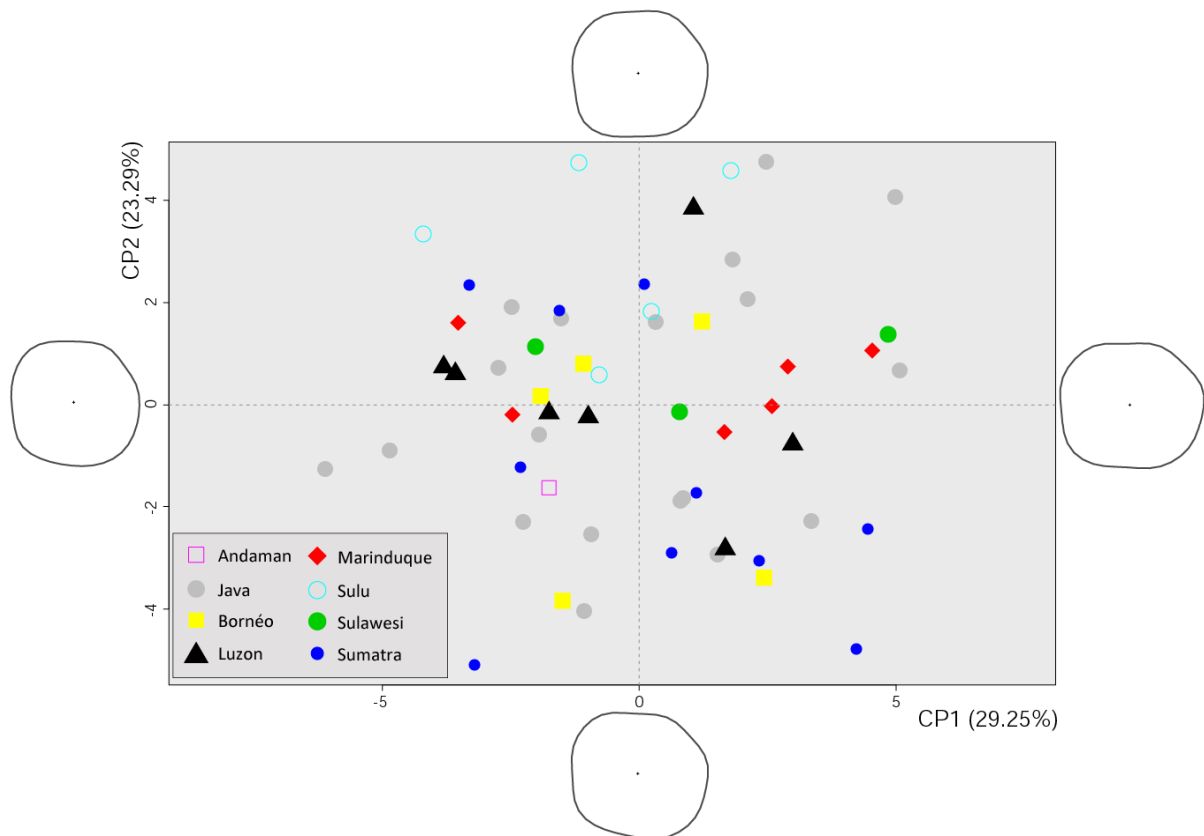


**Figure 80 : ACP sur les données de conformation des individus provenant des Philippines. Projection des individus sur les CP1 (34,07%) et 2 (17,72%).**

des cinq molaires de l'île de Sulu se situent dans la partie positive de la CP2 (17,72% de la variance totale) caractérisée par des couronnes dont la diagonale mésio-linguale/disto-buccale est prononcée par rapport aux molaires localisées dans la moitié négative. En ce qui concerne la répartition des individus sur les trois autres îles, aucune tendance n'est décelée le long des CP.

### 9.2.3.2. Les individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire

Une ACP a été conduite sur la totalité des individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire en mettant en valeur graphiquement leur provenance géographique (Andaman, Bornéo, Java, Luzon, Marinduque, Sulawesi, Sulu, Sumatra) (Figure 81). Etant donné le faible effectif de certains groupes (*cf.* Tableau 16 Annexe 1 pour les effectifs), il était impossible d'envisager une NPMANOVA pour déterminer si les différences de conformation sont significatives entre



**Figure 81 : ACP sur les données de conformation des individus récents provenant d'Asie du Sud-Est insulaire. Projection des individus sur les CP1 (29,25%) et 2 (23,29%).**

les groupes. La variabilité morphologique exprimée graphiquement sur les plans de l'ACP permet difficilement de discerner des tendances vers des regroupements de spécimens selon un facteur géographique. On peut tout de même signaler le regroupement des spécimens provenant de l'île de Sulu dans la partie positive de la CP2.

### 9.2.3.3. Les individus récents d'Australo-Mélanésie

Une NPMANOVA a été menée uniquement sur les individus récents d'Australo-Mélanésie mais sans les spécimens des îles Salomon en raison de leur faible effectif (Tableau 33). D'après les résultats de la NPMANOVA, les différences morphologiques ne sont pas significatives entre les trois groupes.



	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	2	71,78	35,891	1,3488	0,05656	ns
Résiduels	45	1197,47	26,611		0,94344	
Total	47	1269,26			1,00000	

**Tableau 33 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d’Australo-Mélanésie avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 17 Annexe 1 pour les effectifs).**

#### 9.2.3.4. Spécimens archéologiques d’Asie du Sud-Est insulaire

Etant donné l’hétérogénéité de notre échantillon provenant de contextes archéologiques en Asie du Sud-Est insulaire, nous avons décidé d’entreprendre d’abord une LDA sur la totalité des individus récents de notre échantillon selon un facteur géographique, puis d’inclure *a posteriori* les individus archéologiques d’Asie du Sud-Est insulaire en effectuant une analyse discriminante linéaire prédictive (PDA). La LDA permet d’une part de visualiser les différences morphologiques entre les individus récents et d’autre part de fournir un cadre pour l’inclusion *a posteriori* des individus archéologiques d’Asie du Sud-Est insulaire.

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	3	110.9	36.956	1.3926	0.02898	ns
Résiduels	140	3715.3	26.538		0.97102	
Total	143	3826.2			1.00000	

**Tableau 34 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus récents de l’échantillon avec quatre groupes définis selon un facteur géographique (Asie du Sud-Est continentale, insulaire, Mélanésie et Australie). (cf. Tableau 18 Annexe 1 pour les effectifs).**

La NPMANOVA sur l’ensemble des individus récents répartis en quatre groupes (Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire, Mélanésie incluant le Vanuatu, Australie) n’est pas significative (Tableau 34). L’axe 1 (43,39% de la variance totale) est caractérisé à l’extrême des valeurs négatives par des couronnes dont l’hypoconulide est très développé, alors qu’à l’extrême inverse les couronnes ont un hypoconulide plus petit mais tout de même bien individualisé et positionné dans la moitié buccale ainsi qu’un hypoconide et un entoconide prononcés (Figure 82). Ces caractéristiques confèrent un diamètre bucco-lingual maximum situé dans la moitié distale de la couronne aux M<sub>1</sub> localisées à l’extrême des

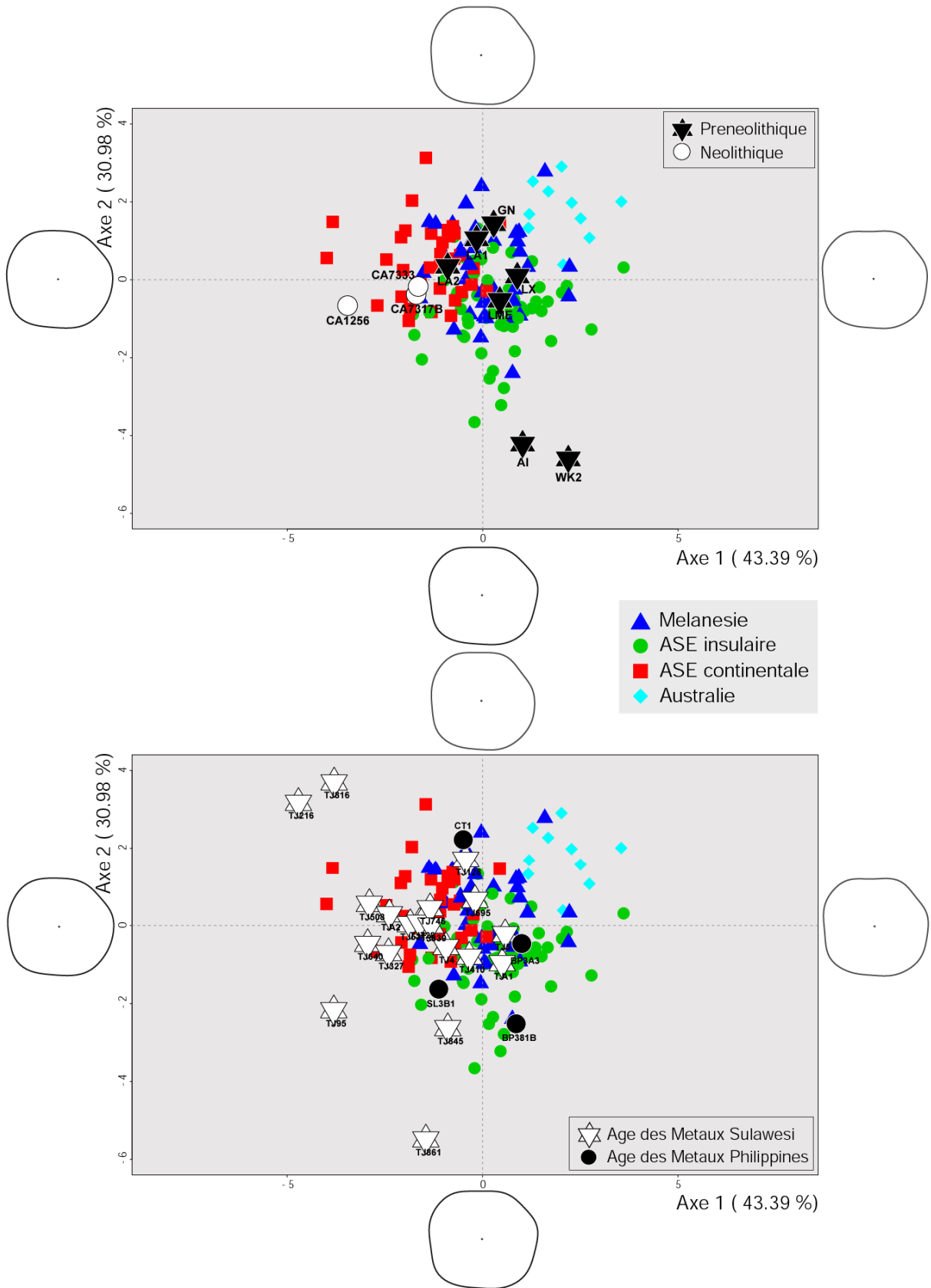


Figure 82 : PDA sur les spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire. En haut les molaires préneolithiques et en bas les molaires de l'Age des Métaux des Philippines et de Leang Tjadang (Sulawesi). La LDA de référence a été menée sur la totalité des individus récents répartis en quatre groupes selon un facteur géographique. Projection des individus sur les axes 1 (43,39%) et 2 (30,98%).

valeurs positives de l'axe 1. Les molaires d'Asie du Sud-Est continentale sont quasiment toutes localisées dans la moitié négative de l'axe 1. La répartition des individus le long de l'axe 2 (30,98% de la variance totale) est principalement définie par des molaires dont le diamètre mésio-distal maximal de la couronne se trouve dans la partie buccale pour les valeurs négatives et inversement pour les valeurs positives. Les molaires d'Asie du Sud-Est continentale sont pour la plupart situées dans la moitié négative de l'axe 1. Les molaires d'Asie du Sud-Est tendent à se trouver dans la partie négative de l'axe 2. Les molaires australiennes sont toutes situées du côté positif des axes 1 et 2. Les molaires mélanésiennes tendent plutôt à se situer autour des valeurs centrales des axes 1 et 2.

La molaire du fossile de Wajak 2 (WK2) est nettement en-dehors de la variabilité morphologique de la totalité de l'échantillon le long de l'axe 2 (Figure 82). Cinq des six  $M_1$  « mésolithiques » de l'île de Florès sont projetées au sein de la variabilité moderne asiatique. La  $M_1$  du site d'Aimere est aussi en marge de la variabilité de la totalité des individus récents avec une morphologie proche de la  $M_1$  de Wajak 2. Les trois molaires néolithiques, provenant toutes du site de Callao, sont proches morphologiquement et se trouvent au sein de la variabilité morphologique moderne d'Asie du Sud-Est.

Les nombreuses molaires du site de Leang Tjadang sont principalement situées dans la partie négative de l'axe 1 et occupent toute la variabilité morphologique représentée le long de l'axe 2. Les molaires de l'Age des Métaux aux Philippines (Bato Puti, Catugan et San Lorenzo III) se répartissent autour de la valeur centrale de l'axe 1 mais sont plus variables le long de l'axe 2.

#### 9.2.4. Variabilité morphologique de la totalité de l'échantillon

Deux phénogrammes, selon les méthodes NJ et UPGMA, ont été construits à partir des distances de Mahalanobis obtenues sur 15 unités taxonomiques opérationnelles (UTO ; cf.

Tableau 5 Annexe 2 pour les distances de Mahalanobis). Ces UTO ont été créées de manière à prendre en compte à la fois les facteurs chrono-culturels et géographiques à l'échelle de tout l'échantillon (cf. Annexes 7, 8, 9 ; Tableau 1 ; Tableau 2).

#### 9.2.4.1. Arbre de distances avec la méthode du NJ

A une extrémité du phénogramme, un groupement peu robuste (*bootstrap*=28%) est constitué de toutes les UTO d'individus post-néolithiques asiatiques (« Récents Vietnam », « Récents Wallace », « Métal Thaïlande », « Métal Sulawesi », « Récents Thaïlande », « Métal Vietnam »), à l'exception des Négritos et des individus récents d'Indonésie occidentale (Figure 83).

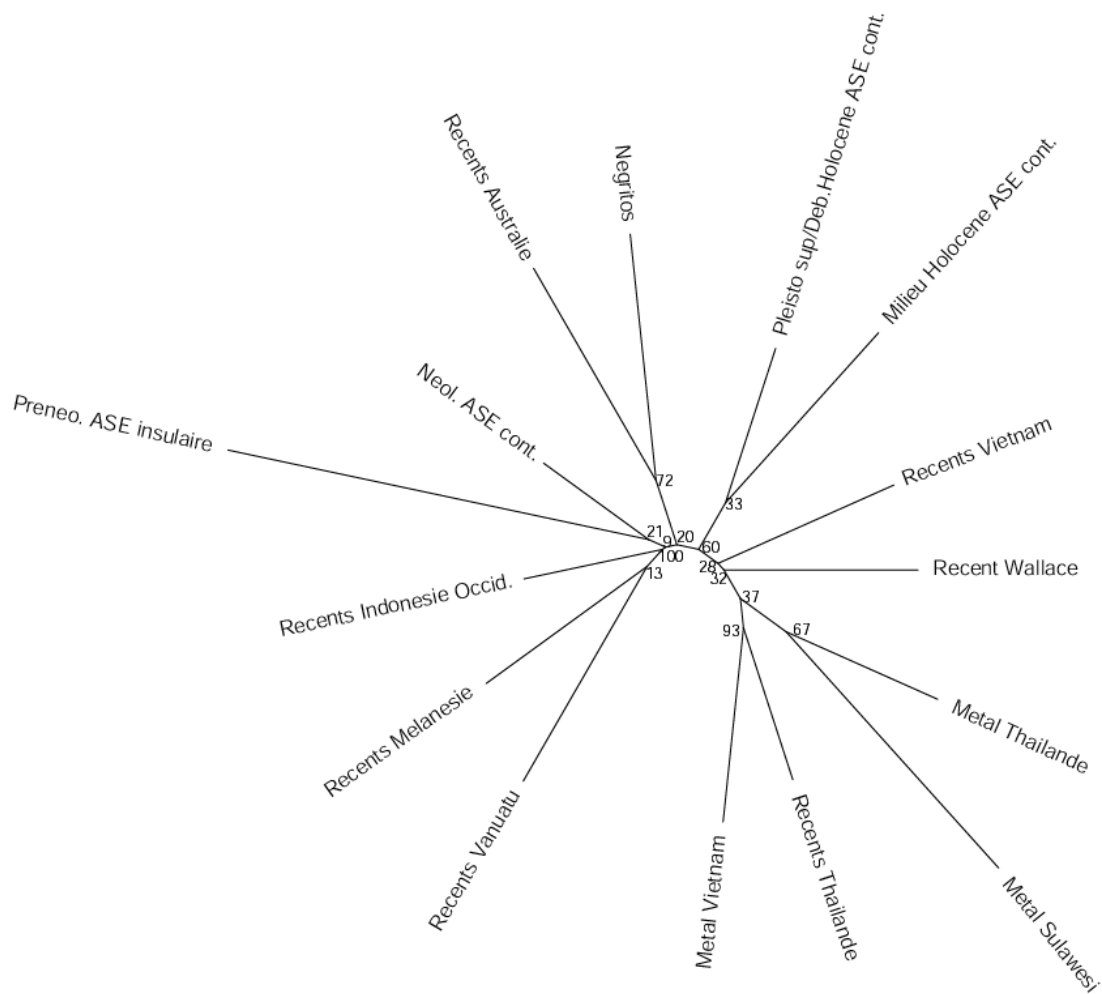


Figure 83 : Phénogramme réalisé avec la méthode du NJ sur les groupes définis par le facteur « chrono-géographique 1 ». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs).

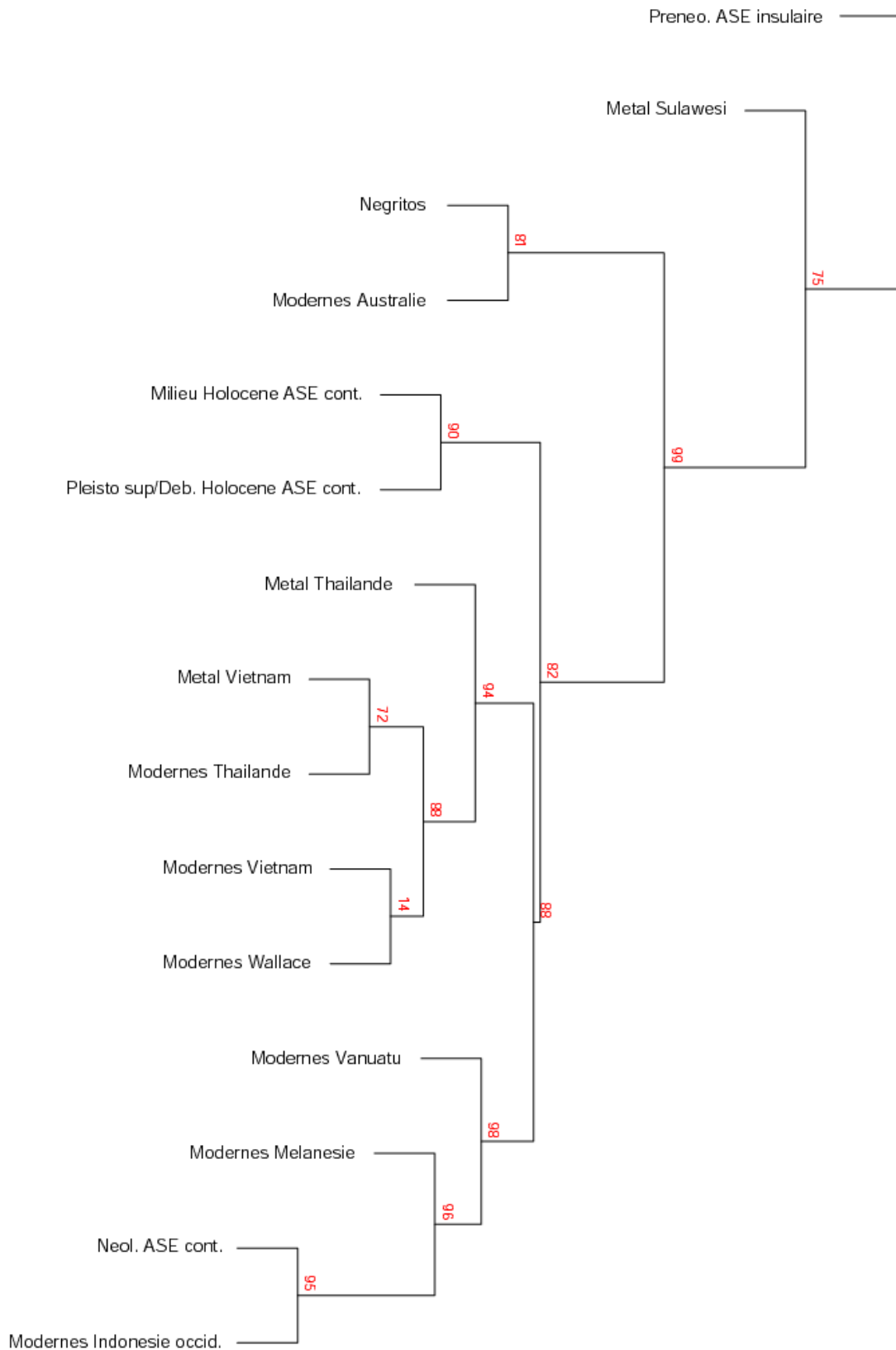
A l'autre extrémité du phénogramme, un nœud (*bootstrap*=20%) regroupe les trois UTO d'Australo-Mélanésie (« Récents Australie », « Récents Mélanésie », « Récents Vanuatu », les Négritos, les individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire, les spécimens Néolithiques d'Asie du Sud-Est continentale et les individus récents d'Indonésie occidentale. A l'intérieur de ce regroupement, une paire d'UTO est formée des individus du Vanuatu et de Mélanésie à l'intérieur d'un triplet très robuste formé par les individus récents d'Indonésie occidentale (*bootstrap*=100%), une paire d'UTO est formée par les M<sub>1</sub> néolithiques d'Asie du Sud-Est continentale et les M<sub>1</sub> préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire (*bootstrap*=21%), une paire d'UTO est constituée des Australiens récents et des Négritos (*bootstrap*=72%).

Entre les deux grands regroupements que nous venons de décrire situés à chaque extrémité du phénogramme, les spécimens du Pléistocène supérieur/Début Holocène d'Asie du Sud-Est continentale et ceux du milieu de l'Holocène en Asie du Sud-Est continentale forment une paire (*bootstrap*=33%).

Ajoutons que la longueur de la branche menant à l'UTO des individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire signale une différenciation morphologique importante. Celle-ci est néanmoins à relativiser étant donné que le faible effectif de cet UTO a pu entraîner une distance de Mahalanobis artificiellement importante.

#### 9.2.4.2. Arbre de distances avec la méthode UPGMA

Les résultats de l'UPGMA congruent en partie avec ceux du NJ (Figure 84). A l'extrémité du phénogramme, un groupement est constitué des individus récents de Mélanésie, Vanuatu, Indonésie occidentale et des spécimens Néolithiques d'Asie du Sud-Est continentale (*bootstrap*=98%). Un autre groupe est constitué d'individus post-néolithiques asiatiques : individus récents de Thaïlande, du Vietnam, de la zone de Wallace et des individus de l'Age



**Figure 84 : Phénogramme réalisé avec la méthode UPGMA sur les groupes définis par le facteur «chronogéographique 1». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs).**

des Métaux de Thaïlande et du Vietnam (*bootstrap*=94%). Une branche rassemble ces deux grands groupes d'UTO (*bootstrap*=88%). Une branche mène à la paire « Pléistocène supérieur et Début Holocène Asie du Sud-Est continentale »/ « Milieu Holocène Asie du Sud-Est continentale » ; une autre à la paire « Négritos »/ « Récents Australie ». Les UTO « Métal Sulawesi » et « Prénéolithique insulaire » forment deux branches assez éloignées du reste des UTO.

### 9.3. RESULTATS DES MODELISATIONS

Six modèles (matrices chrono-géographiques) ont été créés afin de traduire les principales hypothèses de peuplement et de les comparer aux distances de Mahalanobis obtenues selon le facteur « chrono-géographique 2 » (*cf.* 5-2 et Tableau 5 Annexe 2 pour les distances de Mahalanobis) (Tableau 35). Seul le modèle à deux vagues de migrations (2MIG) est significatif. Le modèle 2MIG est le modèle qui est largement le plus corrélé avec les distances de Mahalanobis (0,2743).

Modèles	r	p	p (bonf.)
IBD	0,1132	ns	ns
1MIG	0,1499	ns	ns
LGMA	0,146	ns	ns
LGMB	0,1535	ns	ns
2MIG	0,2743	*	*
NUSAN	0,0732	ns	ns

**Tableau 35 : Corrélation et significativité de la matrice de distances morphologiques avec les six matrices de distances chrono-géographiques. (*cf.* Tableau 21 Annexe 1 pour les effectifs).**

---

### **Principaux résultats obtenus sur les M<sub>1</sub> en quelques points :**

- Analyses de taille :
    - Les M<sub>1</sub> des individus préneolithiques, des individus récents d'Australo-Mélanésie et de l'Age des Métaux de Thaïlande ont une taille nettement supérieure aux autres groupes.
    - Les individus récents du Vietnam et les Négritos ont les plus petites M<sub>1</sub>.
  
  - Allométries de taille : assez importantes, surtout concernant les individus d'Asie du Sud-Est continentale.
  
  - Analyse de la conformation :
    - En Asie du Sud-Est continentale : différences significatives selon un facteur chrono-culturel.
    - En Asie du Sud-Est insulaire :
      - Wajak 2 est complètement en-dehors de la variabilité morphologique de la totalité de l'échantillon. De même pour la M<sub>2</sub> d'Aimere.
      - Individus néolithiques dans la variabilité asiatique.
    - En Australo-Mélanésie (spécimens récents) : pas de différences significatives selon un facteur géographique.
    - Individus récents : pas de différences significatives selon un facteur géographique en prenant en compte quatre grands ensembles : Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire, Australie, Mélanésie.
    - Totalité de l'échantillon :
      - Individus post-néolithiques asiatiques ont tendance à partager plus d'affinités entre eux qu'avec le reste de l'échantillon.
      - Les spécimens préneolithiques d'Asie du Sud-Est continentale ont plus d'affinités morphologiques entre eux qu'avec le reste de l'échantillon.
      - Les Négritos et Australiens récents ont plus d'affinités morphologiques entre eux qu'avec le reste de l'échantillon.
      - Les individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire sont éloignés morphologiquement du reste de l'échantillon.
  
  - Modélisation : seule l'hypothèse 2MIG est significative.
-



# 10. TAILLE ET CONFORMATION DES DEUXIEMES MOLAIRES INFERIEURES DEFINITIVES

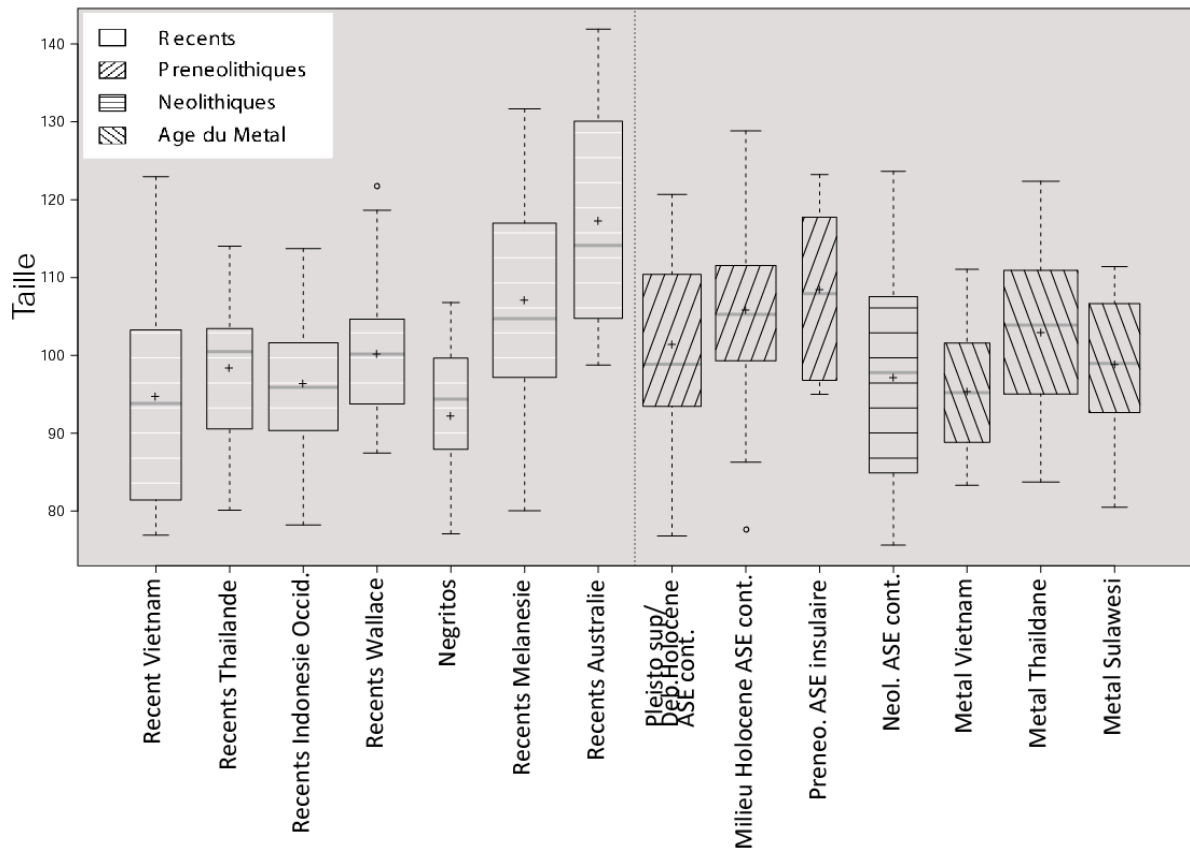
---

## 10.1. ANALYSE DE LA TAILLE

Le diagramme en boîte à moustaches (Figure 85) indique que les molaires des individus récents d'Australie ont une taille nettement supérieure à celle des autres groupes. Quatre groupes ont une taille inférieure aux Australiens mais supérieure aux groupes restants : les molaires récentes de Mélanésie, celles du milieu de l'Holocène d'Asie du Sud-Est continentale, du Prénéolithique en Asie du Sud-Est insulaire et de l'Age des Métaux en Thaïlande. Enfin, les tailles des molaires de trois groupes sont particulièrement faibles : les individus récents du Vietnam, les Négritos et les molaires de l'Age des Métaux du Vietnam.

Les conditions d'homogénéité des variances (de la variable de taille) et de normalité de la distribution étant respectées (Shapiro-Wilk :  $W=0,9951$  ;  $p=ns$  ; Bartlett :  $K\text{-squared}=18,7155$  ;  $ddl=13$   $p=ns$ ), la comparaison de la taille des molaires a été effectuée par un test ANOVA (*cf.* Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs). Ce dernier rejette l'hypothèse nulle d'égalité de la taille des molaires ( $F=6,649$  ;  $ddl=13$  ;  $p=*$ ).

Un test de HSD Tukey a donc été appliqué pour détecter quels sont les groupes dont la taille diffère significativement (*cf.* Tableau 5 Annexe 1). D'après les résultats du test HSD Tukey, les différences de taille concernent essentiellement deux groupes : les Australiens récents, dont la taille diffère significativement des autres groupes, et les Mélanésiens récents dont la taille diffère significativement des individus récents et de l'Age des Métaux du



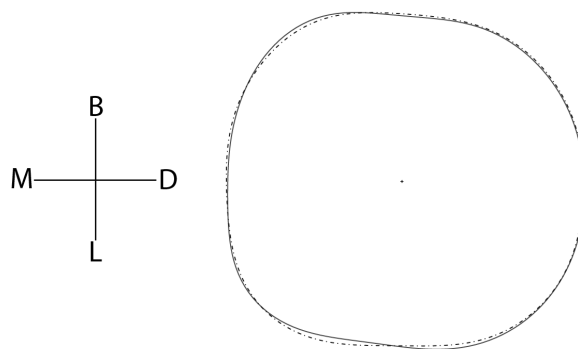
**Figure 85 : Diagramme en boîte à moustaches de la taille de la couronne des molaires selon le facteur « chrono-géographique 1 ». Les croix indiquent les moyennes des groupes. (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs)**

Vietnam, les molaires récentes d’Indonésie occidentale et les Négritos. La taille de ces deux derniers groupes diffère significativement de celle des spécimens du milieu de l’Holocène d’Asie du Sud-Est continentale.

## 10.2. ANALYSE DE LA CONFORMATION

### 10.2.1. Description des allométries

Une série de régressions linéaires a été menée sur les 24 premières composantes principales (CP) et sur la variable taille pour la totalité de l’échantillon (24CP=99,9% de la variance). La taille a un effet significatif sur les CP 2, 6, 16 (cf. Tableau 9 Annexe 1 pour



**Figure 86 : Visualisation des effets allométriques sur les couronnes par régression linéaire multivariée des variables de conformation sur la variable taille<sup>27</sup>. (B, D, L, M : faces buccale, distale, linguale, mésiale ; ligne continue = couronne de grande taille, ligne en pointillé = couronne de petite taille)**

résultats des régressions linéaires). Cependant, les valeurs très modérées des coefficients de régression et de détermination indiquent que l'effet de taille est très faible même lorsqu'il est significatif. Une régression linéaire multivariée des variables de conformation sur la variable taille a permis de confirmer que les effets allométriques sont infimes sur la couronne des  $M_2$  lorsque la totalité de l'échantillon est prise en compte (Figure 86).

Une MANCOVA et une régression linéaire ont été menées sur deux sous-échantillons afin de tester l'influence des facteurs géographiques et chrono-culturels sur les allométries (cf. 5-1-1-2) :

- La MANCOVA conduite sur la conformation et la taille des individus du sous-échantillon géographique n'est pas significative et l'interaction des facteurs ne l'est pas non plus (Tableau 36).
- La MANCOVA conduite sur la conformation et la taille des individus du sous-échantillon chrono-culturel n'est pas significative et l'interaction des facteurs ne l'est pas non plus (Tableau 37).

Les allométries ne constituent donc qu'une partie infime de la variabilité morphologique des  $M_2$  d'*Homo sapiens* en Asie du Sud-Est.

<sup>27</sup> Dans la présente étude, toutes les représentations de contours de molaires seront en vue occlusale et orientées exactement de la même manière : face buccale vers le haut, face mésiale vers la gauche.

	ddl	Pillai	F	ddl num	ddl den	p
Tailles	1	0,34965	1,3979	40	104	ns
Groupes	1	0,93859	2,3213	80	210	*
Tailles:Groupes	2	0,65114	1,2672	80	210	ns
Résiduels	143					

**Tableau 36 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon géographique. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs)**

	ddl	Pillai	F	ddl num	ddl den	p
Tailles	1	0,15737	1,2559	40	269	ns
Groupes	2	0,50034	2,2521	40	540	*
Tailles:Groupes		0,25814	1,0004	80	540	ns
Résiduels	308					

**Tableau 37 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon chrono-culturel. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs)**

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	3	155,84	51,946	1,5634	0,05006	ns
Résiduels	89	2957,07	33,225		0,94994	
Total	92	3112,90			1,00000	

**Tableau 38 : NPMANOVA réalisée sur l'échantillon provenant du Vietnam avec des groupes définis selon un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 13 Annexe 1 pour les effectifs)**

## 10.2.2. Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est continentale

### 10.2.2.1. Nord du Vietnam

Une ACP a été conduite sur la partie de l'échantillon provenant du Vietnam (Figure 87). La variabilité morphologique exprimée graphiquement sur les plans de l'ACP ne permet pas de discerner de tendances vers une dispersion particulière des individus le long des CP selon un facteur chrono-culturel. D'ailleurs, la NPMANOVA n'indique pas de différence significative de conformation entre les quatre groupes chrono-culturels (individus pré-néolithiques, néolithiques, de l'Age des Métaux et récents ; Tableau 38).

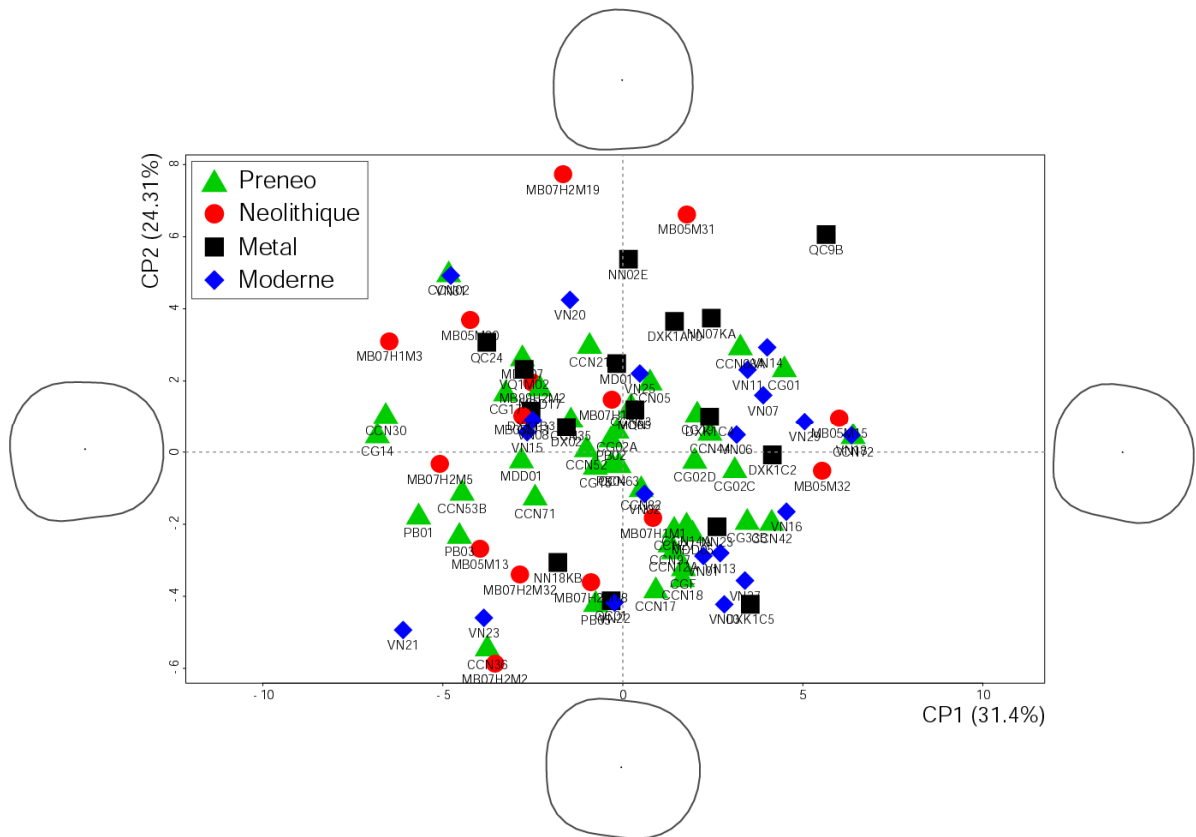


Figure 87 : ACP sur les données de conformation des individus provenant du Vietnam. En haut, projection des individus sur les CP1 (31,4%) et 2 (24,31%).

#### 10.2.2.2. Le site de Ban Non Wat

Une ACP a été menée sur les spécimens de Ban Non Wat en mettant en valeur graphiquement quatre groupes : trois sont strictement basés sur des critères chrono-culturels avec des individus appartenant au Néolithique, à l'Age du Bronze ou à l'Age du Fer. Le quatrième groupe est composé de deux individus mis au jour en position fléchie et dont la chrono-culturel pose problème (cf. Chapitre 2). Concernant les trois groupes définis à partir de critères chrono-culturels, la répartition des individus sur les différents plans de l'ACP ne présente pas de regroupement ou de tendances particulières (Figure 88). Il est intéressant de noter qu'un des deux individus retrouvés en position fléchie (BNW 623) constitue la valeur extrême négative de la CP1 (31,62% de la variance totale). La conformation de la couronne de cet individu est caractérisée principalement par un



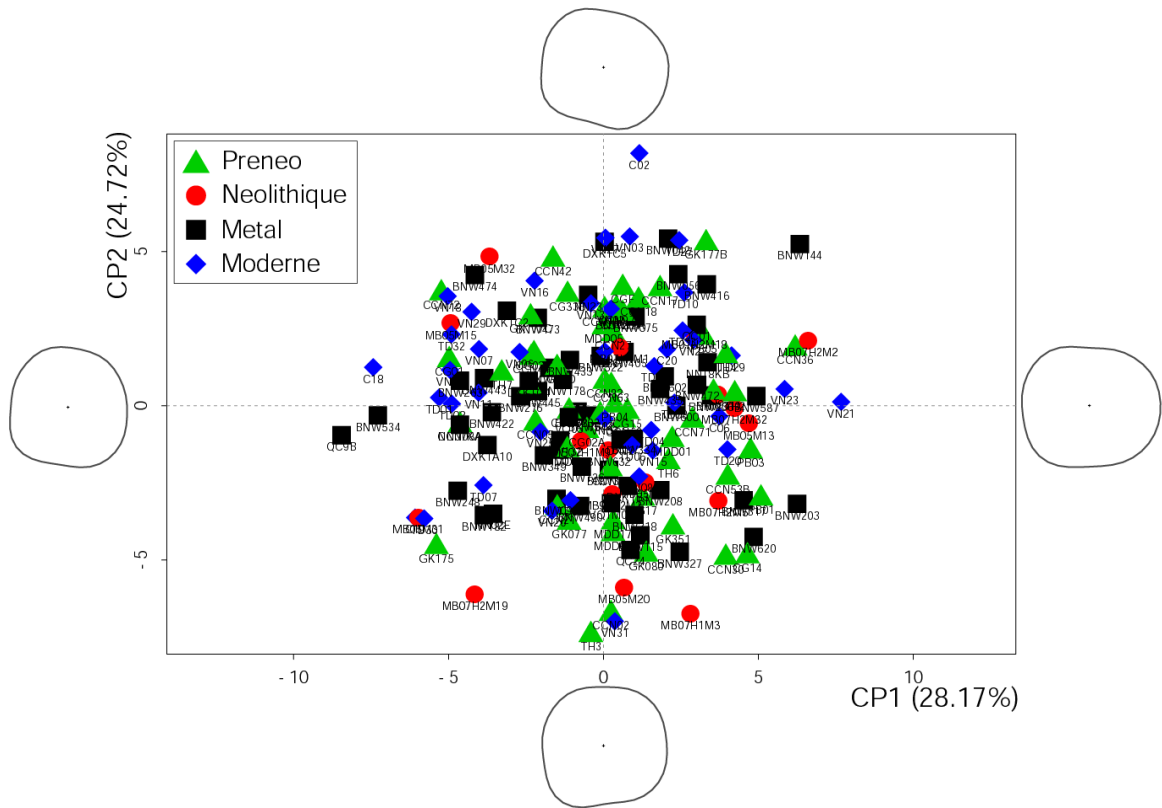


Figure 89 : ACP sur les données de conformation des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (28,17%) et 2 (24,72%).

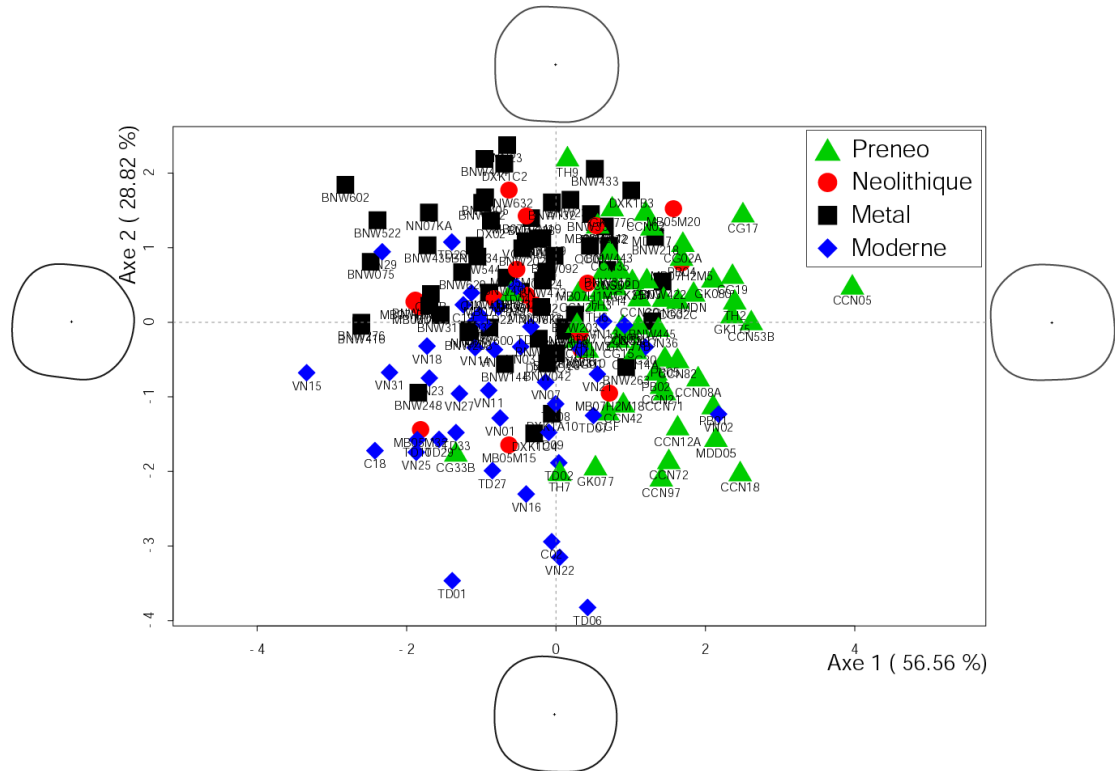


Figure 90 : LDA de la totalité des individus d'Asie du Sud-Est continentale selon un facteur chrono-culturel. Projection des individus sur les axes 1 (56,56%) et 2 (28,82%).

différences significatives de conformations entre les quatre groupes chrono-culturels (individus préneolithiques, néolithiques, de l'Age des Métaux et récents ; Tableau 39). Le long de l'axe 1 (56,56% de la variance totale) de la LDA menée sur les mêmes groupes chrono-culturels, les individus préneolithiques sont presque tous répartis dans la moitié positive caractérisée par des couronnes plutôt rectangulaires (diamètre mésio-distal dominant) (Figure 90). Les spécimens de l'Age des Métaux se situent du côté positif de l'axe 2 (28,82% de la variance) alors que les individus récents se positionnent davantage dans la moitié négative. Les molaires néolithiques ont une assez large répartition le long des axes discriminants. Les différences de conformations le long de l'axe 2 sont caractérisées par une diagonale mésio-linguale/disto-buccale plus prononcée pour les couronnes situées dans les valeurs positives alors que la diagonale mésio-buccale/disto-linguale est plus développée dans les valeurs négatives.

#### 10.2.2.4. Focus sur les spécimens préneolithiques

Une ACP a été conduite sur la totalité de l'échantillon préneolithique provenant d'Asie du Sud-Est continentale (Figure 91). La variabilité morphologique exprimée graphiquement sur les plans de l'ACP ne permet pas de discerner de tendances vers une dispersion particulière des individus le long des CP selon leur provenance. La variabilité morphologique est assez importante au sein de chaque site mais tout particulièrement pour Guar Kepah et Con Co Ngua.

	ddl	Som.carrés	Moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	3	185,0	61,654	1,7614	0,03049	*
Résiduels	168	5880,3	35,002		0,96951	
Total	171	6065,3			1,00000	

**Tableau 39 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale selon des groupes définis par un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 14 Annexe 1 pour les effectifs)**



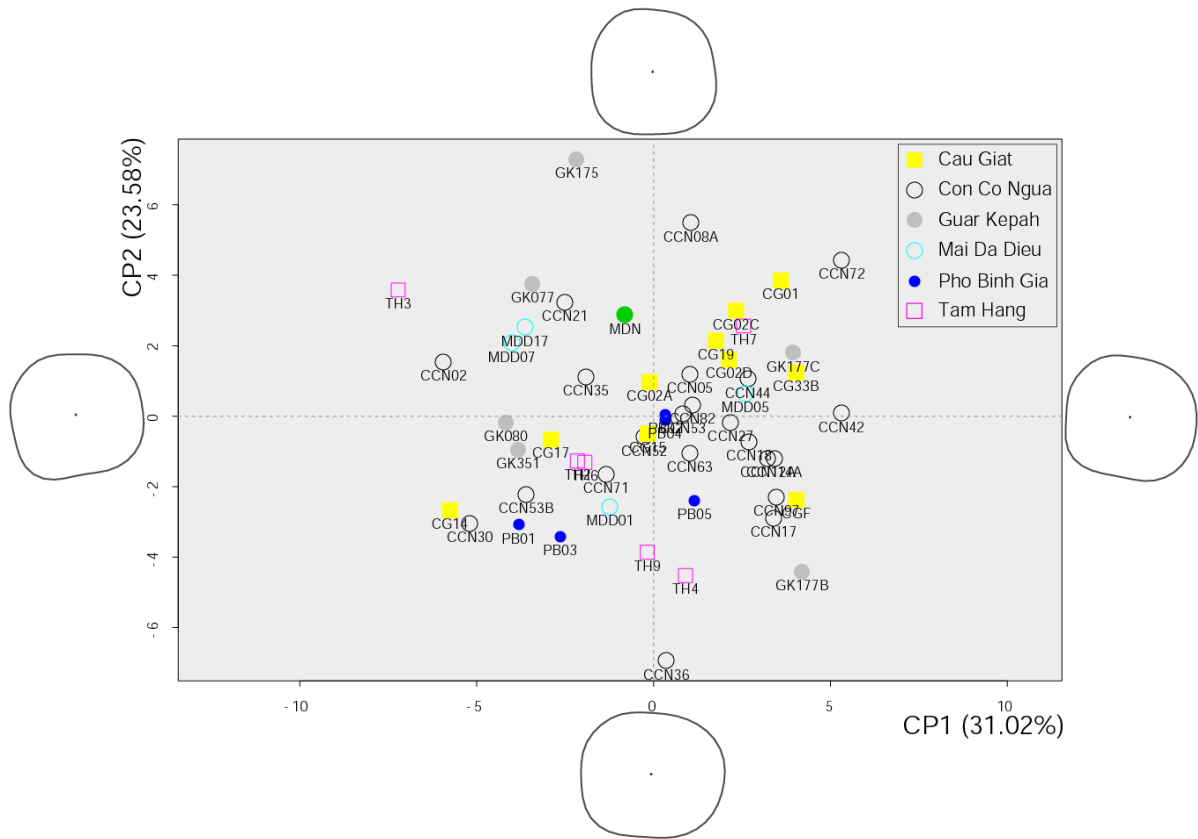


Figure 91 : ACP sur les données de conformation des individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (31,02%) et 2 (23,58%).

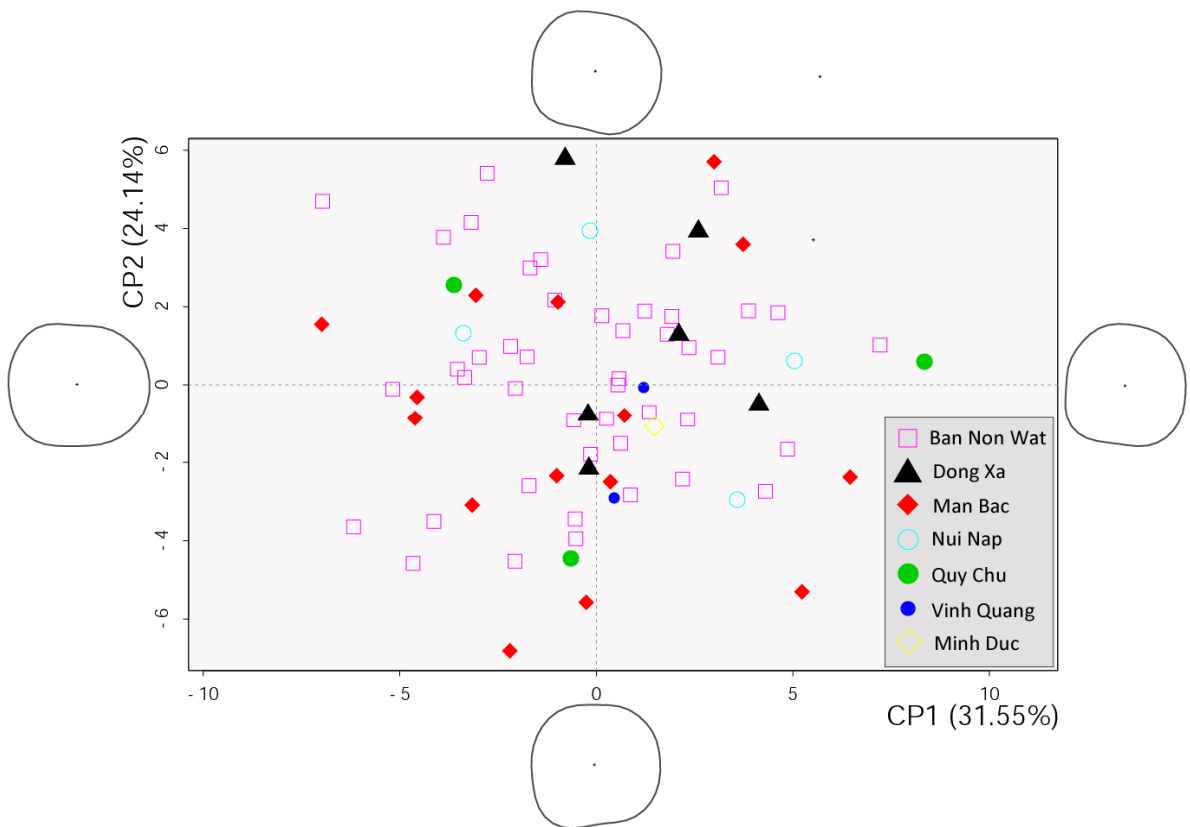


Figure 92 : ACP sur les données de conformation des individus du Néolithique et de l'Age des Métaux en Asie du Sud-Est continentale. En haut, projection des individus sur les CP1 (31,55%) et 2 (21,14%).

#### 10.2.2.5. Focus sur les spécimens du Néolithique et de l'Age des Métaux

Une ACP a été conduite uniquement sur les individus néolithiques et de l'Age des Métaux d'Asie du Sud-Est continentale (Figure 92). Là aussi, la variabilité morphologique exprimée graphiquement sur les plans de l'ACP ne permet pas de discerner de tendances vers une dispersion particulière des individus le long des CP selon leur provenance. La variabilité morphologique est particulièrement importante au sein des sites de Ban Non Wat et Man Bac qui sont également les deux sites ayant fourni le plus grand nombre d'individus.

### 10.2.3. Variabilité morphologique en Asie du Sud-Est insulaire et Australo-Mélanésie

#### 10.2.3.1. Les Philippines

Une ACP a été effectuée uniquement sur les individus provenant des Philippines (incluant à la fois les spécimens archéologiques et récents) en distinguant graphiquement leur provenance géographique (îles de Marinduque, Sulu, Luzon et Palawan) (Figure 93). Les six molaires de l'Age des Métaux provenant de Bato Puti sont particulièrement proches le long des deux premières CP représentant 55,02% de la variabilité. La  $M_2$  provenant de la sépulture Néolithique de la grotte de Leta-Leta constitue la valeur extrême positive de la CP1. Neuf des dix molaires provenant de l'île de Luzon sont situées dans la moitié négative de la CP2 (Négritos de Luzon, molaires néolithiques de Callao et de l'Age des Métaux de Catugan). La variabilité morphologique décrite le long de la CP1 correspond principalement à des couronnes allongées mésio-distalement dans la partie négative de la composante alors que dans la partie positive, les couronnes ont un diamètre mésio-distal bien plus court ainsi qu'un fort développement de l'entoconide. Les changements de conformations le long de la CP2 sont caractérisés par des couronnes globalement assez carrées dans les valeurs



extrêmes positives. Dans la partie négative de la CP2, les couronnes sont marquées par une projection importante de l'entonide dans la partie linguale et du métaconide dans la partie mésiale.

#### 10.2.3.2. Les individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire

Une ACP a été effectuée sur les individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire répartis en huit groupes géographiques (Andaman, Bornéo, Java, Luzon, Marinduque, Sulawesi, Sulu, Sumatra) (Figure 94). Etant donné le faible effectif de certains groupes (*cf.* Tableau 16 Annexe 1 pour les effectifs), il était impossible d'envisager une NPMANOVA pour déterminer si les différences de conformation sont significatives entre les groupes. Les résultats de l'ACP dépeignent une grande variabilité morphologique des molaires d'Asie du Sud-Est insulaire et une faible différenciation des groupes. La variabilité représentée le long de la CP1 (32,38% de la variance totale) est d'une part, caractérisée par un allongement du diamètre mésio-distal dans la partie négative, et d'autre part, marquée par un allongement de la diagonale mésio-buccale/disto-linguale assortie d'un diamètre mésio-distal court dans la partie positive. Aucune tendance vers une dispersion particulière des individus selon leur provenance géographique n'est décelable le long de la CP1. Les Négritos de Luzon sont situés dans la moitié négative de la CP2 caractérisée par des couronnes dont l'entoconide est prononcé. Pour les autres groupes, là non plus aucune tendance vers une dispersion particulière des individus n'est décelée.

#### 10.2.3.3. Les individus récents d'Australo-Mélanésie

Une ACP a été effectuée sur les individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire répartis en quatre zones géographiques (Australie, îles Bismarck, Salomon et Vanuatu) (Figure 95). Les individus des îles Salomon et du Vanuatu sont presque tous situés dans la moitié positive de la CP1 (35,74%), caractérisée par des couronnes rectangulaires avec un diamètre mésio-

	ddl	som.carrés	moy.carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	2	61,93	30,967	0,87701	0,0352	ns
Résiduels	48	1694,88	35,310		0,96475	
Total	50	1756,81			1,00000	

Tableau 40 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d'Australo-Mélanésie avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 17 Annexe 1 pour les effectifs).

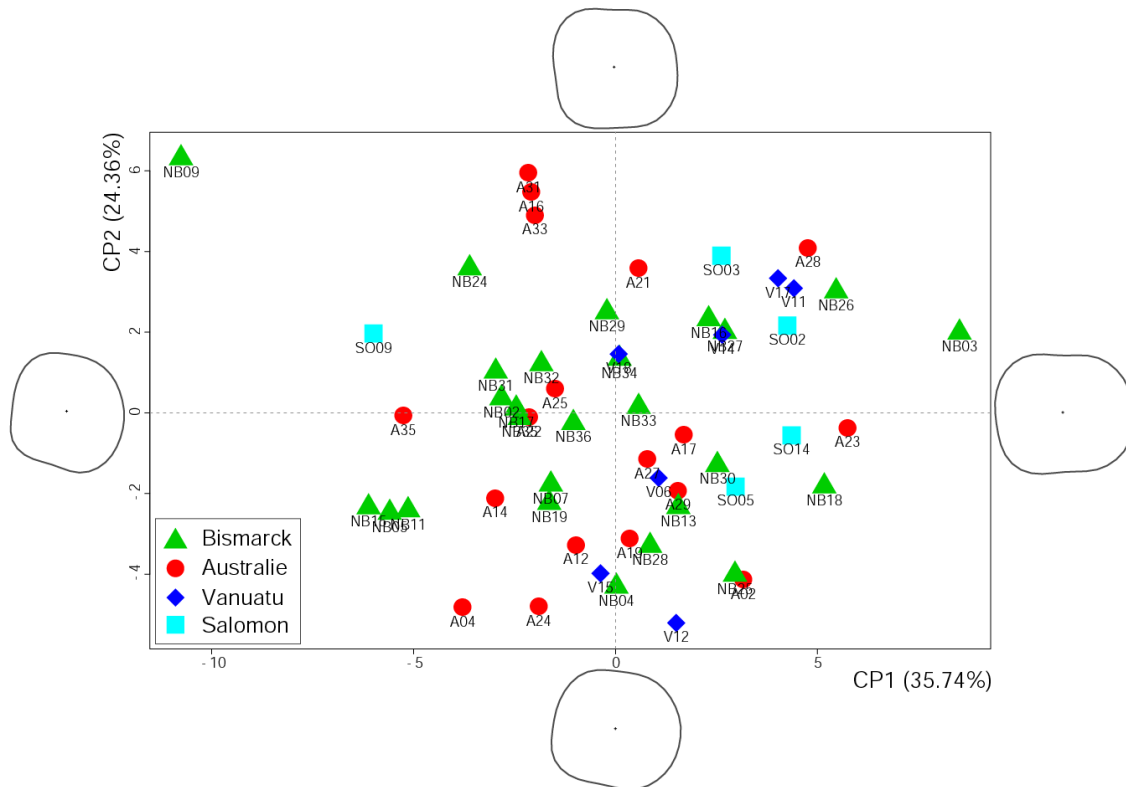


Figure 95 : ACP sur les données de conformation des individus récents provenant d'Asie du Sud-Est insulaire. Projection des individus sur les CP1 (35,74%) et 2 (24,36%).

	ddl	som,carrés	moy,carrés	F	R <sup>2</sup>	p
Conformation	3	192,0	63,986	1,7404	0,03104	*
Résiduels	163	5992,9	36,766		0,96896	
Total	166	6184,8			1,00000	

Tableau 41 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus récents de l'échantillon avec quatre groupes définis selon un facteur géographique (Asie du Sud-Est continentale, insulaire, Mélanésie et Australie). (cf. Tableau 18 Annexe 1 pour les effectifs).

distal très fort par rapport au diamètre bucco-lingual. Les  $M_2$  d'Australie et des îles Bismarck ont une variabilité morphologique importante le long des composantes. Une NPMANOVA menée sur les individus récents d'Australie, des îles Bismarck et du Vanuatu montre que leur morphologie ne diffère pas significativement (Tableau 40).

#### 10.2.3.4. Spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire

Etant donné l'hétérogénéité de notre échantillon provenant de contextes archéologiques en Asie du Sud-Est insulaire, nous avons décidé d'entreprendre d'abord une LDA sur la totalité des individus récents de notre échantillon selon un facteur géographique, puis d'inclure *a posteriori* les individus archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire en effectuant une analyse discriminante linéaire prédictive (PDA).

La NPMANOVA sur l'ensemble des individus récents répartis en quatre groupes (Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire, Mélanésie incluant le Vanuatu, Australie) est significative (Tableau 41). La distribution des individus le long de l'axe 1 (55,01% de la variance totale) est caractérisée par des  $M_2$  dont la largeur bucco-linguale maximale est située dans la moitié distale de la couronne, à l'extrême des valeurs positives, et dans la moitié mésiale pour les valeurs extrêmes négatives. Le long de l'axe 2 (34,94% de la variance totale), les couronnes situées dans les valeurs négatives tendent à être assez quadrangulaires, alors que celles se trouvant dans la partie positive de l'axe sont plus arrondies, notamment sur les faces buccale et distale. Les molaires australiennes et mélanésiennes tendent clairement à être réparties du côté positif de l'axe 1 alors que les molaires d'Asie du Sud-Est insulaires et continentales sont davantage situées du côté négatif. Les molaires d'Asie du Sud-Est insulaire ont également tendance à se trouver dans la partie négative de l'axe 2 et les molaires d'Asie du Sud-Est continentale dans la partie positive.



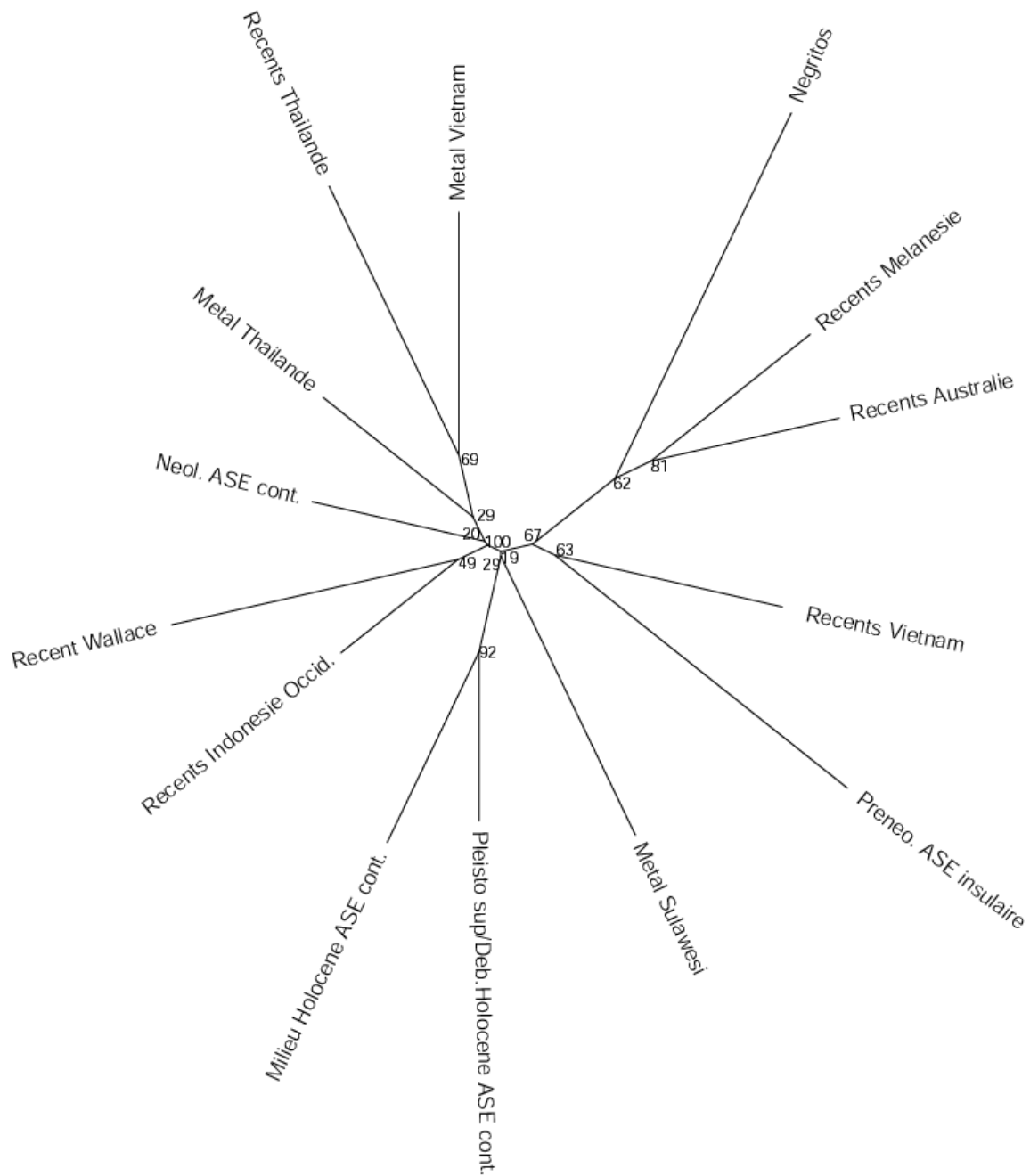
L'inclusion *a posteriori* (PDA) des fossiles préneolithiques du site de Wajak montre que Wajak 1 (WK1) se situe nettement dans la variabilité asiatique récente alors que Wajak 2 (WK2) tombe dans la variabilité australienne et mélanésienne (Figure 96). Les molaires « mésolithiques » de l'île de Florès ont une grande variabilité morphologique. Parmi elles, la M<sub>2</sub> de Liang Momer A (LMA) se trouve en marge de la variabilité asiatique, mélanésienne et australienne récente, à l'extrémité négative de l'axe 1. Liang Alo 1 (LA1) est également positionné relativement en marge de la variabilité actuelle, à l'extrémité de la variabilité d'Asie du Sud-Est insulaire récente du côté positif de l'axe 1 et à l'extrémité de la variabilité mélanésienne du côté négatif de l'axe 2. Les deux autres individus provenant de contexte archéologique en Asie du Sud-Est insulaire (Gua Jimbe et Gua Sampung) se trouvent au sein de la variabilité asiatique récente. Les trois individus néolithiques provenant des sites de Callao et Leta-Leta (CA7365B, CA7333B et LEB2A) sont proches les uns des autres le long des axes 1 et 2.

Les individus de l'Age des Métaux de Sulawesi (site de Leang Tjadang) et des Philippines (sites de Bato-Puti, Catugan, Catayauan et San Lorenzo) sont presque tous contenus au sein de la variabilité asiatique récente (Figure 96) mais montrent une variabilité morphologique importante. Seuls deux individus de Leang Tjadang (TJA5) et Bato-Puti (BP362 et TJ653) sortent complètement de la variabilité, respectivement à l'extrémité positive et négative de l'axe 1.

#### 10.2.4. Variabilité morphologique de la totalité de l'échantillon

Deux phénogrammes, selon les méthodes NJ et UPGMA, ont été construits à partir des distances de Mahalanobis obtenues sur 14 unités taxonomiques opérationnelles (UTO ; cf. Tableau 7 Annexe 2 pour les distances de Mahalanobis). Ces UTO ont été créées de manière à prendre en compte à la fois les facteurs chrono-culturels et géographiques à l'échelle de tout l'échantillon (cf. Annexes 7, 8, 9 ; Tableau 1 ; Tableau 2).





**Figure 97 : Phénogramme réalisé avec la méthode du NJ sur les groupes définis par le facteur «chronogéographique 1». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs)**

#### 10.2.4.1. Arbre de distance avec la méthode du NJ

A une extrémité du phénogramme, un nœud regroupe les individus récents d’Australie, de Mélanésie, les Négritos, les spécimens préolithiques d’Asie du Sud-Est insulaire et les individus récents du Vietnam (Figure 97). Le nœud intégrant ces cinq UTO a été retrouvé

dans 67% des ré-échantillonnages du *bootstrap*. Au sein de ce regroupement, la paire constituée des M<sub>2</sub> mélanésiennes et australiennes récentes est assez robuste (*bootstrap*=81%). Les Négritos forment un triplet avec la paire précédente (*bootstrap*=62%).

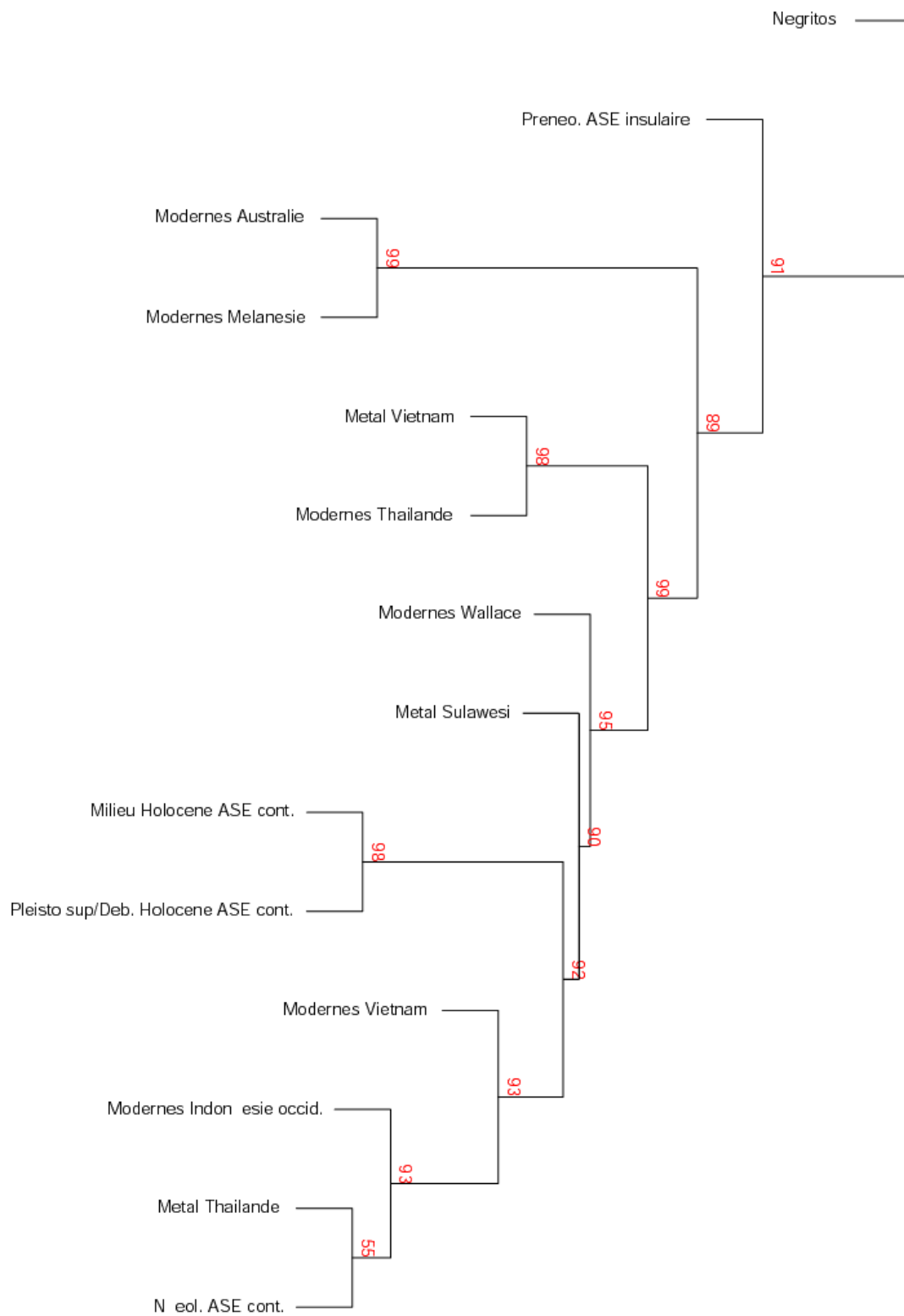
A l'autre extrémité du phénogramme, un nœud retrouvé dans 100% des ré-échantillonnages du *bootstrap* regroupe tous les autres individus Néolithiques et post-Néolithiques asiatiques (excepté les molaires de l'Age des Métaux en Sulawesi).

Une branche du phénogramme située entre les deux grands regroupements précédemment décrits regroupe les deux UTO préneolithiques d'Asie du Sud-Est continentale (*bootstrap*=92%) et l'UTO de l'Age des Métaux de Sulawesi (*bootstrap*=29%).

Ajoutons que les longueurs des branches menant aux UTO de l'Age des Métaux de Sulawesi, des Négritos et des individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire signalent des différenciations morphologiques importantes. Ceci est néanmoins à considérer avec prudence car les faibles effectifs des deux derniers peuvent avoir pour conséquence des distances de Mahalanobis artificiellement importantes.

#### 10.2.4.2. Arbre de distance avec la méthode UPGMA

L'UPGMA permet de retrouver trois paires d'UTO présente aussi dans le NJ : les individus récents d'Australie avec ceux de Mélanésie, les individus de l'Age des Métaux du Vietnam avec ceux de Thaïlande et une paire constituée des deux UTO préneolithiques d'Asie du Sud-Est continentale. Ces deux dernières UTO sont regroupées un sein d'un embranchement constitué de toutes les UTO néolithiques et post-néolithiques asiatiques (sauf les Négritos). La branche menant à la paire d'individus récents d'Australie et de Mélanésie et les deux branches conduisant aux individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire et aux Négritos sont assez éloignées du reste des UTO.



**Figure 98 : Phénogramme réalisé avec la méthode UPGMA sur les groupes définis par le facteur «chronogéographique 1». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs).**

### 10.3. RESULTATS DES MODELISATIONS

Six modèles (matrices chrono-géographiques) ont été créés afin de traduire les principales hypothèses de peuplement et de les comparer aux distances de Mahalanobis obtenues selon le facteur « chrono-géographique 2 » (cf. 5-2 et Tableau 8 Annexe 2 pour les distances de Mahalanobis). Aucun modèle n'est significativement corrélé à la matrice de distances de Mahalanobis après correction de Bonferroni. Seul le modèle à deux vagues de migration (2MIG) est corrélé aux données morphologiques sans appliquer la correction de Bonferroni (Tableau 42). C'est également celui affichant la valeur de corrélation la plus élevée ( $r=0,2628$ ).

Modèles	r	p	p (Bonf.)
IBD	0,1343	ns	ns
1MIG	0,1926	ns	ns
LGMa	0,2387	ns	ns
LGMb	0,225	ns	ns
2MIG	0,2628	*	ns
NUSAN	0,1052	ns	ns

**Tableau 42 : Corrélation et significativité de la matrice de distances morphologiques avec les six matrices de distances chrono-géographiques. (cf. Tableau 22 Annexe 1 pour les effectifs).**

---

### **Principaux résultats obtenus sur les M<sub>2</sub> en quelques points :**

- Analyses de taille :
    - Les M<sub>2</sub> d'Australo-Mélanésie, du milieu de l'Holocène en Asie du Sud-Est continentale, du préneolithique d'Asie du Sud-Est insulaire et de l'Age des Métaux en Thaïlande ont une taille supérieure à celle des autres groupes.
    - Les individus récents du Vietnam, de l'Age des métaux du Vietnam et les Négritos ont les plus petites M<sub>2</sub>.
  
  - Allométries de taille : infimes.
  
  - Analyse de la conformation :
    - En Asie du Sud-Est continentale : différences significatives mais modérées selon le facteur chrono-culturel.
    - En Asie du Sud-Est insulaire :
      - Wajak 2 est en marge de la variabilité asiatique récente et au sein de la variabilité australo-mélanésienne.
      - Individus néolithiques dans la variabilité asiatique.
    - En Australo-Mélanésie (spécimens récents) : pas de différence significative selon un facteur géographique
    - Individus récents : différences significatives selon un facteur géographique en prenant en compte quatre grands ensembles : Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire, Australie, Mélanésie.
    - Totalité de l'échantillon :
      - Australo-Mélanésiens, Négritos et individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire ont plus d'affinités morphologiques entre eux qu'avec le reste de l'échantillon (mis à part les individus récents vietnamiens).
      - Les spécimens préneolithiques d'Asie du Sud-Est continentale ont plus d'affinités morphologiques entre eux qu'avec le reste de l'échantillon.
  
  - Modélisation : Pas de modèle significativement corrélé aux distances morphologiques après correction de Bonferroni
-



# **PARTIE IV**

---

## **DISCUSSION ET CONCLUSION**





# 11. SYNTHÈSE ET DISCUSSION

---

## 11.1. CONSIDÉRATIONS MÉTHODOLOGIQUES ET ÉVOLUTIVES DES RÉSULTATS OBTENUS SUR LES DIFFÉRENTES DENTS

Globalement, les résultats obtenus avec les quatre types de molaires sont très proches concernant les analyses de tailles mais moins homogènes concernant la conformation. Ces différences de résultats entre les types de molaires sont surtout prononcées entre les molaires supérieures et inférieures et entre les deux molaires inférieures. En revanche, les deux molaires supérieures affichent une grande proximité quant aux patterns de variabilité et aux affinités morphologiques qu'elles décrivent. Avant d'aller plus avant dans la discussion et l'interprétation de nos résultats, il est nécessaire de faire le point sur les facteurs pouvant être en partie responsables des différences de résultats constatées entre les quatre molaires et, le cas échéant, identifier quelle(s) molaire(s) possède(nt) la meilleure signature génétique pour l'étude des populations.

Un certain nombre de difficultés méthodologiques et d'échantillonnage spécifiques à chaque type de molaires peuvent avoir une influence sur l'hétérogénéité des résultats. Les molaires supérieures ont un effectif plus important que les molaires inférieures dans notre échantillon, principalement parce que les crânes sont souvent conservés sans leur mandibule. Les deuxièmes molaires (inférieures et supérieures) sont également plus nombreuses que les premières molaires dans notre corpus parce que ces dernières ont une usure occlusale généralement plus importante et ont donc été moins souvent sélectionnées pour les analyses de contours. Ensuite, les  $M_1$  se heurtent à deux problèmes d'ordre méthodologiques pouvant potentiellement avoir un impact sur les analyses de contours : (i) les facettes d'usure interproximales distales des  $M_1$  ont une influence bien supérieure à

celles des autres molaires sur l'intégrité du contour des couronnes parce qu'elles modifient considérablement la conformation de l'hypoconulide. En dépit d'une attention particulière à choisir des  $M_1$  dont les usures occlusale et interproximale sont modérées, le tracé des contours est inévitablement moins précis que pour les autres couronnes. (ii) Les allométries sont assez importantes pour les  $M_1$  et contrastent avec les autres molaires pour lesquelles l'effet de taille sur la conformation est très faible. Contrairement aux autres dents, les variations de conformation des  $M_1$  sont donc fortement structurées par les variations de taille, ce qui masque éventuellement d'autres structurations plus faibles.

Les concepts d'intégration et de modularité (Klingenberg, 2008) sont également importants pour comprendre le degré de covariation entre les molaires de rang différent (Gómez-Robles & Polly, 2012). En effet, les dents peuvent être considérées comme des structures homologues évoluant au sein d'un même système partageant des caractéristiques fonctionnelles et développementales. En même temps, chaque dent représente un module dont le degré d'intégration morphologique est variable car les germes dentaires sont différenciés et peuvent se développer relativement indépendamment (Gómez-Robles & Polly, 2012). Les travaux novateurs de Gómez-Robles & Polly (2012) sur la covariation des conformations des dents post-canines humaines ont récemment apporté des éléments de réponse importants : (i) le degré d'intégration morphologique élevé des molaires humaines permet d'avoir un signal phylogénétique significatif malgré les contraintes fonctionnelles et développementales ; (ii) les molaires supérieures et inférieures semblent évoluer en deux modules relativement indépendants : les molaires inférieures ont un degré d'intégration plus élevé que les molaires supérieures car elles sont liées par les fortes contraintes fonctionnelles de la mandibule et sa morphologie relativement stable ; le plus faible niveau d'intégration des molaires supérieures leur permettrait de répondre aux fortes variations morphologiques du crâne et de la face ; (iii) les  $M^1$  et  $M_1$  covarient fortement en raison des fortes contraintes fonctionnelles qui les lient.

Plusieurs travaux ont démontré que la variabilité morphologique crânienne d'*Homo sapiens* est congruente avec un modèle d'évolution neutre (e.g. Harvati & Weaver, 2006 ; Smith et al., 2007 ; Smith, 2009, 2011 ; von Cramon-Taubadel & Weaver, 2009 ; von Cramon-Taubadel, 2009, 2011 ; Betti et al., 2010). C'est-à-dire que la diversité morphologique crânienne serait davantage le résultat de forces évolutives neutres (dérive et flux génétiques) plutôt que de forces adaptatives (sélection naturelle). Ceci permet de considérer les affinités morphologiques crâniennes entre groupes humains comme un bon proxy pour étudier l'histoire populationnelle (von Cramon-Taubadel & Weaver, 2009). Le fait que le faible degré relatif d'intégration morphologique des molaires supérieures soit une réponse aux changements morphologiques crâniens indiquerait que les molaires supérieures suivent également un pattern d'évolution neutre (Gómez-Robles & Polly, 2012). En suivant le même raisonnement, le fort degré d'intégration des dents inférieures en lien avec la morphologie mandibulaire montrerait que les molaires inférieures sont un proxy moins pertinent pour reconstituer l'histoire inter-populationnelle : la variabilité morphologique des mandibules humaines semble être en effet fortement corrélée avec le mode de subsistance (von Cramon-Taubadel, 2011). Les résultats des modélisations présentées dans ce travail semblent être en accord avec cette hypothèse puisque la morphologie des molaires supérieures affiche toujours des corrélations bien plus élevées que les molaires inférieures avec les différents modèles de peuplement testés.

## 11.2. VARIABILITE ET AFFINITES MORPHOLOGIQUES

### 11.2.1. Trois pôles morphologiques ?

#### 11.2.1.1. Les affinités morphologiques

Pour chaque dent, les affinités morphologiques entre groupes humains définis sur des critères chrono-culturels et géographiques ont été représentées sous forme de phénogrammes. Les résultats obtenus sur les  $M^1$  et  $M^2$  font ressortir trois groupes principaux : 1) les Australiens, les Mélanésiens, les Négritos et les spécimens préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire, 2) l'ensemble des spécimens provenant de contextes archéologiques (sauf les spécimens préneolithiques d'Asie du Sud-Est), et 3) dans une position intermédiaire, les individus récents (sauf les Négritos). On retrouve certaines de ces tendances pour les molaires inférieures mais le signal est moins net : le regroupement des Australiens, Mélanésiens, Négritos et spécimens préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire est retrouvé pour les  $M_2$  mais moins clairement pour les  $M_1$ . Les molaires inférieures asiatiques récentes tendent à être regroupées entre elles, avec celles de l'Age des Métaux.

#### 11.2.1.2. Le pôle australo-mélanésien

Le pôle morphologique le plus robuste est celui qui comprend les Australiens, les Mélanésiens (incluant le Vanuatu), les Négritos et les spécimens préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire. Les  $M^1$  australiennes tendent à être assez rectangulaires avec un axe mésio-distal réduit alors que les  $M^1$  mélanésiennes tendent à être plus longues (mésio-distalement) et moins rectangulaires. Les  $M^2$  australiennes et mélanésiennes tendent également à être plus rectangulaires que les  $M^2$  asiatiques et elles sont marquées par un bombement buccal prononcé. Les  $M_2$  australiennes et mélanésiennes sont également plus

rectangulaires que les M<sub>2</sub> asiatiques de notre échantillon, mais cette fois avec un axe mésio-distal dominant et une moitié distale qui tend à avoir un diamètre bucco-lingual plus important que la moitié mésiale. Ces grandes tendances morphologiques, observées sur les grands échantillons de molaires australiennes et mélanésiennes analysés dans ce travail, ne doivent pas masquer le fait qu'une grande variabilité morphologique existe dans ces deux groupes. Par conséquent, le terme « Australo-Mélanésien » n'a de sens que s'il est utilisé pour souligner des différences morphologiques significatives avec les populations asiatiques lorsqu'un grand nombre de données sont comparées. Les Négritos et les spécimens préneolithiques insulaires sont regroupés, de façon robuste, avec ce groupe australo-mélanésien. La longueur des branches du *neighbor-joining* pour ces deux UTO (Négritos et individus préneolithiques) montre des différenciations morphologiques importantes, surtout pour les spécimens préneolithiques. Cette observation doit cependant être modérée par le fait que les effectifs plus restreints de ces groupes ont pu éventuellement accroître artificiellement les distances de Mahalanobis.

#### 11.2.1.3. Deux pôles asiatiques ?

Toutes les molaires asiatiques sont regroupées dans les phénogrammes, à l'exception des Négritos. Au sein des UTO asiatiques, on retrouve deux regroupements principaux pour les molaires supérieures: les individus récents d'une part et ceux provenant de contextes archéologiques d'autre part. Il est intéressant de remarquer que les individus archéologiques d'Asie du Sud-Est continentale se regroupent lorsque la totalité de l'échantillon est analysée, alors qu'ils présentent des différences significatives en fonction du facteur chrono-culturel (*cf.* 2-1-2). Les individus d'Asie du Sud-Est insulaire récents et de l'Age des Métaux se caractérisent par une forte variabilité morphologique et présentent, selon le type de molaire analysé, des affinités variées à l'intérieur des phénogrammes. Une fois encore, les résultats obtenus sur les molaires supérieures sont plus robustes et ils montrent que la position des

molaires des spécimens insulaires est intermédiaire entre celles du groupe australo-mélanésien et celles des individus archéologiques continentaux.

Les différences morphologiques observées entre les spécimens récents et les individus archéologiques asiatiques sont beaucoup moins robustes que celles retrouvées entre les individus asiatiques et les australo-mélanésiens : dans le premier cas, les valeurs des *bootstraps* calculées pour les branches des phénogrammes sont moins robustes, et les affinités morphologiques entre molaires supérieures et inférieures sont plus hétérogènes. Les groupes humains qui peuplent l'Asie du Sud-Est depuis le Néolithique, parfois regroupés sous le nom de « Mongoloïde » ou « Mongoloïde du Sud » (Mirazon Lahr, 1995), ont donc une morphologie extrêmement variable. Nous n'emploierons donc pas ces termes car ils sont finalement très peu informatifs pour la caractérisation de la variabilité de conformation des molaires en Asie du Sud-Est.

Pour résumer, la diversité morphologique passée et présente en Australasie se structure clairement selon deux grands pôles morphologiques d'après la conformation des molaires : un pôle australo-mélanésien et un pôle asiatique. Le premier pôle comprend les spécimens actuels Australiens et Mélanésiens, les Négritos philippins et les spécimens pré-néolithiques d'Asie du Sud Est insulaire. Le pôle asiatique comprend deux groupements principaux : les individus récents et ceux provenant de contextes archéologiques. Au sein de ce pôle, la variabilité morphologique tend à se structurer selon deux sous-ensembles (individus récents et spécimens archéologiques), mais les différences entre ces deux sous-groupes sont nettement plus faibles que celles qui distinguent le pôle australo-mélanésien du pôle asiatique.

#### 11.2.1.4. Les variations de taille des molaires

Les résultats de l'analyse de la taille des molaires sont congruents avec ceux de l'analyse des conformations, même si ils offrent moins de détails.

Les molaires australiennes, mélanésiennes (Vanuatu non-inclus) et pré-néolithiques (en particulier en Asie du Sud-Est insulaire) présentent les tailles les plus importantes de notre échantillon. Ceci est particulièrement net pour les molaires supérieures. Ces résultats concordent avec ceux d'études antérieures portant sur les variations de la taille des dents, dans la même région géographique (Mijsberg, 1940 ; Hooijer, 1950 ; von Koenigswald, 1952 ; Jacob, 1967 ; Brace & Hinton, 1981 ; Harris et al., 1983 ; Hanihara & Ishida, 2005 ; Matsumura & Hudson, 2005). De manière surprenante, le groupe de l'Age des Métaux en Thaïlande (c'est-à-dire du site de Ban Non Wat) présente également une taille élevée, pour toutes les molaires.

Les molaires les plus petites sont représentées par les individus du Vietnam (Age des Métaux et récents), de Chine du Sud-Est et les Négritos. Les Négritos n'ont pas une taille nettement inférieure aux autres groupes, contrairement à ce qui a pu être retrouvé dans d'autres travaux (Hanihara & Ishida, 2005 ; Matsumura & Hudson, 2005). Plusieurs raisons peuvent expliquer ces différences de résultats : (i) les deux études précédemment citées intègrent la totalité des dents et non pas seulement les molaires, (ii) dans ces travaux, la méthode utilisée pour mesurer la taille des molaires est un calcul effectué à partir des mesures mésio-distales et bucco-linguales, alors que notre méthode fournit une mesure exacte de la surface occlusale, (iii) les échantillons analysés dans ces deux études sont constitués seulement d'hommes afin de réduire les effets éventuels liés au dimorphisme sexuel de la taille des dents. Les molaires datant de l'Age des Métaux aux Philippines semblent également très petites (proches des Négritos et des Vietnamiens post-néolithiques) mais ce résultat porte seulement sur les M<sup>2</sup> par manque de spécimens pour les autres dents.

Les autres groupes asiatiques (néolithiques et post-néolithiques) tendent à avoir des tailles assez proches entre eux, intermédiaires entre les extrêmes que nous venons de décrire. On peut remarquer que la taille des molaires du Vanuatu tombe dans la variabilité asiatique et non dans celle des Australiens et des Mélanésiens. En outre, les molaires des individus d'Australie et de Mélanésie, des spécimens Prénéolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire, du Néolithique et de Thaïlande de l'Age des Métaux affichent une grande variabilité de taille.

### 11.3. MORPHOLOGIE DES GROUPES HUMAINS PRENEOLITHIQUES

#### 11.3.1. Une morphologie hétérogène

Pour l'étude des affinités morphologiques, l'échantillon total inclus trois UTO préneolithiques : « Pléistocène supérieur/Début Holocène d'Asie du Sud-Est continentale », « Milieu Holocène d'Asie du Sud-Est continentale » et « Prénéolithique d'Asie du Sud-Est insulaire ». Deux résultats principaux ressortent de cette analyse des affinités morphologiques des UTO préneolithiques : le premier est que les individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est ne forment pas un groupe morphologique homogène car les spécimens continentaux sont proches des autres UTO asiatiques continentales alors que les individus insulaires présentent nettement plus d'affinités avec les Australiens et les Mélanésiens. Le second est que la morphologie des molaires des individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est continentale est relativement homogène car les deux UTO préneolithiques continentales partagent plus d'affinités morphologiques entre elles qu'avec le reste de l'échantillon pour les  $M^2$ ,  $M_1$  et  $M_2$ .



#### 11.3.1.1. Variabilité morphologique préénéolithique continentale

La variabilité morphologique de la totalité des individus préénéolithiques d'Asie du Sud-Est continentale indique que les individus les plus anciens (provenant des sites de Tam Hang au Laos ainsi que Mai Da Dieu et Mai Da Nuoc au nord du Vietnam) tendent à être proches les uns des autres, avec une morphologie peu variable. En particulier, les individus de Tam Hang sont assez homogènes morphologiquement pour chaque molaire. Les spécimens du milieu de l'Holocène (Con Co Nguá, au Nord du Vietnam, et Guar Kepah en Malaisie péninsulaire) affichent une variabilité morphologique plus importante. D'un point de vue anatomique, les molaires supérieures et inférieures des spécimens préénéolithiques d'Asie du Sud-Est continentale partagent des tendances anatomiques communes qui les différencient des molaires des individus des périodes chrono-culturelles plus récentes : un diamètre mésio-distal proportionnellement court et une conformation que l'on pourrait qualifier de moins complexe que celle des molaires plus récentes. Ainsi, les  $M^1$  ont tendance à être assez rectangulaires (axe fort selon le diamètre bucco-lingual), les  $M^2$  ont tendance à avoir un hypocone réduit ou absent, les  $M_1$  tendent à avoir un hypoconulide réduit et les  $M_2$  quatre cuspides arrangées plutôt symétriquement. Ce sont des tendances anatomiques qui sont également observées sur les molaires des individus australo-mélanésiens.

#### 11.3.1.2. Variabilité morphologique préénéolithique insulaire

En Asie du Sud-Est insulaire, les spécimens les plus anciens de notre échantillon sont, avec la  $M^2$  de la grotte d'Ille (Palawan, Philippines), les deux individus de Wajak (Java, Indonésie) attribués à la première moitié de l'Holocène. Ces fossiles sont le plus souvent considérés comme des individus préénéolithiques très robustes par leurs structures crâniennes massives et leurs dimensions dentaires importantes (*cf.* 2-3-5-1). Les résultats que nous avons obtenus avec les analyses des molaires démontrent que leurs conformations dentaires sont également particulières : les molaires supérieures de Wajak se trouvent clairement en-

dehors de la variabilité asiatique actuelle et présentent nettement plus d'affinités morphologiques avec les Australiens. Les  $M^1$  de Wajak 1 et Wajak 2 et la  $M^2$  de Wajak 2 se trouvent même en marge ou en-dehors de la variabilité morphologique australienne. Il est par ailleurs important de noter que la  $M^1$  de Wajak 2 possède cinq cuspides, ce qui a été rarement rencontré au cours de notre échantillonnage. La  $M_1$  de Wajak 2 se trouve également nettement en-dehors des variabilités asiatique, australienne et mélanésienne actuelles.

La conformation de la  $M^2$  préneolithique de la grotte d'Ille (IL727) a un diamètre mésio-distal assez court et une diagonale mésio-buccale/disto-linguale très développée ce qui la différencie des  $M^2$  des autres spécimens des Philippines. Néanmoins, projetée au sein de la totalité des individus récents de l'échantillon, elle se situe au sein de la variabilité morphologique asiatique. Les individus de l'île de Florès (entre 5000 et 3000 BP) affichent une variabilité morphologique importante, pouvant tour à tour, selon les individus et les molaires analysées, se trouver au sein de la variabilité asiatique, australienne ou mélanésienne.

Finalement, la forte variabilité morphologique observée à l'intérieur de l'échantillon préneolithique insulaire et plus spécialement la morphologie particulière des molaires des individus de Wajak posent question quant à l'unité biologique de ce groupe.

#### 11.3.1.3. Plusieurs migrations préneolithiques ?

Comment expliquer l'hétérogénéité morphologique observée, pour les périodes Préneolithiques, entre individus insulaires et continentaux d'une part, et au sein des spécimens insulaires d'autre part ? Ces groupes humains semblent-ils liés par une histoire commune ou sont-ils plutôt les témoins de migrations humaines distinctes ?

Il semble que les données de conformation des molaires présentent davantage d'arguments en faveur d'au moins deux vagues de migration préneolithiques distinctes. Les individus préneolithiques insulaires inclus dans ce travail pourraient être les descendants d'une première vague de migration, correspondant éventuellement à celle qui est arrivée jusqu'en Australie entre 60000 et 40000 BP. Les différences morphologiques présentées par les individus préneolithiques continentaux témoigneraient en revanche d'une vague de migration ultérieure. De plus, nous avons constaté que les molaires préneolithiques continentales partagent certaines tendances anatomiques avec le groupe australo-mélanésien : un diamètre mésio-distal proportionnellement faible et des molaires supérieures plus rectangulaires que celles des asiatiques plus récents. Ces caractéristiques anatomiques pourraient être le résultat d'un métissage entre des individus correspondant aux deux vagues de migrations préneolithiques plutôt que d'un remplacement des premières populations par celles de la deuxième vague.

L'hypothèse basée sur une seule vague de migration préneolithique reste toutefois envisageable : les caractéristiques anatomiques partagées par les molaires australiennes et les molaires préneolithiques continentales témoigneraient alors d'une histoire commune. La différenciation morphologique entre les deux groupes préneolithiques pourrait alors s'expliquer par des processus microévolutifs différents (effets fondateurs et dérive génétique, flux génétiques différents, adaptation à des environnements différents).

Enfin, on peut se demander dans quelle mesure l'apport génétique « dénisovien » a pu avoir un impact sur la variabilité humaine moderne dans la région (Stringer, 2012). Selon Reich et al. (2011), l'hypothèse la plus parcimonieuse est celle d'une hybridation entre *Homo sapiens* et les Denisoviens en Asie du Sud-Est insulaire. Ceci expliquerait que la plus forte proportion de gènes dénisoviens soit rencontrée chez les Australiens, les Mélanésiens et les Négritos des Philippines. L'introgression de gènes dénisoviens dans le *pool* génétique des Polynésiens et des habitants de la zone de Wallace serait indirecte, par l'intermédiaire de flux génétiques

ultérieurs avec les Australiens, les Mélanésien et éventuellement les Négritos des Philippines. En considérant que l'introgession de gènes dénisoviens ait eu des conséquences phénotypiques significatives, on devrait observer des affinités morphologiques entre Australiens, Mélanésien (Vanuatu dans une moindre mesure) et Négritos. On devrait également observer des différences morphologiques entre les groupes humains préneolithiques continentaux et insulaires (voir également Fu et al., 2013). Ces derniers devraient présenter des affinités morphologiques avec les Australiens, les Mélanésien et les Négritos. Bien que tous ces travaux soient très récents et encore basés sur un très petit nombre de restes humains mis au jour dans la grotte de Denisova, il nous paraît important de souligner que les résultats que nous avons obtenus dans le cadre de ce travail sont en tous points congruents avec ces hypothèses. Pour le moment, il nous semble toutefois difficile d'aller plus loin dans l'interprétation de nos résultats en ce sens en l'absence d'un échantillonnage de spécimens correspondant précisément aux groupes humains étudiés génétiquement (y compris de molaires de « dénisoviens ») et de connaissances plus précises sur les rapports entre génotype et phénotype, notamment dans le cas de telles hybridations entre groupes humains aussi différents génétiquement que semblent l'être les « dénisoviens » et les *Homo sapiens*.

### 11.3.2. Un signal morphologique majeur du Néolithique ?

#### 11.3.2.1. En Asie du Sud-Est continentale

Les quatre types de molaire montrent des différences de conformation significatives selon un facteur chrono-culturel (Préneolithique, Néolithique, Age des Métaux, individus récents) en Asie du Sud-Est continentale. Ces différences sont plus prononcées pour les molaires supérieures que pour les molaires inférieures. Pour les quatre types de molaires, ce sont les individus préneolithiques qui affichent la plus grande différenciation morphologique, même

si, là encore, cette tendance est plus nette pour les molaires supérieures. Les différences morphologiques sont moins nettes pour les autres périodes chrono-culturelles. Les individus récents et ceux de l'Age des Métaux présentent globalement une forte variabilité morphologique et semblent peu différenciés morphologiquement entre eux. Les couronnes des molaires de ces deux groupes présentent souvent une morphologie plus complexe que celles du Prénéolithique, avec des cuspides souvent très individualisées dont le développement relatif et le nombre sont variables.

Trois sites ou ensembles de sites bien localisés géographiquement en Asie du Sud-Est continentale et ayant livré de nombreux spécimens permettent d'examiner de façon détaillée si un signal correspondant potentiellement au Néolithique est présent dans nos analyses. Il s'agit, du Nord au Sud, des sites du Nord Vietnam, de Ban Non Wat en Thaïlande et de Guar Kepah en Malaisie péninsulaire.

Nous avons particulièrement concentré notre échantillonnage dans le Nord du Vietnam car cette région offre l'opportunité rare en Asie du Sud-Est d'étudier un grand nombre d'individus provenant de contextes chrono-culturels différents sur une petite zone géographique bien délimitée. Les tendances mises en évidence sont plutôt en accord avec les résultats d'autres types d'études morphologiques réalisées récemment dans la région (Matsumura et al., 2008, 2011 ; Matsumura, 2011a, 2011b ; Hanihara et al., 2012). Elles rejoignent aussi largement ce que nous avons décrit pour l'ensemble de l'Asie du Sud-Est continentale, à l'exception des M<sub>2</sub> qui ne présentent pas de différences significatives de conformation entre groupes chrono-culturels. En revanche, la différenciation morphologique du groupe Prénéolithique est encore plus marquée pour les molaires supérieures. En dépit d'un effectif plus restreint que pour les autres périodes chrono-culturelles, les individus néolithiques affichent une grande variabilité morphologique qui semble équivalente à celles des périodes ultérieures et semble supérieure à celle du Prénéolithique. Les affinités morphologiques des individus néolithiques sont assez variables selon le type de molaire

étudié mais ils sont globalement plus proches des individus de l'Age des Métaux et des individus récents que des spécimens préneolithiques.

Les phases chrono-culturelles successives détaillées du site thaïlandais de Ban Non Wat permettent d'étudier les changements morphologiques sur un grand nombre d'individus d'un même site à partir de la fin de l'Holocène jusqu'au début des périodes historiques (cf. 2-3-3). En particulier, les affinités biologiques des squelettes associés aux sépultures primaires en position fléchie (mode d'inhumation retrouvé fréquemment chez les chasseurs-cueilleurs en Asie du Sud-Est ; Higham & Wiriayaromp, 2011) et datés entre 3300 et 3000 BP avec les plus anciens individus néolithiques inhumés en *decubitus* dorsal et datés entre 3300 et 3200 BP posent question (Higham & Higham, 2009 ; Higham et al., 2011) : est-ce qu'il s'agit de deux populations distinctes (incursion de groupes néolithiques à partir de 3300 BP) ? Ou ces variations culturelles visibles au niveau des pratiques funéraires sont-elles le fait d'une seule et même population, sans intrusion de groupes humains extérieurs ? Notre étude morphologique de la conformation des molaires comprend au total 102 individus du site de Ban Non Wat, dont quatre seulement font partie des individus retrouvés en position fléchie. Or, lorsque pour chaque molaire la totalité des individus est projetée dans une ACP, au moins un des quatre individus inhumés en *decubitus* dorsal constitue une valeur extrême dans le premier plan de l'ACP pour les  $M^1$ ,  $M^2$  et  $M_2$ . Ces résultats semblent davantage compatibles avec un scénario basé sur la fréquentation du site par deux groupes humains biologiquement distincts. A l'inverse, les autres phases culturelles représentées à Ban Non Wat (Néolithique, Age du Bronze, Age du Fer) ne sont pas marquées par des changements morphologiques significatifs.

En Malaisie péninsulaire, les spécimens préneolithiques de Guar Kepah présentent une variabilité morphologique faible par rapport aux individus récents de la même région. Ils montrent des caractéristiques anatomiques proches des autres individus préneolithiques,

c'est-à-dire un axe mésio-distal proportionnellement faible et des molaires supérieures qui tendent à être rectangulaires.

En résumé, les individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est continentale sont assez éloignés morphologiquement des groupes humains présents ultérieurement dans les mêmes régions. Ces spécimens préneolithiques présentent une variabilité morphologique relativement faible alors qu'ils couvrent pourtant une période chronologique importante (environ 15000 à 3/4000 BP). Les changements morphologiques observés à partir de 3/4000 BP semblent donc clairement correspondre à l'arrivée du Néolithique dans la région.

#### 11.3.2.2. En Asie du Sud-Est insulaire

Il est beaucoup plus difficile d'étudier les changements morphologiques au cours de l'Holocène en Asie du Sud-Est insulaire car le matériel archéologique est moins abondant et son contexte de découverte est souvent moins bien documenté. Par ailleurs, les sites archéologiques néolithiques restent à ce jour rares, surtout pour les sites ayant livré des restes humains.

Les molaires néolithiques de Callao (Nord de Luzon, Philippines) ont une morphologie relativement homogène et ne présentent pas d'affinités morphologiques clairement marquées (pôle asiatique ou pôle australo-mélanésien) : les molaires inférieures semblent plutôt proches de la variabilité asiatique alors que la M<sup>1</sup> est plutôt en marge de cette variabilité. La molaire inférieure néolithique de Leta-Leta (Nord de Palawan, Philippines) se trouve clairement en marge de la variabilité de l'ensemble des individus d'Asie du Sud-Est insulaire. Les molaires supérieures néolithiques de Hoekgrot (Java, Indonésie) semblent présenter davantage d'affinités morphologiques avec les Mélanésiens actuels. Les individus post-néolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire (Leang Tjadang à Sulawesi, Bato-Puti à Palawan, les sites de la vallée de Cagayan à Luzon) présentent globalement plus d'affinités morphologiques avec les Asiatiques récents qu'avec les Australiens et les Mélanésiens. Ceci

est particulièrement net avec les M<sup>1</sup>. Les individus de Leang Tjadang sont tout de même caractérisés par une grande variabilité morphologique.

Globalement, les plus anciens spécimens d'Asie du Sud-Est insulaire semblent présenter plus d'affinités morphologiques australo-mélanésiennes alors que ceux de l'Age des Métaux ont davantage d'affinités asiatiques (même si leur variabilité est forte). Trop peu de spécimens néolithiques sont disponibles pour avoir une perception précise de la variabilité morphologique selon un facteur chrono-culturel. En l'état, aucun signal morphologique « asiatique » pouvant potentiellement correspondre à l'arrivée de nouvelles populations n'est identifiable et à partir des individus attribués au Néolithique que nous avons analysés dans ce travail.

### 11.3.3. Influence du facteur géographique

Les résultats de nos tests et de nos modélisations indiquent que la répartition géographique des groupes humains est un facteur lié significativement aux différenciations morphologiques à une grande échelle :

Lorsque la totalité de l'échantillon des individus récents est divisée en grandes régions géographiques (Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire, Australie et Mélanésie), les différences morphologiques sont significatives pour les M<sup>1</sup>, les M<sup>2</sup> et les M<sub>2</sub>. Pour les molaires supérieures récentes, les différences sont significatives entre les Asiatiques, les Australiens et les Mélanésiens, mais pas entre les Asiatiques insulaires et les Asiatiques continentaux. Pour les M<sub>2</sub> récentes, les différences sont significatives entre l'Asie du Sud-Est insulaire, l'Asie du Sud-Est continentale et l'Australo-Mélanésie, mais pas entre l'Australie et la Mélanésie. Seules les M<sub>1</sub> ne présentent pas de différences significatives entre l'Asie et l'Australo-Mélanésie. Au sein de l'Australo-Mélanésie, le facteur géographique a une influence morphologique significative (les molaires supérieures uniquement) sur tous les sous-ensembles considérés (Australie, Bismarck, Salomon, Vanuatu).



De plus, le modèle du dernier maximum glaciaire (LGM) (cf. 5-2-3-4), créé afin de tester l'influence des variations eustatiques liées au dernier maximum glaciaire, est corrélé de manière significative avec les données de conformation des molaires supérieures (c'est le modèle le plus fortement corrélé pour les  $M^2$  et le second pour les  $M^1$ , respectivement  $r=0,46$  et  $r=0,3$ ). Les modifications géographiques radicales liées aux variations de l'extension de la plate-forme de la Sonde ont donc été un facteur qui a joué de façon importante sur la structuration de la variabilité morphologique humaine moderne depuis le Pléistocène supérieur. En revanche, le modèle d'isolement par distance (IBD) (cf. 5-2-3-1), créé afin de tester si les distances morphologiques entre groupes humains varient en fonction des distances géographiques directes (distances orthodromiques, sans *a priori* sur les routes de migrations éventuelles), n'est significatif pour aucune dent. Le modèle à une seule vague de migration (1MIG) (cf. 5-2-3-2), basé sur le même principe que le modèle IBD, mais en prenant en compte les routes de migrations potentiellement empruntées par les premiers *Homo sapiens* en Asie du Sud-Est pour calculer les distances géographiques, est uniquement corrélé de manière significative avec les  $M^1$  ( $r=0,46$ ). Globalement, ces résultats montrent que les distances géographiques entre groupes humains ont été un facteur qui a joué de façon significative sur la diversification morphologique à travers le temps en Asie du Sud-Est, avec une influence majeure des variations eustatiques.

Au sein de l'Asie du Sud-Est continentale, les différences morphologiques ne sont pas significatives entre les individus récents du Vietnam, ceux de Thaïlande et ceux de Malaisie péninsulaire. En Asie du Sud-Est insulaire, le facteur géographique a un effet significatif sur la conformation des molaires récentes mais l'observation de la variabilité morphologique montre que les différences de formes liées à ce facteur sont peu marquées. Le groupe qui se différencie le plus morphologiquement en Asie du Sud-Est insulaire est celui des « Négritos » d'Andaman même si pour le moment ce groupe est trop peu représenté dans notre échantillon. Aux Philippines, les molaires des Négritos et des non-Négritos présentent une très grande variabilité, répondant à celle qui a été récemment observée au niveau génétique

(Delfin et al., 2011). Les molaires des Négritos sont peu différenciées morphologiquement des molaires des non-Négritos de la même région, ce qui semble également corroborer les études génétiques récentes qui soulignent l'hétérogénéité biologique observée au sein de ces groupes indiquant une histoire vraisemblablement complexe de métissages entre ces deux groupes (Delfin et al., 2011 ; Scholes et al., 2011).

#### 11.4. QUEL MODELE DE PEUPEMENT ?

Les résultats de notre étude de la conformation des molaires apportent considérablement plus de support aux modèles à deux ou plusieurs vagues qu'aux autres modèles, sur les trois points suivants :

1- La structuration de la variabilité morphologique observée au sein de notre échantillon préneolithique suggère au moins deux vagues de migration : la proximité morphologique des spécimens préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaires avec les Australiens et les Mélanésiens suggère que tous ces spécimens pourraient être les descendants d'une première vague de migration, correspondant éventuellement à celle qui aurait atteint l'Australie entre 60000 et 40000 BP (*c.f.* les nombreuses références bibliographiques en introduction et dans le chapitre 1). Les différences morphologiques mises en évidence entre plusieurs sous-groupes d'individus préneolithiques d'Asie du Sud-Est continentale suggéreraient qu'une ou plusieurs nouvelles migrations ont eu lieu dès la fin du Pléistocène supérieur/début de l'Holocène. A partir de l'analyse de caractères discrets crâniens, Hanihara et al. (2012) ont également observé que les spécimens du début de l'Holocène du Nord du Vietnam présentent relativement peu d'affinités morphologiques avec les Australiens et ils s'interrogent ainsi sur la pertinence des affinités biologiques entre ces deux groupes relevées par certains auteurs (*e.g.* von Koenigswald, 1952 ; Matsumura & Hudson, 2005). Nos résultats sont en accord avec plusieurs études génétiques récentes qui

ont détecté des signaux correspondant à des migrations importantes dès le Pléistocène supérieur et au début de l'Holocène sur plusieurs marqueurs (mitochondrial : Hill et al., 2006, 2007 ; Soares et al., 2008, 2011 ; Jinam et al., 2012 - chromosome Y : Karafet et al., 2010 - autosome : Jinam et al., 2012). Jinam et al. (2012) proposent même l'hypothèse d'un « *Early Train* » qui pourrait avoir joué un rôle important dans la diffusion du « complexe techno-fonctionnel lithique<sup>28</sup> » Hoabinhien (voir aussi Hill et al., 2006 ; Soares et al., 2008 ; Karafet et al., 2010). D'autre part, selon certains travaux, ces migrations anciennes et la diversité biologique humaine résultante dans la région auraient été fortement conditionnées par les variations eustatiques (Hill et al., 2007 ; Soares et al., 2008, 2011 ; Karafet et al., 2010 ; Barker & Richards, *in press*). Les corrélations significatives que nous avons obtenues entre les données de conformation des molaires et le modèle LGM que nous avons créé soutiennent ces hypothèses.

2- Notre étude de la conformation des molaires soutient en partie le modèle à deux vagues de migration dans la mesure où des changements morphologiques majeurs sont corrélés avec l'arrivée du Néolithique en Asie du Sud-Est continentale. Plusieurs études ostéologiques récentes, concentrées sur le Nord du Vietnam, ont également détecté un signal morphologique correspondant à l'arrivée du Néolithique dans la région (*e.g.* Matsumura & Hudson, 2005 ; Matsumura et al., 2011 ; Hanihara et al., 2012).

La situation semble toutefois nettement plus complexe pour l'Asie du Sud-Est insulaire : (i) le registre fossile en partie déficient (les sites néolithiques sont rares) ne permet pas d'étudier les variations morphologiques à travers le temps d'une manière aussi fine que pour l'Asie du Sud-Est continentale ; (ii) les rares molaires néolithiques insulaires de notre échantillon ne montrent pas d'affinités morphologiques particulières avec les Asiatiques continentaux ; (iii) les individus récents et de l'Age des Métaux en Asie du Sud-Est insulaire présentent une grande variabilité morphologique. On peut donc s'interroger sur la réalité de cette diffusion démique au Néolithique (éventuellement corrélée avec l'expansion des langues

---

<sup>28</sup> Définition du Hoabinhien proposée récemment par Forestier et al. (2013).

austronésiennes) en Asie du Sud-Est insulaire et sur la compatibilité de nos données avec une hypothèse alternative. La grande variabilité morphologique des individus insulaires et le fait que les variations eustatiques ont eu une influence significative sur sa structuration (modèle LGM) pourraient soutenir l'hypothèse du développement progressif d'un réseau maritime d'échanges depuis le dernier maximum glaciaire (Solheim, 2006). La variabilité des pratiques funéraires et des signatures isotopiques mise en évidence sur les restes humains mis au jour dans les sites de Niah (Sarawak) et Ille (Palawan) a également été interprétée dans ce sens (Barker et al., 2011 ; Barker & Richards, *in press*). Il faut noter tout de même que notre modélisation de l'hypothèse Nusantao (migrations à partir du milieu Holocène depuis l'Asie du Sud-Est insulaire vers le continent et la Polynésie) n'est corrélée avec les variations d'aucune des molaires. En revanche, la modélisation de l'hypothèse à deux vagues de migrations à l'échelle de toute l'Asie du Sud-Est (modèle 2MIG) est corrélée de manière significative pour les premières molaires supérieures et inférieures. Cette corrélation est même particulièrement élevée pour les M<sup>1</sup> ( $r=0,53$ ). Cela signifie que même sans considérer un modèle à deux vagues de migrations au sens strict, les migrations humaines à la fin de l'Holocène ont eu une influence globale importante sur la diversité morphologique observée.

3- La variabilité morphologique en Asie du Sud-Est tend à être structurée en deux groupes pour les molaires supérieures : les individus récents d'une part et ceux provenant de contextes archéologiques (toutes périodes comprises) d'autre part. Ceci pose la question de l'existence et, le cas échéant, de l'importance de migrations lors des périodes historiques. Les influences culturelles de l'Hindouisme, de l'Islam et des Hans de Chine sont largement reconnues dans de nombreuses régions d'Asie du Sud-Est et des haplogroupes du chromosome Y pouvant avoir été introduits par ces migrations récentes ont été identifiés par Karafet et al. (2010). Ces auteurs soulignent néanmoins que l'impact de ces migrations sur le *pool* génétique de la région a été mineur en comparaison de celui des migrations du Pléistocène/début Holocène. Les résultats de l'analyse génétique de la bactérie *Helicobacter pylori* présente dans l'estomac humain supporteraient également l'hypothèse de migrations

récentes provenant d'Inde et de Chine (Breurec et al. 2011). Nos résultats concordent avec l'interprétation de Karafet et al. (2010) car les différences morphologiques entre ces deux sous-groupes asiatiques (récents et archéologiques) sont moins grandes et moins robustes qu'entre le pôle australo-mélanésien et le pôle asiatique, et qu'entre le préneolithique et les périodes ultérieures en Asie du Sud-Est continentale. Ces migrations « récentes » auraient donc eu un effet, mais relativement faible, sur la structuration de la variabilité biologique de l'homme moderne en Asie du Sud-Est.



# CONCLUSION

---

Deux problématiques de recherche majeures ont été abordées par cette étude de la conformation des molaires définitives humaines modernes en Asie du Sud-Est :

- Une problématique méthodologique, avec deux développements importants :
  - La mise au point d'une méthode d'identification du rang des molaires humaines modernes isolées.
  - Le développement d'une méthode performante de normalisation des contours des molaires pour l'application rigoureuse des descripteurs elliptiques de Fourier.
  
- La problématique du peuplement de l'Asie du Sud-Est par *Homo sapiens* :
  - Les points innovants de ce travail sont en particulier :
    - La première étude de la conformation des molaires dans la région : celle-ci offre la possibilité d'analyser finement la variabilité morphologique à l'échelle intraspécifique.
    - 661 molaires préhistoriques ont été analysées, ce qui constitue à ce jour l'étude portant sur l'un des plus larges échantillons archéologiques en Asie du Sud-Est.
    - Une modélisation et un test quantifié des principales hypothèses de peuplement.

L'ensemble des résultats obtenus a permis de proposer un modèle de peuplement de l'Asie du Sud-Est par l'homme moderne basé sur plusieurs vagues de migrations. Les variations eustatiques et la diffusion du Néolithique ont été reconnues dans ce travail comme deux des facteurs majeurs ayant façonné la diversité biologique de l'homme moderne dans cette région.

## Développements méthodologiques

### Identification anatomique du rang des molaires humaines modernes

L'étude morphométrique d'un large échantillon de molaires humaines passe inévitablement par l'identification de la position anatomique précise des molaires isolées. Cette étape est souvent problématique car les premières et deuxièmes molaires définitives sont proches morphologiquement. Nous avons donc développé un protocole d'identification du rang des molaires basé sur l'étude morphométrique du contour des couronnes. Celui-ci s'est révélé très efficace puisque 95% des molaires sont correctement identifiées par la conformation de leur contour. L'application de cette méthode, croisée avec les critères anatomiques classiques utilisés pour l'identification visuelle, a permis de déterminer le rang de la quasi-totalité des molaires isolées rencontrées au cours de l'échantillonnage avec un niveau de confiance élevé. Cette méthode d'identification ouvre de nouvelles perspectives de recherche par son application à d'autres registres fossiles dentaires d'*Homo sapiens* dans d'autres régions mais aussi d'autres espèces d'homininés fossiles.

### Méthode de normalisation des descripteurs elliptiques de Fourier

L'analyse de la conformation du contour des couronnes des molaires (en vue occlusale) permet de combiner les avantages fréquemment cités concernant l'étude de la morphologie dentaire (large échantillonnage et forte héritabilité de forme) à des méthodes de morphométrie retenant l'intégralité de l'information géométrique de la forme. Parmi ces méthodes, les fonctions de Fourier elliptiques ont rarement été appliquées aux contours des molaires humaines car les méthodes de normalisation des coefficients proposées jusqu'à maintenant semblent peu adaptées à la réalité biologique de celles-ci. Pourtant, les descripteurs elliptiques de Fourier sont appliqués avec succès depuis les années 1980 dans la discrimination d'organismes biologiques. Pour y remédier, nous avons normalisé les contours, en amont des analyses de Fourier, par une superposition Procrustes de la totalité des points équidistants échantillonnés sur les contours. Pour tester la fiabilité de cette



procédure, nous l'avons comparée aux principales autres méthodes d'analyse de contours, sur un même jeu de données. Les résultats montrent que notre méthode de normalisation des coefficients de Fourier elliptiques répond parfaitement aux contraintes inhérentes à la morphologie des molaires humaines. Par ailleurs, notre travail fournit des éléments précis (quantifiés) concernant les avantages et inconvénients de chacune des méthodes d'analyse de contours les plus couramment utilisées. Ces résultats permettent de réduire le côté « arbitraire » (Rohlf, 1990) du choix d'une méthode d'analyse de contour pour l'étude des molaires humaines.

## **Le peuplement de l'Asie du Sud-Est**

### Variabilité et affinités morphologiques

La conformation des molaires définitives humaines en Asie du Sud-Est depuis le Pléistocène supérieur indique deux pôles morphologiques majeurs : un pôle australo-mélanésien, constitué des Australiens, des Mélanésiens, des Négritos et des spécimens préneolithiques d'Asie du Sud-Est insulaire, et un pôle asiatique. A un degré moindre, le pôle asiatique peut être subdivisé en deux sous-ensembles : les individus récents d'une part et ceux provenant de contextes archéologiques d'autre part.

Des changements morphologiques significatifs ont été détectés en Asie du Sud-Est (insulaire et continentale) selon des facteurs chrono-culturel et géographique. En voici les grands traits :

- La morphologie des molaires préneolithiques n'est pas homogène : les individus préneolithiques continentaux présentent plus d'affinités avec le pôle asiatique alors que les individus préneolithiques insulaires en présentent davantage avec le pôle australo-mélanésien.
- Des changements morphologiques majeurs peuvent être corrélés avec l'apparition du Néolithique en Asie du Sud-Est continentale. La situation est plus complexe en

Asie du Sud-Est insulaire car la variabilité morphologique est plus élevée et les sites archéologiques sont moins nombreux. A l'exception notable d'une différenciation morphologique entre le groupe préneolithique, en particulier des fossiles de Wajak, et les spécimens de l'Age des Métaux et récents, il est difficile de repérer d'autres différences significatives selon un facteur chrono-culturel.

- La répartition géographique des groupes humains est un facteur significatif de différenciation morphologique à une grande échelle (Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire, Australie et Mélanésie). Les modélisations confirment l'influence des facteurs géographiques et particulièrement l'impact important des variations eustatiques sur la diversité humaine dans la région.

#### Quel modèle de peuplement privilégier ?

Cette étude de la variabilité morphologique confirme la complexité de l'histoire humaine moderne en Asie du Sud-Est. La diversité humaine dans la région semble incompatible avec des modèles basés sur seulement deux migrations majeures ou uniquement sur des processus d'évolution locale. Nos résultats sont nettement en faveur de scénarios basés sur plusieurs mouvements importants de populations depuis le Pléistocène supérieur. La fréquence, l'extension et l'impact génétique de ces mouvements de populations/vagues de migrations ont été probablement étroitement liés aux variations eustatiques. Les innovations et diffusions culturelles ont probablement été également des facteurs prépondérants dans l'histoire biologique humaine dans la région. Preuve en est l'impact majeur du Néolithique sur le continent qui semble recouvrir une toute autre réalité dans la partie insulaire de l'Asie du Sud Est. Les processus d'évolution locale ont aussi joué un rôle majeur dans le modelage de la diversité humaine comme en témoigne la relation statistiquement significative qui existe entre les facteurs géographiques et la variabilité morphologique des molaires.

## Perspectives

Si cette étude de la conformation des molaires humaines a apporté de nombreux éléments de réponse nouveaux sur l'histoire de l'homme moderne en Asie du Sud-Est, elle souligne également la nécessité de poursuivre plusieurs axes de recherche majeurs :

D'abord, le caractère multifactoriel des migrations ou mouvements de population rend indispensable une compréhension plus précise des facteurs de variabilité morphologique. L'analyse de la conformation des molaires montre bien qu'il est parfois difficile d'interpréter l'importance relative des processus microévolutifs (flux génétiques, dérive génétique, effets fondateurs, sélection naturelle) à partir des patrons de diversité morphologique. L'analyse conjointe de données morphométriques et génétiques (si possible sur les mêmes spécimens) offre un axe prometteur encore peu exploré pour comprendre la diversité humaine à des échelles locales, régionales et continentales. L'intégration et la modularité sont également des concepts clés mal connus pour les dents humaines et pourtant fondamentaux dans la compréhension de la variabilité morphologique. Les progrès constants des techniques d'analyse morphométrique et d'acquisition de données, ainsi que le développement rapide des travaux dans les domaines de la génétique quantitative devraient permettre de faire progresser significativement cet axe de recherche. Une perspective des plus intéressantes réside également dans l'étude conjointe des changements de mode de vie et des changements morphologiques. L'étude des micro-usures dentaires et plus encore le fort développement que connaissent les recherches isotopiques fournissent des pistes extrêmement intéressantes en ce sens.

Ensuite, il est nécessaire de poursuivre l'échantillonnage des individus provenant de contextes archéologiques. De manière plus générale, notre étude démontre clairement la nécessité de renforcer les recherches multidisciplinaires de terrain dans les archipels indonésien et philippin. En raison de fouilles souvent « historiques », les sites fournissant un

cadre chrono-culturel fiable de la fin du Pléistocène supérieur à la fin de l'Holocène sont peu nombreux. Les études paléanthropologiques et d'une manière plus générale les travaux de préhistoire entrepris dans la région sont encore largement tributaires de découvertes effectuées lors de fouilles anciennes pour lesquelles nous disposons d'extrêmement peu d'informations.

Assurément, l'Asie du Sud-Est est un terrain extraordinairement prometteur pour l'étude de l'origine et de l'évolution de l'homme moderne et d'autres espèces d'homininés récemment mise en évidence dans cette vaste région. Depuis une dizaine d'années, les nouvelles découvertes paléanthropologiques et la réévaluation de deux sites phares fouillés dans les années 1960 (Niah et Tabon) confirment l'antiquité de la présence d'*Homo sapiens* en Asie du Sud-Est (e.g. Dizon et al., 2002 ; Barker et al., 2007 ; Corny & Détroit, 2010 ; Demeter et al., 2012 ; Détroit et al. *in press*). Plusieurs découvertes permettent aussi de discuter du fait qu'*Homo sapiens* n'était pas, à ces périodes, le seul représentant du genre *Homo* dans la région (Brown et al., 2004 ; et cf. Mijares et al., 2010 et Détroit et al. *in press*). Plusieurs travaux génétiques récents soulignent les opportunités uniques qu'offre l'Asie du Sud-Est pour la compréhension de notre diversité et des processus qui l'ont façonnée au cours du temps. Ces travaux relancent des problématiques majeures de l'anthropologie liées, par exemple, à l'étude de la diversité des groupes asiatiques dits « Négritos » (e.g. Delfin et al., 2011) ; à la découverte d'éventuels métissages entre certains groupes humains modernes et certains groupes dits « archaïques » (Reich et al., 2011). Cette mosaïque de terres et de mers que constituent les archipels indonésiens et philippins, la Mélanésie et le Pacifique constitue un terrain particulièrement propice à l'étude des processus microévolutifs extrêmement complexes et divers mis en jeu lors de migrations humaines (e.g. Delfin et al., 2012). Plus que jamais, l'étude des restes humains anciens et récents occupe une place privilégiée au sein de ces axes de recherche prometteurs visant à mieux comprendre la variabilité biologique humaine passée et présente en Australasie.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---



- Adams DC, Rohf FJ & Slice D. 2004. Italian Journal of Zoology 71:5-16.
- Allen J & O'Connell JF. 2008. Getting from Sunda to Sahul. In: Clark G, Leach F & O'Connor S, eds. Islands of Inquiry: Colonisation, Seafaring and the Archaeology of Maritime Landscapes. p 31-46.
- Anderson DD. 1997. Cave archaeology in Southeast Asia. Geoarchaeology: An International Journal 12:607-638.
- Anderson MJ. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. Austral Ecology 26:32-46.
- Armitage SJ. 2011. The southern route "Out of Africa": evidence for an early expansion of modern human into Arabia. Science 331:453-456.
- Athreya S. 2006. Patterning of geographic variation in Middle Pleistocene *Homo* frontal bone morphology. Journal of Human Evolution 50:627-643.
- Azevedo S de, Nocera A, Paschetta C, Castillo L, González M & González-José R. 2011. Evaluating microevolutionary models for the early settlement of the new world: the importance of recurrent gene flow with Asia. American Journal of Physical Anthropology 146:539-552.
- Bailey RC & Byrnes J. 1990. A new, old method for assessing measurement error in both univariate and multivariate morphometric studies. Systematic Zoology 39:124-130.
- Bailey SE & Lynch JM. 2005. Diagnostic differences in mandibular P4 shape between Neandertals and anatomically moderns humans. American Journal of Physical Anthropology 126:268-277.
- Ballinger SW, Schurr TG, Torroni A, Gan YY, Hodge JA, Hassan K, Chen KH & Wallace DC. 1992. Southeast Asian mitochondrial DNA analysis reveals genetic continuity of ancient mongoloid migrations. Genetics 130:139-152.
- Balme J. 2013. Of boats and string: the maritime colonisation of Australia. Quaternary International 285:68-75.
- Barker G & Richards MB. *In press*. Foraging-farming transitions in Island Southeast Asia. Journal of Archaeological Method and Theory. DOI: 10.1007/s10816-012-9150-7

Barker G, Barton H, Bird M, Daly P, Datan I, Dykes A, Farr L, Gilbertson D, Harrison B, Hunt C et al. 2007. The “human revolution” in lowland tropical Southeast Asia: the antiquity and behaviour of anatomically modern humans at Niah Cave (Sarawak, Borneo). *Journal of Human Evolution* 52:243-261.

Barker G, Lloyd-Smith L, Barton H, Cole F, Hunt C, Piper PJ, Rabett R, Paz V & Szabó K. 2011. Foraging-farming transitions at the Niah Caves, Sarawak, Borneo. *Antiquity* 85:492-509.

Baylac M. 1996. Morphométrie géométrique et systématique. *Informatique et systématique. Byosystema* 14:73-89.

Baylac M & Frieß M. 2005. Fourier descriptors, Procrustes superimposition, and data dimensionality: an example of cranial shape analysis in modern human populations. In: Slice DE, ed. *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. p 145-165.

Bellwood P. 1997. *Prehistory of the Indo-Malaysian Archipelago*. Honolulu: University of Hawaii Press. Second edition.

Bellwood P. 2001. Early agriculturalist population diasporas? Farming, languages and genes. *Annual Review of Anthropology* 30:181-207.

Bellwood P. 2011. Holocene population history in the Pacific region as a model for worldwide food producer dispersals. *Current Anthropology* 52:363-378.

Bellwood P & Dizon E. 2005. The Batanes archaeological project and the “Out of Taiwan” hypothesis for Austronesian dispersal. *Journal of Austronesian Studies* 1:1-31.

Bellwood P & Cameron J. 2007. Ancient boats, boat timbers, and locked mortise-and-Tenon joints from Bronze/Iron-Age Northern Vietnam. *The International Journal of Nautical Archaeology* 36:2-20.

Bellwood P, Chambers G, Ross M & Hung HC. 2011. Are “Cultures” inherited? Multidisciplinary perspectives on the origins of migrations of Austronesian-speaking peoples prior to 1000 BC. In: Roberts BW & Vander Linden M, eds. *Investigating Archaeological Cultures: Material Culture, Variability and Transmission*. New York: Springer. p 321-354.

Benazzi S, Fornai C, Buti L, Toussaint M, Mallegni F, Ricci S, Gruppioni G, Weber GW, Condemi S & Ronchitelli A. 2012. Cervical and crown outline analysis of worn neanderthal



and modern human lower second deciduous molars. *American Journal of Physical Anthropology* 149:537-546.

Bernal V. 2007. Size and shape analysis of human molars: comparing traditional and geometric morphometric techniques. *Homo* 58:279-276.

Bernal V, Pérez SI, Gonzalez PN & Diniz-Filho JAF. 2010. Ecological and evolutionary factors in dental morphological diversification among modern human populations from southern South America. *Proceeding of the Royal Society B* 277:1107-1112.

Betti L, Balloux F, Hanihara T & Manica A. 2010. The relative role of drift and selection in shaping the human skull. *American Journal of Physical Anthropology* 141:76-82.

Biggerstaff RH. 1969. The basal area of posterior tooth crown components: the assessment of within tooth variation of premolars and molars. *American Journal of Physical Anthropology* 31:163-170.

Bird MI, Taylor D & Hunt C. 2005. Palaeoenvironments of insular Southeast Asia during the Last Glacial Period: a savanna corridor in Sundaland? *Quaternary Science Reviews* 24:2228-2242.

Birdsell JB. 1977. The recalibration of a paradigm for the first peopling of greater Australia. In: Allen J, Golson J & Jones R, eds. *Sunda and Sahul: Prehistoric Studies in Southeast Asia, Melanesia and Australia*. London: Academic press. p 113-67.

Blench R. 2010. Was there an austroasiatic presence in Island Southeast Asia prior to the Austronesian expansion? *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 30: 133-144.

Blench R. 2012. Almost everything you believed about the Austronesians isn't true. In: Bonatz D, Reinecke A & Tjoa-Bonatz ML, eds. *Crossing Borders; Selected Papers from the 13<sup>th</sup> International Conference of the European Association of Southeast Asian Archaeologists, Volume 1*. Singapore: National University of Singapore Press. p 128-148.

Blust R. 1995. The prehistory of the Austronesian-speaking peoples: a view from language. *Journal of World Prehistory* 9:453-510.

Blust R. 1996. Austronesian culture history: the window of language. *Transactions of the American Philosophical Society* 86:28-35.

Boivin N, Fuller DQ, Dennell R, Allaby R & Petraglia MD. *In press*. Human dispersal across diverse environments of Asia during the Upper Pleistocene. *Quaternary International*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2013.01.008>

Bookstein FL. 1991. *Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Bookstein FL. 1997. Landmark methods for forms without landmarks: morphometrics of group differences in outline shape. *Medical Image Analysis* 1:225-243.

Bookstein FL, Strauss RE, Humphries JM, Chernoff B, Elder RL & Smith GR. 1982. A comment upon of Fourier methods in systematics. *Systematic zoology* 31:85-92.

Borel A. 2010. *Formes et fonctions au sein des industries lithiques de la fin du Pléistocène et du début de l'Holocène en Asie du Sud-Est: un nouvel apport à la compréhension des comportements humains*. Thèse de doctorat, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France.

Bouville C. 1978. Problème de l'identification des dents humaines isolées. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 13:249-254.

Bowler JM, Johnston H, Olley JM, Prescott JR, Roberts RG, Shawcross W & Spooner NA. 2003. New ages for human occupation and climatic change at Lake Mungo, Australia. *Nature* 421:837-840.

Brace L. 1978. Tooth reduction in the Orient. *Asian Perspectives* 19:203-219.

Brace L & Hinton RJ. 1981. Oceanic tooth-size variation as a reflexion of biological and cultural mixing. *Current Anthropology* 22:549-569.

Bräuer G. 2008. The origin of modern anatomy: by speciation or intraspecific evolution? *Evolutionary Anthropology* 17:22-37.

Breurec S, Guillard B, Hem S, Brisse S, Bintou Dieye F, Huerre M, Oung C, Raymond J, Tan TS, Thiberge JM et al. 2011. Evolutionary history of *Helicobacter Pylori* sequences reflect past human migrations in Southeast Asia. *PLoS ONE* 6:e22058.

Brown P, Sutikna T, Morwood MJ, Soejono RP, Jatmiko, Wayhu Saptomo E & Rokus Awe Due. 2004. A new small-bodied hominin for the Late Pleistocene of Flores, Indonesia. *Nature* 431:1055-1061.

Buck T & Vidarsdóttir US. 2012. Cranio-facial evolution in Polynesia: a geometric study of population diversity. *American Journal of Human Biology* 24:776-785.

Bulbeck D. non daté. The burials from Guar Kepah, West Malaysia. Rapport interne pour Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leiden, Pays-Bas.

Bulbeck D. 1982. A re-evaluation of possible evolutionary processes in Southeast Asia since the Late Pleistocene. *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 3:1-21.

Bulbeck D. 1996. Holocene biological evolution of the Malay Peninsula Aborigines (Orang Asli). In: Rousham E & Freedman L, eds. *Perspectives in Human biology, Volume 2: Humans in the Australasian Region*. Singapore: World Scientific Publishing Co. Ltd. p 37-61.

Bulbeck D. 2008. An integrated perspective on the Austronesian diaspora. *Australian Archaeology* 67:31-51.

Cann RL, Stoneking M & Wilson AC. 1987. Mitochondrial DNA and human evolution. *Nature* 325:31-36.

Capelli C, Wilson JF, Richards M, Stumpf MPH, Gratrix F, Oppenheimer S, Underhill P, Pascali VL, Ko TM & Goldstein DB. 2001. A predominantly indigenous paternal heritage for the Austronesian-speaking peoples of Insular Southeast Asia and Oceania. *American Journal of Human Genetics* 68:432-443.

Cardini A & Slice DE. 2004. Mandibular shape in the genus *Marmota* (Rodentia, Sciuridae): a preliminary analysis using outlines. *Italian Journal of Zoology* 71:17-25.

Chapman RE. 1990. Conventional Procrustes approaches. In: Rohlf JF & Bookstein FL, eds. *Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop. Special publication number 2*. Ann Arbor: The University of Michigan Museum of Zoology. p 325-338.

Chappell J. 1993. Late Pleistocene coasts and human migrations in the Austral region. In: Spriggs M, Yen DE, Ambrose W, Jones R, Thorne A & Andrews A, eds. *A Community of Culture: the People and Prehistory of the Pacific*. Canberra: Australian National University. p 43-48.

Chen SY, Lestrel PE, Kerr WJS & McColl JH. 2000. Describing shape changes in the human mandible using elliptic Fourier functions. *European Journal of Orthodontics* 22:205-216.

Chi Z & Hung HC. 2010. The emergence of agriculture in southern China. *Antiquity* 84:11-25.

Chiari Y & Claude J. 2012. Morphometric identification of individuals when there are more shape variables than reference specimens: a case study in Galápagos tortoises. *Comptes Rendus Biologies* 335:62-68.

Christopher RA & Waters JA. 1974. Fourier series as a quantitative descriptor of Miospore shape. *Journal of Paleontology* 48:697-709.

Claude J. 2008. *Morphometrics with R*. New York: Springer.

Colani M. 1927. La grotte sépulcrale de Lan Gao. *L'Anthropologie* 37:227-229.

Coon C. 1962. *The origin of races*. London: Cape.

Cordaux R, Weiss G, Saha N & Stoneking M. 2004. The Northeast Indian passageway: a barrier or corridor for human migrations. *Molecular Biology and Evolution* 21:1525-1533.

Corny J. 2008. Les restes humains de la grotte de Tabon (Palawan, Philippines) : Répartition spatiale et étude d'une collection d'ossements inédite. Mémoire de Master Erasmus Mundus Quaternaire et Préhistoire. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris. <http://hopsea.mnhn.fr/pc/index.html>

Corny J & Détroit F. 2010. Les ossements humains de la grotte de Tabon (Palawan, Philippines): Répartition spatiale et étude d'une collection d'ossements inédite. *Annali dell'Università di Ferrara, Museologia Scientifica e Naturalistica* 6:77-84.

Costa C, Menesattia P, Paglia G, Pallottino F, Aguzzi J, Rimatori V, Russo G, Recupero S, Reforgiato & Recupero G. 2009. Quantitative evaluation of Tarocco sweet orange fruit shape using optoelectronic elliptic Fourier based analysis. *Postharvest Biology and Technology* 54:38-47.

Cucchi T, Fujita M & Dobney K. 2009. New insights into pig taxonomy, domestication and human dispersal in island South East Asia: molar shape analysis of *Sus* remains from Niah Caves, Sarawak. *International Journal of Osteoarchaeology* 19:508-530.

Darlu P & Tassy P. 1993. *Reconstruction phylogénétique : concepts et méthodes*. Paris : Masson.

Delfin F, Salvador JM, Calacal GC, Perdigon HB, Tabbada KA, Villamor LP, Halos SC, Gunnarsdóttir E, Myles S, Hughes DA et al. 2011. The Y-chromosome landscape of the

Philippines: extensive heterogeneity and varying genetic affinities of Negrito and non-Negrito groups. *European Journal of Human Genetics* 19:224-230.

Demeter F. 2000. Histoire du peuplement humain de l'Asie extrême-orientale depuis le Pléistocène supérieur récent. Thèse de doctorat, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Paris. 2 volumes.

Demeter F, Peyre E & Coppens Y. 2000. Présence probable de formes de type Wadjak dans la baie fossile de Quynh Luu au Nord Viêt-nam sur le site de Cau Giat. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris - Sciences de la Terre et des planètes* 330:451-456.

Demeter F, Shackelford LL, Bacon A-M, Durringer P, Westaway K, Sayavongkhamdy T, Braga J, Sichanthongtip P, Khamdalavong P, Ponche J-L et al. 2012a. Anatomically modern human in Southeast Asia (Laos) by 46 ka. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109:14375-14380.

Demeter F, Shackelford LL, Westaway KE, Durringer P, Sayavongkhamdy T & Bacon A-M. 2012b. Reply to Pierret et al.: Stratigraphic and dating consistency reinforces the status of Tam Pa Ling fossil. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109:E3524-3525.

Dempsey PJ & Townsend GC. 2001. Genetic and environmental contributions to variation in human tooth size. *Heredity* 86:685-693.

Denham T. 2011. Early agriculture and plant domestication in New Guinea and Island Southeast Asia. *Current Anthropology* 52:379-395.

Denham T & Donohue M. 2012. Lack of correspondence between Asian-Papuan genetic admixture and Austronesian language dispersal in eastern Indonesia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109:E2577.

Détroit F. 2002. Origine et évolution des *Homo sapiens* en Asie du Sud-Est : descriptions et analyses morphométriques de nouveaux fossiles. Thèse de doctorat, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France.

Détroit F, Dizon E, Falguères C, Hameau S, Ronquillo W & Sémah F. 2004. Upper Pleistocene *Homo sapiens* from the Tabon Cave (Palawan, The Philippines): description and dating of new discoveries. *Comptes Rendus Palevol* 3:705-712.

Détroit F, Corny J, Dizon EZ & Mijares ASB. *In press*. "Small size" in the island Southeast Asian human fossil record: is it meaningful for a better understanding of the evolutionary history of the Negritos? *Human Biology*. (fourni en Annexe 4)

Diamond JM. 1988. Express train to Polynesia. *Nature* 336:307-308.

Diamond JM & Bellwood P. 2003. Farmers and their languages: the first expansions. *Science* 300:597-603.

Disotell TR. 2012. Archaic human genomics. *Yearbook of Physical Anthropology* 55:24-39.

Dizon E, Détroit F, Sémah F, Falguères C, Hameau S, Ronquillo W & Cabanis E. 2002. Notes on the morphology and age of the Tabon Cave fossil *Homo sapiens*. *Current Anthropology* 43:660-666.

Domett KM & Oxenham MF. 2011. The demographic profile of the Man Bac cemetery sample. In: Oxenham M, Matsumura H & Nguyen KD, eds. *Man Bac: The Excavation of a Neolithic Site in Northern Vietnam: the Biology*. *Terra Australis* 33. The Australian National University E Press. p 9-20.

Donohue M & Denham T. 2010. Farming and language in Island Southeast Asia. *Current Anthropology* 51:223-256.

Dryden IL, 2012. Shapes package. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>

Dubois E. 1894. *Pithecanthropus erectus*, eine menschenähnliche Uebergangsform aus Java. Landesdruckerei, Batavia.

Dunn FL & Dunn DF. 1977. Maritime adaptations and exploitation of marine resources in sundaic Southeast Asian prehistory. *Modern Quaternary Research in Southeast Asia* 3:1-28.

Endicott P, Gilbert MTP, Stringer C, Lalueza-Fox C, Willerslev E, Hansen AJ, Cooper A. 2003. The genetic origins of the Andaman Islanders. *American Journal of Human Genetics* 72:178-184.

Erdbrink DP. 1954. Mesolithic remains of the Sampung stage in Java: some remarks and additions. *Southwestern Journal of Anthropology* 10:294-303.

Evin A, Cucchi T, Cardini A, Vidarsdottir US, Larson G & Dobney K. 2013. The long and winding road: identifying pig domestication through molar size and shape. *Journal of Archaeological Science* 40: 735-743.

Ferrario VF, Sforza C, Tartaglia GM, Colombo A, Serrao G. 1999. Size and shape of the human first permanent molar: a Fourier analysis of the occlusal and equatorial outlines. *American Journal of Physical Anthropology* 108:281-294.

Ferson S, Rohlf FJ & Richard KK. 1985. Measuring shape variation of two-dimensional outlines. *Systematic Zoology* 34:59-68.

Fiorenza L, Benazzi S, Tausch J, Kullmer O & Schrenk F. 2010. Identification reassessment of the isolated tooth Krapina D58 through occlusal fingerprint analysis. *American Journal of Physical Anthropology* 143:306-312.

Forestier H. 2007. Les éclats du passé préhistorique de Sumatra: une longue histoire des techniques. *Archipel* 74:15-44.

Forestier H, Driwantoro D, Guillaud D, Budiman B & Siregar D. 2006. New data for the prehistoric chronology of south Sumatra. In: Simanjuntak T, Hisyam M, Prasetyo B & Nastiti TS, eds. *Archaeology: Indonesian Perspective*. Jakarta: RP Soejono's Festschrift, LIPI Press. p 177-192.

Fox RB. 1966. Second progress report to the National Geographic Society of the explorations and excavations of cave sites of ancient man on Palawan Island, Philippines (January 11, 1966, through June 30, 1966). Rapport interne non publié. Manila: National Museum of Philippines.

Fox RB. 1970. The Tabon Caves – Archaeology explorations and excavations on Palawan Island, Philippines. Monograph of the National Museum. Manila: National Museum Publications.

Fox RB. 1977. Leta-Leta Cave: the science and art of cave archaeology. In: Roce R, ed. *Filipino heritage: the making of a nation*. Manila: Lahing Pilipino Publishing Inc. p 138-140.

Franklin NR & Habgood PJ. 2007. Modern human behaviour and Pleistocene Sahul in review. *Australian Archaeology* 65:1-16.

Frayser DW, Wolpoff MH, Thorne AG, Smith FH & Pope GG. 1993. Theories of modern human origins: the paleontological test. *American Anthropologist* 95:14-50.

Friedlaender JS, Friedlaender FR, Reed FA, Kidd KK, Kidd JR, Chambers GK, Lea RA, Loo JH, Koki G, Hodgson JA, Merriwether DA & Weber JL. 2008. The genetic structure of Pacific Islanders. *PLoS Genetics* 4:e19.

Frieß M & Baylac M. 2003. Exploring artificial cranial deformation using elliptic Fourier analysis of Procrustes aligned outlines. *American Journal of Physical Anthropology* 122:11-22.

Fu Q, Meyer M, Gao X, Stenzel U, Burbano HA, Kelso J & Pääbo S. 2013. DNA analysis of an early modern human from Tianyuan Cave, China. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110:2223-2227.

Fuller JL, Denehy GE & Schulein TM. 2001. *Concise Dental Anatomy and Morphology*. University of Iowa College of Dentistry. Fourth edition.

Garong A. 2002. Culture in trash - an archaeological excavation of Conciso property shell midden, Catayauan, Lal-lo, Cagayan Valley, Northern Philippines. In: Ogawa H, ed. *Excavation of Lal-lo Shell Middens*. Tokyo: University of Foreign Studies. p 11-32.

Gillespie R. 2002. Dating the first Australians. *Radiocarbon* 44:455-472.

Gómez-Robles A, Martínón-Torres M, Bermúdez de Castro JM. 2007. A geometric morphometric analysis of hominin upper first molar shape. *Journal of Human Evolution* 53:272-285.

Gómez-Robles A, Martínón-Torres M, Bermúdez de Castro JM, Prado L, Sarmiento S, Arsuaga JL. 2008. Geometric morphometric analysis of the crown morphology of the lower first premolar of hominins, with special attention to Pleistocene *Homo*. *Journal of Human Evolution* 55:627-638.

Gómez-Robles A, Olejniczak AJ, Martínón-Torres M, Prado-Simón L & Bermúdez de Castro JM. 2011. Evolutionary novelties and losses in geometric morphometrics: a practical approach through hominin molar morphology. *Evolution* 65-6:1772-1790.

Gómez-Robles A & Polly PD. 2012. Morphological integration in the hominin dentition: evolutionary, developmental, and functional factors. *Evolution* 66:1024-1043.

González-José R, Dahinten SL, Luis MA, Hernández M & Pucciarelli HM. 2001. Craniometric variation and the settlement of the Americas: testing hypotheses by means of R-matrix and matrix correlation analyses. *American Journal of Physical Anthropology* 116:154-165.



Gower JC. 1975. Generalized procrustes analysis. *Psychometrika* 40:33-51.

Gray RD, Drummond AJ & Greenhill SJ. 2009. Language phylogenies reveal expansion pulses and pauses in Pacific settlement. *Science* 323:479-483.

Green RE, Krause J, Briggs AW, Maricic T, Stenzel U, Kircher M, Patterson N, Li H, Zhai W & Fritz MHY et al. 2010. A draft sequence of the Neandertal genome. *Science* 328: 710-722.

Groube L, Chappell J, Muke J & Price D. 1986. A 40,000 year-old human occupation site at Huon Peninsula, Papua New Guinea. *Nature* 324:453-455.

Gründler H. 1976. *Study of Tooth Shapes: A Systematic Procedure*. Berlin: Quintessenz Verlags.

Gunz P, Mitteroecker P & Bookstein FL. 2005. Semilandmarks in three dimensions. In: Slice DE, ed. *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. New York: Kluwer press. p 73-98.

Habgood PJ & Franklin NR. 2008. The revolution that didn't arrive: A review of Pleistocene Sahul. *Journal of Human Evolution* 55:187-222.

Hammer Ø & Harper DAT. 2006. *Paleontological Data Analysis*. Oxford: Blackwell publishing.

Hanihara T. 1992a. Negritos, Australian Aborigines, and the "Proto-Sundadont" dental pattern: the basic populations in East Asia, V. *American Journal of Physical Anthropology* 88:183-196.

Hanihara T. 1992b. Dental and cranial affinities among populations of East Asia and the Pacific: the basic populations in East Asia, IV. *American Journal of Physical Anthropology* 88:163-182.

Hanihara T. 1993a. Population prehistory of East Asia and the Pacific as viewed from craniofacial morphology: the basic populations in East Asia, VII. *American Journal of Physical Anthropology* 91:173-187.

Hanihara T. 1993b. Craniofacial features of Southeast Asians and Jomonese: a reconsideration of their microevolution since the Late Pleistocene. *Anthropological Science* 101:25-46.

Hanihara T. 1994. Craniofacial continuity and discontinuity of Far Easterners in the Late Pleistocene and Holocene. *Journal of Human Evolution* 27:417-441.

Hanihara T. 2008. Morphological variation of major human populations based on nonmetric dental traits. *American Journal of Physical Anthropology* 136:169-182.

Hanihara T & Ishida H. 2005. Metric dental variation of major human populations. *American Journal of Physical Anthropology* 128:287-298.

Hanihara T, Matsumura H, Kawakubo Y, Nguyen LC, Nguyen KT, Oxenham MF & Dodo Y. 2012. Population history of northern Vietnamese inferred from nonmetric cranial trait variation. *Anthropological Science* 120:157-165.

Harris EF, Smith RJ, Brace CL & Hinton RJ. 1983. On tooth size and oceanic prehistory. *Current Anthropology* 24:243-246.

Harvati K & Weaver TD. 2006. Human cranial anatomy and the differential preservation of population history and climate signature. *The Anatomical Record Part A* 288:1225-1233.

Higham CFW. 2004. Mainland Southeast Asia from Neolithic to the Iron Age. In: Glover I & Bellwood P, eds. *Southeast Asia: from Prehistory to History*. London: RoutledgeCurzon. p 41-67.

Higham CFW & Higham TFG. 2009. A new chronological framework for prehistoric Southeast Asia, based on a Bayesian model from Ban Non Wat. *Antiquity* 83:125-144.

Higham CFW & Kijngam A. 2009. *The Origins of the Civilization of Angkor: the Excavation of Ban Non Wat. Introduction. Volume III*. Bangkok: The Fine Arts Department of Thailand.

Higham CFW & Kijngam A. 2011. *The Origins of the Civilization of Angkor: the Excavation of Ban Non Wat. The Neolithic Occupation. Volume IV*. Bangkok: The Fine Arts Department of Thailand.

Higham CFW & Kijngam A. 2012. *The Origins of the Civilization of Angkor: the Excavation of Ban Non Wat. Bronze Age. Volume V*. Bangkok: The Fine Arts Department of Thailand.

Higham CFW & Wiriayaromp W. 2011. Flexed burials. In: Higham CFW & Kijngam A, eds. *The Origins of the Civilization of Angkor: the Excavation of Ban Non Wat. The Neolithic Occupation. Volume IV*. Bangkok: The Fine Arts Department of Thailand. p 5-14.

Higham TFG, Barton H, Turney CSM, Barker G, Ramsey CP & Brock F. 2009. Radiocarbon dating of charcoal from tropical sequences: results from the Niah Great Cave, Sarawak, and their broader implications. *Journal of Quaternary Science* 24:189-197.

Higham CFW, Guangmao X & Qiang L. 2011. The prehistory of a friction zone: first farmers and hunters-gatherers in Southeast Asia. *Antiquity* 85:529-543.

Hill C, Soares P, Mormina M, Macaulay V, Meehan W, Blackburn J, Clarke D, Raja JM, Ismail P, Bulbeck D, Oppenheimer S & Richards M. 2006. Phylogeography and ethnogenesis of Aboriginal Southeast Asians. *Molecular Biology and Evolution* 23:2480-2491.

Hill C, Soares P, Mormina M, Macaulay V, Clarke D, Blumbach PB, Vizuete-Forster M, Forster P, Bulbeck D, Oppenheimer S & Richards M. 2007. A mitochondrial stratigraphy for Island Southeast Asia. *American Journal of Human Genetics* 80:29-43.

Hillson S. 1996. *Dental Anthropology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Hooijer DA. 1950. Fossil evidence of Austromelanesian migrations in Malayia? *Southwestern Journal of Anthropology* 6:416-422.

Hooijer DA. 1957. Three new giant prehistoric rats from Flores, Lesser Sunda Islands. *Zoologische Mededelingen* 35:299-314.

Howells WW. 1959. *Mankind in the making*. London: Mercury Books.

Hrdlička A. 1921. The peopling of Asia. *Proceedings of the American Philosophical Society* 60:535-545.

Hubbe M, Harvati K & Neves W. 2011. Paleoamerican morphology in the context of European and East Asian Late Pleistocene variation: implications for human dispersion into the New World. *American Journal of Physical Anthropology* 144:442-453.

Huffer D & Trinh HH. 2011. Man Bac burial descriptions. Appendix. In: Oxenham M, Matsumura H & Nguyen KD, eds. *Man Bac: the Excavation of a Neolithic Site in Northern Vietnam: the Biology*. *Terra Australis* 33. The Australian National University E Press. p 135-168.

Hughes T, Dempsey P, Richards L & Townsend G. 2000. Genetic analysis of deciduous tooth size in Australian twins. *Archives of Oral Biology* 45:997-1004.

HUGO Pan-Asian SNP Consortium et al. 2009. Mapping Human Genetic Diversity in Asia. *Science* 326:1541-1545.

Hung HC, Iizuka Y, Bellwood P, Nguyen KD, Bellina B, Silapanth P, Dizon E, Santiago R, Datan I & Manton JH. 2007. Ancient jades map 3,000 years of prehistoric exchange in Southeast Asia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104:19745-19750.

Hung HC, Carson MT, Bellwood P, Campos FZ, Piper PJ, Dizon E, Bolunia MJLA, Oxenham M & Chi Z. 2011. The first settlement of Remote Oceania 85:909-926.

Jacob, T. 1967. Some problems pertaining to the racial history of the Indonesian region. Utrecht: Drukkerij Neerlandia.

Jinam TA, Hong LC, Phipps M, Stoneking M, Ameen M, Edo J, HUGO Pan-Asian SNP Consortium, Saitu N. *In press*. Evolutionary history of continental Southeast Asians: "Early Train" hypothesis based on genetic analysis of mitochondrial and autosomal DNA data. *Molecular Biology and Evolution*. DOI: 10.1093/molbev/mss169

Kabban M, Fearn J, Jovanovski V & Zou L. 2001. Tooth size and morphology in twins. *International Journal of Paediatric Dentistry* 11:333-339.

Kaesler RL. 1997. Phase angles, harmonic distance and the analysis of form. In: Lestrel PE, ed. *Fourier Descriptors and their Applications in Biology*. Cambridge: Cambridge University Press. p 106-126.

Kaifu Y & Fujita M. 2012. Fossil record of early modern humans in East Asia. *Quaternary International* 248:2-11.

Kamilari M & Sfenthourakis S. 2009. A morphometric approach to the geographic variation of the terrestrial isopod species *Armadillo tuberculatus* (Isopoda: Oniscidea). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 47:219-226.

Karafet TM, Hallmark B, Cox M, Sudoyo H, Downey S, Lansing JL & Hammer MF. 2010. Major east-west division underlies Y chromosome stratification across Indonesia. *Molecular Biology and Evolution* 27:1833-1844.

Kayser M, Lao O, Saar K, Brauer S, Wang X, Nürnberg P, Trent RJ & Stoneking M. 2008. Genome-wide analysis indicates more Asian than Melanesian ancestry of Polynesians. *American Journal of Human Genetics* 82:194-198.

Klingenberg CP. 2008. Morphological integration and developmental modularity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 39:115-132.

Klingenberg CP. 2010. Evolution and development of shape: integrating quantitative approaches. *Nature Reviews Genetics* 11:623-635.

Klingenberg CP & Zimmerman M. 1996. Multivariate allometry. In: Marcus LF, ed. *Avances in Morphometrics*. New York: Plenum.

Kovarovic K, Aiello LC, Cardini A, Lockwood CA. 2011. Discriminant function analyses in archaeology: are classification rates too good to be true? *Journal of Archaeological Science* 38:3006-3018.

Krause J, Fu Q, Good JM, Viola B, Shunkov MV, Derevianko AP & Pääbo S. The complete mitochondrial DNA genome of an unknown hominin from southern Siberia. *Nature* 464:894-897.

Kuhl FP & Giardina CR. 1982. Elliptic Fourier features of a closed contour. *Computer Graphics and Image Processing* 18:236-258.

Lambeck K & Chappell J. 2001. Sea level change through the last glacial cycle. *Science* 292:679-686.

Larson G, Cucchi T, Fujita M, Matisoo-Smith E, Robins J, Anderson A, Rolett B, Spriggs M, Dolman G, Kim TH et al. 2007. Phylogeny and ancient DNA of *Sus* provides insights into Neolithic expansion in Island Southeast Asia and Oceania. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104:4834-4839.

Larson G, Karlsson E, Perri A, Webster T, Ho SYW, Peters J, Stahl PW, Piper PJ, Lingaas F, Fredholm M et al. 2012. Rethinking dog domestication by integrating genetics, archeology and biogeography. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109:8878-8883.

Leavesley MG & Chappell J. 2004. Buang Merabak: additional early radiocarbon evidence of the colonization of the Bismarck Archipelago, Papua New Guinea. *Antiquity* 78(301) [online: Project Gallery]

Lestrel PE. 1989. Method for analyzing complex two-dimensional forms: elliptical Fourier functions. *American Journal of Human Biology* 1:149-164.

Lestrel PE. 1997. *Fourier Descriptors and their Applications in Biology*. Cambridge: Cambridge University Press.

Lestrel PE, Cesar RM, Takahashi O & Kanazawa E. 2004. A Fourier-wavelet representation of 2-D shapes: sexual dimorphism in the Japanese cranial base. *Anthropological Science* 112:3-28.

Lestrel PE, Ohtsuki F & Wolfe CA. 2010. Cranial vault shape in fossil hominids: Fourier descriptors in norma lateralis. *Homo* 61:287-313.

Lestrel PE, Kanazawa E & Wolfe CA. 2011. Sexual dimorphism using elliptical Fourier analysis: shape differences in the craniofacial complex. *Anthropological Science* 119:213-229.

Lewis H, Paz V, Lara M, Barton H, Piper P, Ochoa J, Vitales T, Carlos AJ, Higham T & Neri L. 2008. Terminal Pleistocene to mid-Holocene occupation and an early cremation burial at Ille Cave, Palawan, Philippines. *Antiquity* 82:318-335.

Li JZ, Absher DM, Tang H, Southwick AM, Casto AM, Ramachandran S, Cann HM, Barsh GS, Feldman M, Cavalli-Sforza LL & Myers RM. 2008. Worldwide human relationships inferred from genome-wide patterns of variation. *Science* 319:1100-1104.

Liu W et al. 2010. Human remains from Zhirendong, South China, and modern human emergence in East Asia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 107:19201-19206.

Macaulay V, Hill C, Achilli A, Rengo C, Clarke D, Meehan W, Blackburn J, Semino O, Scozzari R & Cruciani F et al. 2005. Single, rapid coastal settlement of Asia revealed by analysis of complete mitochondrial genomes. *Science* 308:1034-1036.

Mantel N. 1967. The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Research* 27:209-220.

Marche A. 1887. *Luçon et Palaouan : six années de voyages aux Philippines*. Paris : Hachette.

Martinón-Torres M, Bastir M, Bermudez de Castro JM, Gómez A, Sarmiento S, Muela A, Arsuaga JL. 2006. Hominin lower second premolar morphology: evolutionary inferences through geometric morphometric analysis. *Journal of Human Evolution* 50:523-533.

Matsumura H. 2006. The population history of Southeast Asia viewed from morphometric analyses of human skeletal and dental remains. In: Oxenham MF & Tayles N, eds. *Bioarchaeology of Southeast Asia*. Cambridge: Cambridge University Press. p 33-58.

Matsumura H. 2011a. Quantitative cranio-morphology at Man Bac. In: Oxenham M, Matsumura H & Nguyen KD, eds. *Man Bac: the Excavation of a Neolithic Site in Northern Vietnam: the Biology*. Terra Australis 33. The Australian National University E Press. p 21-32.

Matsumura H. 2011b. Quantitative and qualitative dental-morphology at Man Bac. In: Oxenham M, Matsumura H & Nguyen KD, eds. *Man Bac: the Excavation of a Neolithic Site in Northern Vietnam: the Biology*. Terra Australis 33. The Australian National University E Press. p 43-64.

Matsumura M & Hudson MJ. 2005. Dental perspectives on the population history of Southeast Asia. *American Journal of Physical Anthropology* 127:182-209.

Matsumura H & Oxenham M. 2011. Introduction: Man Bac biological research objectives. In: Oxenham M, Matsumura H & Nguyen KD, eds. *Man Bac: the Excavation of a Neolithic Site in Northern Vietnam: the Biology*. Terra Australis 33. The Australian National University E Press. p 1-8.

Matsumura H, Oxenham M, Dodo Y, Domett K, Nguyen KT, Nguyen LC, Nguyen KD, Huffer D & Yamagata. 2008. Morphometric affinity of the late Neolithic human remains from Man Bac, Ninh Binh Province, Vietnam: key skeletons with which to debate the “two layer” hypothesis. *Anthropological Sciences* 116:135-148.

Matsumura H, Oxenham MF, Nguyen KT, Nguyen LC & Nguyen KD. 2011. Population history of Mainland Southeast Asia: the Two Layer model in the context of Northern Vietnam. In: Enfield N & White J, eds. *Dynamics of Human Diversity in Mainland Southeast Asia*. Canberra: Pacific Linguistics. p 153-178.

McDonnell A & Oxenham MF. *In press*. Localised primary canine hypoplasia: implications for maternal and infant health at Man Bac, Vietnam, 4000-3500 years BP. *International Journal of Osteoarchaeology*. DOI: 10.1002/oa.2239

McLellan T & Endler JA. 1998. The relative success of some methods for measuring and describing the shape of complex objects. *Systematic biology* 47:264-281.

Mellars P. 2006. Going east: new genetic and archaeological perspectives on the modern human colonization of Eurasia. *Science* 313:796-800.

Melton T, Peterson R, Redd AJ, Saha N, Sofro ASM, Martinson J & Stoneking M. 1995. Polynesian genetic affinities with Southeast Asian populations as identified by mtDNA analysis. *American Journal of Human Genetics* 57:403-414.

Meyer M, Kircher M, Gansauge MT, Li H, Racimo F, Mallick S, Schraiber JG, Jay F, Prüfer K, de Filippo C et al. 2012. A high-coverage genome sequence from an archaic Denisovan individual. *Science* 338:222-226.

Michaux J, Cucchi T, Renaud S, Garcia-Talavera F & Hutterer R. 2007. Evolution of an invasive rodent on an archipelago as revealed by molar shape analysis: the house mouse in the Canary Islands. *Journal of Biogeography* 34:1412-1425.

Mijares ASB. 2006. Lowland-upland interaction: the 3500-1500 BP ceramic evidence from Penablanca cave sites, Northeastern Luzon, Philippines. In: Glover I, Bacus E & Piggot V, eds. *Uncovering Southeast Asia's Past*. Singapore: National University of Singapore Press. p 359-377.

Mijares ASB. 2007. *Unearthing prehistory: the archaeology of Northeastern Luzon, Philippines Islands*. BAR International Series 1613. Oxford: John and Erica Hedges Ltd.

Mijares ASB, Détroit F, Piper P, Grün R, Bellwood P, Aubert M, Champion G, Cuevas N, De Leon A & Dizon E. 2010. New evidence for a 67,000-year-old human presence at Callao Cave, Luzon, Philippines. *Journal of Human Evolution* 59:123-132.

Mijdsberg WA. 1940. On a neolithic palae-melanesian lower jaw found in a kitchen midden at Guak Kepah, province Wellesley, Straits Settlements. In Chasen FN & Tweedie MWF, eds. *Proceedings of the third congress of prehistorians of the Far East*. Singapore: The Governments of the Straits Settlements. p 100-118.

Mirabel S, Herrera KJ, Gayden T, Regueiro M, Underhill PA, Garcia-Bertrand RL, Herrera RJ. 2012. Increased Y-chromosome resolution of haplogroup O suggests genetic ties between the Ami aborigines of Taiwan and the Polynesian Islands of Samoa and Tonga. *Gene* 492:339-348.

Mirazon Lahr M. 1995. Patterns of modern human diversification: implications for Amerindian origins. *Yearbook of Physical Anthropology* 38:163-198.



Mirazon Lahr M & Foley R. 1994. Multiple dispersals and modern human origins. *Evolutionary Anthropology* 3:48-60.

Mitteroecker P & Gunz P. 2009. Advances in geometric morphometrics. *Evolutionary Biology* 36:235-247.

Mitteroecker P & Bookstein FL. 2011. Linear discrimination, ordination, and the visualization of selection gradients in modern morphometrics. *Evolutionary Biology* 38:100-114.

Montano J. 1886 *Voyage aux Philippines et en Malaisie*. Paris : Hachette.

Monti L, Baylac M & Lalanne-Cassou B. 2001. Elliptic Fourier analysis of the form of genitalia in two *Spodoptera* species and their hybrids (Lepidoptera: Noctuidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 72:391-400.

Moodley Y, Linz B, Yamaoka Y, Windsor HM, Breurec S, Wu JY, Maady A, Bernhöft S, Thiberge JM, Phuanukoonnon et al. 2009. The peopling of the Pacific from a bacterial perspective. *Science* 323:527-530.

Morwood MJ, Soejono RP, Roberts RG, Sutikna T, Turney CSM, Westaway KE, Rink WJ, Zhao JX, van den Bergh GD, Rokus Awe Due et al. 2004. Archaeology and age of a new hominin from Flores in eastern Indonesia. *Nature* 431:1087-1091.

Newton P. 1920. Observations on the Negritos of the Philippine islands. *American Journal of Physical Anthropology* 3:1-24.

Nguyen KD, Yamagata M, Watanabe S & Bellwood P. 2011. Appendix. The Man Bac Burial Pottery – An illustrated corpus of the whole vessels from the burials in cultural unit III. In: Oxenham M, Matsumura H & Nguyen KD, eds. *Man Bac: the Excavation of a Neolithic Site in Northern Vietnam: the Biology*. *Terra Australis* 33. The Australian National University E Press. p 169-186.

Nguyen KS, Huyen PM & Tin TT. 2004. Northern Vietnam from the Neolithic to the Han period. In: Glover I & Bellwood P, eds. *Southeast Asia: from Prehistory to History*. London: RoutledgeCurzon. p 177-208.

Nguyen LC. 1986. Two Hoabinhian crania from Than Hoa Province (Vietnam). *Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie* 77:11-17.

Nguyen LC. 1987. An early Hoabinhian skull from Vietnam. *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 7:30-35.

Nguyen LC. 1994. On human remains from the hoabinh culture in Vietnam. *Vietnam Social Sciences* 5:65-69.

Nguyen V & Nguyen TO. 2002. Archaeology of death in Vietnam (from Hoabinhian to Donsonian). Article présenté à la conférence SEAEAA, 2002 (Sigtuna, Suède). [www.drnguyenviet.com](http://www.drnguyenviet.com).

O'Connell JF & Allen J. 2004. Dating the colonization of Sahul (Pleistocene Australia – New Guinea): a review of recent research. *Journal of Archaeological Science* 31:835-853.

O'Connell JF & Allen J. 2012. The restaurant at the end of the universe: modelling the colonisation of Sahul. *Australian Archaeology* 74:5-17.

O'Connell JF, Allen J & Hawkes K. 2010. Pleistocene Sahul and the origins of seafaring. In: Anderson A, Barrett J & Boyle K, eds. *The Global Origins and Development of Seafaring*. Cambridge: Mc Donald Institute for Archaeological Research. p 395-410.

O'Connor S. 2007. New evidence from East Timor contributes to our understanding of earliest modern human colonisation east of the Sunda shelf. *Antiquity* 81:523-535.

O'Connor S, Ono R & Clarkson C. 2011. Pelagic fishing at 42,000 years before the present and the maritime skills of modern humans. *Science* 334:1117-1121.

O'Higgins P. 1997. Methodological issues in the description of forms. In: Lestrel PE, ed. *Fourier Descriptors and their Applications in Biology*. Cambridge: Cambridge University Press. p 74-105.

O'Higgins P. 2000. The study of morphological variation in the hominid fossil record: biology, landmarks and geometry. *Journal of Anatomy* 197:103-120.

Ogawa H. 2004. Chronological context of nondecorated black pottery phase from Lal-lo shell middens, Cagayan province, Philippines. In: Paz V, ed. *Southeast Asia Archaeology: Wilhelm G. Solheim II Festchrift*. Quezon City: University of the Philippines Press. p 184-208.

Oksanen J, Kindt R, Legendre P & O'Hara B. 2007. *Vegan: community ecology package*. R package version 1.8-5. <http://cran.r-project.org/> (accessed 10 April 2007).

Omoto K. 1981. The genetic origins of the Philippine Negritos. *Current Anthropology* 22:421-422.

Oppenheimer S. 2002. Limited global change due to the largest known Quaternary eruption, Toba  $\approx$ 74 kyr BP? *Quaternary Science Reviews* 21:1593-1609.

Oppenheimer S. 2004. The “Express Train from Taiwan to Polynesia”: on the congruence of proxy lines of evidence. *World Archaeology* 36:591-600.

Oppenheimer S. 2009. The great arc of dispersal of modern humans: Africa to Australia. *Quaternary International* 202:2-13.

Oppenheimer S. 2012. A single southern exit of modern humans from Africa: before or after Toba? *Quaternary International* 258:88-99.

Oppenheimer S & Richards M. 2001. Slow boat to Melanesia? *Nature* 410:166-167.

Oxenham MF. 2000. Health and behaviour in the Mid-Holocene and Metal Period of northern Vietnam. Thèse de doctorat, Northern Territory University, Australie.

Oxenham MF & Domett KM. 2011. Palaeohealth at Man Bac. In: Oxenham M, Matsumura H & Nguyen KD, eds. *Man Bac: the Excavation of a Neolithic Site in Northern Vietnam: the Biology*. *Terra Australis* 33. The Australian National University E Press. p 21-32.

Oxenham MF & Matsumura H. 2011. Man Bac: regional, cultural and temporal context. In: Oxenham M, Matsumura H & Nguyen KD, eds. *Man Bac: the Excavation of a Neolithic Site in Northern Vietnam: the Biology*. *Terra Australis* 33. The Australian National University E Press. p 127-134.

Oxenham MF, Nguyen KT & Nguyen LC. 2005. Skeletal evidence for the emergence of infectious disease in Bronze and Iron Age Northern Vietnam. *American Journal of Physical Anthropology* 126:359-376.

Paradis E, Claude J & Strimmer K. 2004. APE: analyses of phylogenetics and evolution in R language. *Bioinformatics* 20:289–290.

Peng MS, Quang HH, Dang KP, Trieu AV, Wang HW, Yao YG, Kong QP & Zhan YP. 2010. Tracing the Austronesian Footprint in Mainland Southeast Asia: a perspective from mitochondrial DNA. *Molecular Biology and Evolution* 27:2417-2430.

Peng MS, Palanichamy MG, Yao YG, Mitra B, Cheng YT, Zhao M, Liu J, Wang HW, Pan H, Wang WZ et al. 2011. Inland post-glacial dispersal in East Asia revealed by mitochondrial haplogroup M9a'b. *BMC Biology* 9:2417-2430.

Pérez SI, Bernal V & Gonzalez PN. 2006. Differences between sliding semi-landmark methods in geometric morphometrics, with an application to human craniofacial and dental variation. *Journal of Anatomy* 208:769-784.

Pickering C. 1850. *The Races of Man and their Geographical Distribution*. London: Bradbury and Evans, Whitefriars.

Pierret A, Zeitoun V & Forestier H. 2012. Irreconcilable differences between stratigraphy and direct dating cast doubts upon the status of Tam Pa Ling fossil. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109:E3523.

Pietrusewsky M. 2006. A multivariate craniometric study of the prehistoric and modern inhabitants of Southeast Asia, East Asia and surrounding regions: a human kaleidoscope? In: Oxenham MF & Tayles N, eds. *Bioarchaeology of Southeast Asia*. Cambridge: Cambridge University Press. p 59-90.

Pietrusewsky M. 2010. A multivariate analysis of measurements recorded in early and more modern crania from East Asia and Southeast Asia. *Quaternary International* 211:42-54.

Pinhasi R & von Cramon-Taubadel N. 2009. Craniometric data supports demic diffusion model for the spread of agriculture into Europe. *PLoS one* 4:e6747.

Piper PJ, Hung HC, Campos FZ, Bellwood P & Santiago R. 2009. A 4000 year-old introduction of domestic pigs into the Philippine Archipelago: implications for understanding routes of human migration through Island Southeast Asia and Wallacea. *Antiquity* 83:687-695.

Piper PJ, Ochoa J, Robles EC, Lewis H & Paz V. 2011. Palaeozoology of Palawan Island, Philippines. *Quaternary International* 233:142-158.

Piper PJ, Campos FZ, Ngoc Kinh D, Amano N, Oxenham M, Chi Hoang B, Bellwood P & Willis A. *In press*. Early evidence for pig and dog husbandry from the Neolithic site of An Son, Southern Vietnam. *International Journal of Osteoarchaeology*. DOI: 10.1002/oa.2226

Plagnol V & Wall JD. 2006. Possible ancestral structure in human populations. *PLoS Genetics* 2:e105.

Polihronakis M. 2006. Morphometric analysis of intraspecific shape variation in male and female genitalia of *Phyllophaga hirticula* (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae). *Annals of the Entomological Society America* 99:144-150.

Pope KO & Terrell JE. 2008. Environmental setting of human migrations in the circum-Pacific region. *Journal of Biogeography* 35:1-21.

R Development Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Version 2.15.0.

Ramachandran S, Deshpande O, Roseman CC, Rosenberg NA, Feldman MW & Cavalli-Sforza LL. 2005. Support from the relationship of genetic and geographic distance in human populations for a serial founder effect originating in Africa. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 102:15942-15947.

Rasmussen M, Guo X, Wang Y, Lohmueller KE, Rasmussen S, Albrechtsen A, Skotte L, Lindgreen S, Metspalu M, Jombart T et al. 2011. An aboriginal Australian genome reveals separate human dispersals into Asia. *Science* 334:94-98.

Redd AJ, Takezaki N, Sherry ST, McGarvey ST, Sofro AS & Stoneking M. 1995. Evolutionary history of the COII/tRNA<sup>Lys</sup> intergenic 9 base pair deletion in human mitochondrial DNAs from the Pacific. *Molecular Biology and Evolution* 12:604-615.

Reepmeyer C, Spriggs M, Anggraeni, Lape P, Neri L, Ronquillo WP, Simanjuntak T, Summerhayes G, Tanudirjo D & Tiauzon A. 2011. Obsidian sources and distribution systems in Island Southeast Asia: new results and implications from geochemical research using LA-ICPMS. *Journal of Archaeological Science* 38:2995-3005.

Reich D, Green RE, Kircher M, Krause J, Patterson N, Durand EY, Viola B, Briggs AW, Stenzel U, Johnson PLF et al. 2010. Genetic history of an archaic hominin group from Denisova Cave in Siberia. *Nature* 468:1053-1060.

Reich D, Patterson N, Kircher M, Delfin F, Nandineni MR, Pugach I, Ko AMS, Ko YC, Jinam TA, Phipps ME et al. 2011. Denisova admixture and the first modern human dispersals into Southeast Asia and Oceania. *American Journal of Human Genetics* 89:516-528.

Renaud S & Michaux JR. 2007. Adaptive latitudinal trends in the mandible shape of *Apodemus* wood mice. *Journal of Biogeography* 30:1617-1628.

- Reyment R, Blackith R, Campbell N. 1984. Multivariate morphometrics. New York: Academic Press.
- Richtsmeier JT, DeLeon VB & Lele SR. 2002. The promise of geometric morphometrics. *Yearbook of physical anthropology* 45:63-91.
- Rieth TM & Hunt TL. 2008. A radiocarbon chronology for Sāmoan prehistory. *Journal of Archaeological Science* 35:1901-1927.
- Roberts RG, Jones R & Smith MA. 1990. Thermoluminescence dating of a 50,000-year-old human occupation site in northern Australia. *Nature* 345:153-156.
- Roberts RG, Morwood MJ & Westaway KE. 2005. Illuminating Southeast Asian prehistory: new archaeological and paleoanthropological frontiers for luminescence dating. *Asian Perspectives* 44:293-318.
- Robinson DL, Blackwell PG, Stillman EC & Brook AH. 2001. Planar Procrustes analysis of tooth shape. *Archives of Oral Biology* 44:191-199.
- Robinson DL, Blackwell PG, Stillman EC & Brook AH. 2002. Impact of landmark reliability on the planar Procrustes analysis of tooth shape. *Archives of Oral Biology* 47:545-554.
- Rohlf FJ. 1990. Fitting curves to outlines. In: Rohlf JF & Bookstein FL, eds. *Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop. Special publication number 2.* Ann Arbor: The University of Michigan Museum of Zoology. p 167-177.
- Rohlf FJ. 1999. Shape statistics: Procrustes superimpositions and tangent spaces. *Journal of Classification* 16:197-223.
- Rohlf FJ. 2008. tpsDig2.12, TpsSeries. Department of Ecology and Evolution, SUNY, Stony Brook, New York. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/morphmet/tpsdig2w32.exe>.
- Rohlf FJ & Archie JW. 1984. A comparison of Fourier methods for the description of wing shape in mosquitoes (Diptera: *Culicidae*). *Systematic Zoology* 33:302-317.
- Rohlf FJ & Slice DE. 1990. Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Systematic Zoology* 39:40-59.
- Rohlf FJ & Marcus LF. 1993. A revolution in morphometrics. *Trends in ecology and evolution* 8:129-132.

Saitou N & Nei M. 1987. The neighbour-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution* 4: 406-425.

Sanfilippo PG, Cardini A, Sigal IA, Ruddle JB, Chua BE, Hewitt AW & Mackey DA. 2010. A geometric morphometric assessment of the optic cup in glaucoma. *Experimental Eye Research* 91:405-414.

Schliep KP. 2011. Phangorn: phylogenetic analysis in R. *Bioinformatics* 27:592-593.

Scheid RC & Weiss G. 2007. *Woelfel's Dental Anatomy: Its Relevance to Dentistry*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins. Eighth edition.

Schlager S. 2012. Morpho: calculations and visualizations related to geometric morphometrics. R package version 0.21. <http://sourceforge.net/project/morpho-rpackage/>

Schmittbuhl M, Allenbach B, Le Minor JM & Schaaf A. 2003. Elliptical descriptors: some simplified morphometric parameters for the quantification of complex outlines. *Mathematical Geology* 35:853-871.

Scholes C, Siddle K, Ducourneau A, Crivellaro F, Järve M, Rootsi S, Bellatti M, Tabbada K, Mormina M, Reidla M et al. 2011. Genetic diversity and evidence for population admixture in Batak Negritos from Palawan. *American Journal of Physical Anthropology* 146:62-72.

Sciulli PW & Murray RD. 1982. The identification of isolated maxillary molars. *American Journal of Physical Anthropology* 58:437-439.

Scott GR & Turner II CG. 1988. Dental Anthropology. *Annual Review of Anthropology* 17:99-126.

Sémah F, Sémah AM & Simanjuntak T. 2002. More than a million years of human occupation in insular Southeast Asia: the early archaeology of Eastern and Central Java. In: Mercader J, ed. *Under the Canopy: the Archaeology of Tropical Rain Forests*. p 161-190.

Shackelford L & Demeter F. 2012. The place of Tam Hang in Southeast Asian human evolution. *Comptes Rendus Palevol* 11:97-115.

Sheets HD, Covino KM, Panasiewicz JM & Morris SR. 2006. Comparison of geometric morphometric outline methods in the discrimination of age-related differences in feather shape. *Frontiers in Zoology* 3:15.

Shen G, Wang W, Wang Q, Zhao J, Collerson K, Zhou C & Tobias PV. 2002. U-Series dating of Liujiang hominid site in Guangxi, Southern China. *Journal of Human evolution* 43:817-829.

Shutler R, Head JM, Donahue DJ, Jull AJT, Barbetti MF, Matsu'ura S, de Vos J & Storm P. 2004. AMS radiocarbon dates on bone from cave sites in southeast Java, Indonesia, including Wajak. *Modern Quaternary Research in Southeast Asia* 18:89-94.

Sidwell P & Blench R. 2011. The Austroasiatic *Urheimat*: the Southeastern Riverine hypothesis. In: Enfield N & White J, eds. *Dynamics of Human Diversity in Mainland Southeast Asia*. Canberra: Pacific Linguistics. p 317-345.

Skoglung P & Jakobsson M. 2011. Archaic human ancestry in East Asia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108:18301-18306.

Skyles B, Leiboff A, Low-Beer J, Tetzner S & Richards M. 1995. The origins of the Polynesians – an interpretation from mitochondrial lineage analysis. *American Journal of Human Genetics* 57:1463-1475.

Slice DE. 2005. Modern Morphometrics. In: Slice DE, ed. *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. New York: Kluwer press. p 1-45.

Smith BH. 1984. Patterns of molar wear in hunter-gatherers and agriculturalists. *American Journal of Physical Anthropology* 63:39-56.

Smith GR. 1990. Homology in morphometrics and phylogenetics. In: Rohlf JF & Bookstein FL, eds. *Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop*. Special publication number 2. Ann Arbor: The University of Michigan Museum of Zoology. p 325-338.

Smith HF. 2009. Which cranial regions reflect molecular distances reliably in human? Evidence from three-dimensional morphology. *American Journal of Human Biology* 21:36-47.

Smith HF. 2011. The role of genetic drift in shaping modern human cranial evolution: a test using microevolutionary modeling. *International Journal of Evolutionary Biology*, volume 2011:1-11.

Smith HF, Terhune CE & Lockwood. 2007. Genetic, geographic and environmental correlates of human temporal bone variation. *American Journal of Physical Anthropology* 134:312-322.

Sneath PHA & Sokal RR. 1973. *Numerical Taxonomy; the principles and practice of numerical classification*. New York: Freeman WH and Co.



Soares MLC, Mayo SJ, Gribel R & Kirkup D. 2011. Elliptic Fourier analysis of leaf outlines in five species of *Heteropsis* (*Araceae*) from the reserva florestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas, Brazil. *Kew Bulletin* 66:1-8.

Soares P, Trejaut JA, Loo JH, Hill C, Mormina M, Lee CC, Chen YM, Hudjashov G, Forster P, Macaulay V et al. 2008. Climate change and postglacial human dispersals in Southeast Asia. *Molecular Biology and Evolution* 25:1209-1218.

Soares P, Ermini L, Thomson N, Mormina M, Rito T, Röhl A, Salas A, Oppenheimer S, Macaulay V & Richards MB. 2009. Correcting for purifying selection: An improved human mitochondrial molecular clock. *American Journal of Human Genetics* 84:740-759.

Soares P, Rito T, Trejaut J, Mormina M, Hill C, Tinkler-Hundal E, Braid M, Clarke DJ, Loo JH, Thomson N et al. 2011. Ancient voyaging and Polynesian origins. *American Journal of Human Genetics* 88:239-247.

Solheim WG. 1984. The Nusantao hypothesis: the origin and spread of Austronesian speakers. *Asian Perspectives* 26:77-88.

Solheim WG. 1996. The Nusantao and north-south dispersals. *Indo-Pacific Prehistory Association Bulletin* 15:101-109.

Solheim WG. 2006. *Archaeology and Culture in Southeast Asia: Unravelling the Nusantao*. Quezon: University of the Philippines Press.

Souday C. 2008. *Analyse morphométrique des molaires déciduales et définitives dans le genre Homo : perspectives phylogénétiques et biogéographiques*. Thèse de doctorat, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France.

Spriggs M. 2003. Chronology of the Neolithic transition in Island Southeast Asia and the Western Pacific: a view from 2003. *The review of Archaeology* 24:57-80.

Spriggs M. 2007. The Neolithic and Austronesian expansion within Island Southeast Asia and into the Pacific. In: Chiu S & Sand C, eds. *From Southeast Asia to the Pacific: Archaeological Perspectives on the Austronesian Expansion and the Lapita Cultural Complex*. Taipei: Centres for Archaeological Studies Research and for Humanities and Social Sciences, Academia Sinica. p 104-125.

Spriggs M. 2011. Archaeology and the Austronesian expansion: where are we now? *Antiquity* 85:510-528.

Stoneking M & Krause J. 2011. Learning about human population history from ancient and modern genomes. *Nature Reviews Genetics* 12:603-614.

Storey AA, Athens JS, Bryant D, Carson M, Emery K, deFrance S, Higham C, Huynen L, Intoh M, Jones S et al. 2012. Investigating the global dispersal of chickens in prehistory using ancient mitochondrial DNA signatures. *PLoS ONE* 7:e39171.

Storm P. 1995. The evolutionary significance of the Wajak skulls. *Scripta Geologica* 110:1-247.

Storm P. 2001. The evolution of humans in Australasia from an environmental perspective. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 171:363-383.

Strauss RE. 2010. Discriminating groups of organisms. In: Elewa AMT, ed. *Morphometrics for Nonmorphometricians*. Berlin: Springer. First edition. p 73-91.

Stringer C & Andrews P. 1988. Genetic and fossil evidence for the origin of modern humans. *Science* 239:1263-1268.

Stringer C. 2002. Modern human origins: progress and prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 357:563-579.

Stringer C. 2012. What makes a modern human. *Nature* 485:33-35.

Summerhayes GR, Leavesley M, Fairbairn A, Mandui H, Field J, Ford A & Fullagar R. 2010. Human adaptation and plant use in Highland New Guinea 49,000 to 44,000 years ago. *Science* 330:78-81.

Susanne C & Polet C. 2005. *Dictionnaire d'anthropobiologie*. Bruxelles : De Boeck & Larcier.

Suzuki R & Shimodaira H. 2006. Pvcust: an R package for assessing the uncertainty in hierarchical clustering. *Bioinformatics* 22:1540-1542.

Szabó K. 2005. *Technique and practice: shell-working in the Western Pacific and Island Southeast Asia*. Thèse de doctorat, Australian National University, Canberra.

Szabó K & O'Connor S. 2004. Migration and complexity in Holocene Island Southeast Asia. *World Archaeology* 36:621-628.

Szabó K & Ramirez H. 2009. Worked shell from Leta Leta Cave, Palawan, Philippines. *Archaeology in Oceania* 44:150-159.

Szabó K & Amesbury JR. 2011. Molluscs in a world of islands: the use of shellfish as a food resource in the tropical island Asia-Pacific region. *Quaternary International* 239:8-18.

Szabó K, Brumm A & Bellwood P. 2007. Shell artefact production at 32000-28000 BP in Island Southeast Asia: thinking across media? *Current Anthropology* 48:701-723.

Tanaka K. 1998. Preliminary report on the archaeological excavation of Catugan shell-midden (Dumbrihue site), Lal-lo, Cagayan, Philippines. *Bulletin of Chiba Keiai Junior College* 20:149-177.

Tayles N & Oxenham MF. 2006. Introduction: Southeast Asian bioarchaeology past and present. . In: Oxenham MF & Tayles N, eds. *Bioarchaeology of Southeast Asia*. Cambridge: Cambridge University Press. p 1-30.

Terrell JE, Kelly KM & Rainbird P. 2001. Foregone conclusions? In search of "Papuan" and "Austronesians". *Current Anthropology* 42:97-124.

Thangaraj K, Chaubey G, Kivisild T, Reddy AG, Singh VK, Rasalkar A & Singh L. 2005. Reconstructing the origin of Andaman Islanders. *Science* 308:996.

Thayer ZM & Dobson SD. 2010. Sexual dimorphism in chin shape: implications for adaptive hypotheses. *American Journal of Physical Anthropology* 143:417-425.

Thiel B. 1987. Early settlement of the Philippines, Eastern Indonesia, and Australia-New Guinea: a new hypothesis. *Current Anthropology* 28:236-241.

Thorne AG & Wolpoff MH. 2003. The multiregional evolution of humans. *Scientific American* 13:46-53.

Townsend G, Hughes T, Bockmann M, Smith R & Brook A. 2009. How studies of twins can inform our understanding of dental morphology. In: Koppe T, Meyer G & Alt KW, eds. *Comparative Dental Morphology*. *Frontiers of Oral Biology*, vol 13. Basel: Karger. p 136-141.

Townsend G, Bockmann M, Hughes T & Brook A. 2012. Genetic, environmental and epigenetic influences on variation in human tooth number, size and shape. *Odontology* 100:1-9.

Trejaut J, Yen JC, Loo JH & Lin M. 2011. Modern human migrations in insular Asia according to mitochondrial DNA and non-recombining Y chromosome. *ISBT Science Series* 6:361-365.

Trinkaus E. 2005. Early Modern Humans. *Annual Review of Anthropology* 34:207-230.

Turner II CG. 1987. Late Pleistocene and Holocene population history of East Asia based on dental variation. *American Journal of Physical Anthropology* 73:305-21.

Turner II CG. 1990. Major features of Sundadonty and Sinodonty, including suggestions about East Asian microevolution, population history, and Late Pleistocene relationships with Australian Aboriginals. *American Journal of Physical Anthropology* 82:295-317.

Underhill PA & Kivisild T. 2007. Use of Y chromosome and mitochondrial DNA population structure in tracing human migrations. *Annual Review of Genetics* 41:539-564.

Valenzuela-Lamas S, Baylac M, Cucchi T & Vigne J-D. 2011. House Mouse Dispersal in Iron Age Spain: a Geometric Morphometrics Appraisal. *Biological Journal of the Linnean Society* 102:483-497.

van den Bergh GD, de Vos J & Sondaar PY. 2001. The Late Quaternary palaeogeography of mammal evolution in the Indonesian Archipelago. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 171:385-408.

van der Plas M. 2007. A new model for the evolution of *Homo sapiens* from the Wallacean islands. *PalArch's Journal of Vertebrate Palaeontology* 1:1-121.

van Heekeren HR. 1972. The stone age of Indonesia. La Hague: verhandelingen van Het Kononklijk Instituut Voor Taal, Land End Volkenkunde, Martinus Nijhoff.

van Stein Callenfels P. 1932. Some early migrations in the Far East. *Man* 32:283-284.

Verhoeven T. 1958. Proto-Negrito in den Grotten auf Flores. *Anthropos* 53:229-232.

Veth P, Spriggs M & O'Connor S. 2005. Continuity in tropical cave use: examples from East Timor and the Aru Islands, Maluku. *Asian Perspectives* 44:180-192.

Vigilant L, Stoneking M, Harpending H, Hawkes K, Wilson AC. 1991. African populations and the evolution of human mitochondrial DNA. *Science* 253:1503-1507.

Vinh B. 1991. The Da But culture in the stone age of Vietnam. *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 10:127-131.

von Cramon-Taubadel N & Weaver TD. 2009. Insights from a quantitative genetic approach to human morphological evolution. *Evolutionary Anthropology* 18:237-240.

von Cramon-Taubadel N. 2009. Congruence of individual cranial bone morphology and neutral molecular affinity patterns in modern humans. *American Journal of Physical Anthropology* 140:205-215.

von Cramon-Taubadel N. 2011. The relative efficacy of functional and developmental cranial modules for reconstructing global human population history. *American Journal of Physical Anthropology* 146:83-93.

von Koenigswald GHR. 1952. Evidence of a prehistoric Australomelanesoid Population in Malaya and Indonesia. *Southwestern Journal of Anthropology* 8:92-96.

Voris HK. 2000. Maps of Pleistocene sea levels in Southeast Asia: shorelines, river systems and time durations. *Journal of Biogeography* 27:1153-1167.

Walker M, Johnsen S, Rasmussen SO, Steffensen JP, Popp T, Gibbard P, Hoek W, Lowe J, Andrews J & Björck S. et al. 2008. The global stratotype section and Point (GSSP) for the base of the Holocene Series/Epoch (Quaternary System/Period) in the NGRIP ice core. *Episodes* 31:264-267.

Weidenreich F. 1947. Facts and speculations concerning the origin of *Homo sapiens*. *American Anthropologist* 49:187-203.

White TD, Folkens PA. 2005. *The Human Bone Manual*. San Diego: Elsevier Academic Press.

White TD, Asfaw B, DeGusta D, Gilbert H, Richards GD, Suwa G & Howell FC. 2003. Pleistocene *Homo sapiens* from Middle Awash, Ethiopia. *Nature* 423:742-747.

Wilmshurst JM, Hunt TL, Lipo CP & Anderson AJ. 2011. High-precision radiocarbon dating shows recent and rapid initial human colonization of East Polynesia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 108:1815-1820.

Wolfpoff MH. 1999. *Paleoanthropology*. New York: McGraw-Hill. Second edition.

Wollstein A, Lao O, Becker C, Brauer S, Trent RJ, Nürnberg P, Stoneking M & Kayser M. 2010. Demographic history of Oceania inferred from genome-wide data. *Current Biology* 20:1983-1992.

Wood BA & Abbott SA. 1983. Analysis of the dental morphology of Plio-Pleistocene hominids I. Mandibular molars: crown area measurements and morphological traits. *Journal of Anatomy* 136:197-219.

Xu S & Stoneking M. 2012. Reply to Denham and Donohue: Asian-Papuan genetic admixture is in excellent agreement with Austronesian dispersal in eastern Indonesia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109:E2578.

Xu S, Pugach I, Stoneking M, Kayser M, Jin L & HUGO Pan-Asian SNP Consortium. 2012. Genetic dating indicates that the Asian-Papuan admixture through Eastern Indonesia corresponds to the Austronesian expansion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 109:4574-4579.

Yamada H & Brown T. 1988. Contours of maxillary molars studied in Australian aboriginals. *American Journal of Physical Anthropology* 76:399-407.

Yoshioka Y, Iwata H, Ohsawa R & Ninomiya S. 1994. Analysis of petal shape variation of *Primula sieboldii* by elliptic Fourier descriptors and principal component analysis. *Annals of Botany* 94:657-664.

Zeitoun V, Forestier H, Pierret A, Chiemsisouraj C, Lorvankham M, Latthagnot A, Chenthamoungkhoun T & Norkhamsomphou S. 2012. Multi-millennial occupation in northwestern Laos: preliminary results of excavations at the Ngeubhinh Mouxou rock-shelter. *Comptes Rendus Palevol* 11:305-313.

Zelditch ML, Swiderski DL, Sheets HD, Fink WL. 2004. *Geometric morphometrics for biologists: a primer*. New York & London: Elsevier Academic Press.

Zuraina M & Tjia HD. 1988. Kota Tampan, Perak: the geological and archaeological evidence for a late Pleistocene site. *Journal of the Malaysian Branch of the Royal Asiatic Society* 61:123-134.

## LISTE DES FIGURES

---

- Figure 1 : Routes proposées pour les premières migrations d'*Homo sapiens* en Asie du Sud-Est, Australie et Mélanésie et certains des sites majeurs. (Illustration : Balme, 2013)..... 35
- Figure 2 : Estimations de la proportion de gènes dénisoviens dans plusieurs populations actuelles d'Asie de l'Est, d'Asie du Sud-Est et d'Australo-Mélanésie. La fraction de génome dénisovien représentée dans les diagrammes circulaires est calculée en fonction de celle présente en Nouvelle-Guinée (fixée donc à 100% dans cette figure). D'après l'étude de Reich et al. (2011), seules les populations d'Australo-Mélanésie, d'Asie du Sud-Est orientale (Est de la ligne de Wallace) et de Polynésie occidentale possèderaient un peu de ce génome dénisovien dans leur *pool* génétique. (Illustration : Reich et al., 2011). ..... 37
- Figure 3 : Hypothèse de dispersion de l'homme moderne après sa sortie d'Afrique. Une seule sortie majeure d'Afrique est considérée. Elle est suivie par des épisodes d'expansion et parfois de mélanges avec certaines populations archaïques. L'hypothèse que des épisodes d'hybridation entre groupes humains anatomiquement modernes avec les Déniéoviens se soient produits uniquement en Asie du Sud-Est insulaire expliquerait le pattern de distribution du génome dénisovien au sein des populations étudiées par Reich et al. (2011) (cf. Figure 2). (Illustration : Stoneking & Krause, 2011). ..... 38
- Figure 4 : Routes de migration des peuples de langues austronésiennes selon l'hypothèse « *Out of Taiwan* » (Bellwood, 1997). Les routes empruntées de Taïwan à la Polynésie, témoignant d'une expansion rapide, correspondent à l'hypothèse de l'« *Express Train* » (Diamond, 1988). (Illustration : Bellwood et al., 2011). ..... 41
- Figure 5 : Comparaison de la morphologie dite « australo-mélanésienne » avec celle dite « mongoloïde » en prenant comme exemple le crâne fossile de Wajak (ligne continue) et celui d'un Javanais sub-actuel (en pointillé). (Storm, 1995). ..... 44
- Figure 6 : Deux propositions de phylogénie des langues de la famille austronésienne : ces deux modèles phylogénétiques considèrent une origine taïwanaise de la famille des langues austronésiennes mais sont en revanche radicalement opposés en ce qui concerne la diffusion de ces langues en-dehors de l'île (branche malayo-polynésienne). A : les groupes de langues sont clairement hiérarchisés et indiquent une diffusion nord-sud (Blust, 1995), supportant l'hypothèse d'une dispersion rapide vers la Polynésie et l'Indonésie occidentale (« *Express Train* ») ; B, d'après Donohue & Denham (2010), il est impossible de dégager des structures affichant clairement une direction de dispersion. (Illustration : Donohue & Denham, 2010). ..... 50
- Figure 7 : Hypothèse de vagues multiples de migration en Asie du Sud-Est depuis le Pléistocène supérieur (d'après l'étude du chromosome Y ; Karafet et al., 2010). A : vague initiale de peuplement de l'Asie du Sud-Est jusqu'en Australie ; B : mouvements de populations dont les vecteurs principaux sont les changements drastiques de l'environnement liés aux importantes variations eustatiques à la fin du Pléistocène supérieur ; C : expansion austronésienne dont l'impact sur le *pool* génétique des populations d'Asie du Sud-Est insulaire est mineur ; D, mouvements humains lors des périodes historiques dont l'impact sur la diversité biologique humaine aurait été mineur. En pointillé : ligne biogéographique de Wallace modifiée par Huxley. (Illustration : Karafet et al., 2010). ..... 53
- Figure 8 : L'échantillonnage a porté sur les premières et deuxièmes molaires humaines définitives supérieures et inférieures (M<sup>1</sup> et M<sup>2</sup> gauches, M<sub>1</sub> et M<sub>2</sub> droites). A, maxillaire ; B, mandibule. Le point de départ du tracé des contours (dans le sens des aiguilles d'une montre) est indiqué pour chaque molaire par un point noir. Face buccale vers le haut, face mésiale vers la gauche. (Remarque : les molaires représentées ont été sélectionnées pour cette figure parce qu'elles possèdent des caractéristiques anatomiques typiques du rang qu'elles représentent. Dans les faits, les premières et deuxièmes molaires sont la plupart du temps beaucoup plus proches morphologiquement)..... 61
- Figure 9 : Localisation des sites archéologiques échantillonnés en Asie du Sud-Est ayant livré des dents étudiées dans ce travail. (Fond de carte : Voris, 2000). ..... 69
- Figure 10 : Sépultures et poteries mises au jour dans le site de Man Bac. En haut à gauche, sépultures de nouveau-nés, enfants et adultes provenant de la tranchée 2007 H2 (vue en direction de l'est). En haut à droite, poteries associées aux sépultures 2 à 18 de la tranchée 2007 H2. En bas, schéma de l'ensemble des sépultures découvertes à Man Bac. (D'après Nguyen et al., 2011 ; Matsumura & Oxenham, 2011). ..... 75
- Figure 11 : Sépultures de Ban Non Wat. En haut à gauche, exemples de sépultures en décubitus dorsal des Ages du Bronze et du Fer (A=sep.197, Bronze 2 ; B= sep.263, Bronze 3 ; C= sep.549, Bronze 4 ; D= sep.126, Bronze 5 ; E= sep.473, Fer 1). En haut à droite, exemple de sépulture en position fléchie (sep.633). En bas,

plan de l'ensemble des sépultures mises au jour à Ban Non Wat selon les différentes périodes chrono-culturelles. (Higham & Higham, 2009 ; Higham & Kijngam, 2011). .....	79
Figure 12 : Vues latérales des mandibules de l'individu de Wajak 2 (en-haut) et d'un homme javanais sub-actuel (en-bas). Ils sont représentés exactement à la même échelle. Cette illustration montre la grande robustesse des fossiles de Wajak.....	82
Figure 13 : Vue de face du crâne de l'individu E de la grotte de Liang Momer. ....	86
Figure 14 : Vue inférieure du crâne de l'individu E de la grotte Liang Momer. ....	86
Figure 15 : Profil stratigraphique du carré 2 de la grotte de Callao (Mijares et al., 2010).....	90
Figure 16 : Coupe stratigraphique de la grotte d'Ille (tranchée principale, entrée est, face ouest) (Lewis et al., 2008). ....	95
Figure 17: Les étapes de la superposition Procrustes. (D'après Klingenberg, 2010). ....	103
Figure 18 : Illustration de la difficulté de poser des points-repères sur la couronne des molaires définitives humaines, même lorsque l'usure occlusale est assez modérée : s'il est possible en théorie de placer des points homologues sur les molaires nouvellement éruptées (C), la situation devient ensuite plus difficile avec l'usure occlusale pour la localisation précise des points situés au niveau des pointes des cuspidés (A ; flèches) et sur les sillons (B ; flèches). Les facettes d'usure interproximales empêchent aussi de placer des points fiables (A ; ovales), ainsi que la présence éventuelle de cuspidés supplémentaires ou tubercules accessoires (D : ici la cuspide 7). A,B,C,D sont des premières molaires inférieures gauches. Face buccale vers le haut et mésiale à droite. Illustration C : Robinson et al., 2002.....	107
Figure 19 : Illustration des relations entre harmoniques. a : la première harmonique est définie par la fréquence fondamentale, les trois suivantes sont des multiples de la fréquence fondamentale. b : la somme des quatre harmoniques. (Hammer & Harper, 2006). ....	110
Figure 20 : Le manque de signification biologique de la méthode classique de normalisation des fonctions de Fourier elliptiques (Kuhl & Giardina, 1982), qui utilise l'axe majeur de la première ellipse pour standardiser les spécimens, transparait dans cet exemple : A gauche (A), la couronne d'une M <sup>1</sup> gauche, à droite (B) la reconstitution de son contour en incluant une seule harmonique (= la première ellipse). L'axe majeur de l'ellipse est faible et difficilement identifiable : ce problème est généralisable à toutes les molaires, en particulier les molaires supérieures. (Molaire représentée face buccale vers le haut et face mésiale à gauche).....	112
Figure 21: Dispositif optique pour les photographies de la surface occlusale des molaires : la molaire, le crâne ou la mandibule est positionné(e) sous l'objectif de l'appareil photo de manière à ce que la surface occlusale de la dent soit face à l'objectif. L'appareil photo est maintenu par un trépied à colonne réversible ce qui permet d'ajuster la distance entre l'objectif et la dent. Une rotule accrochée à la colonne réversible permet d'orienter l'appareil photo à l'horizontal grâce à un niveau à bulle positionné sur l'écran LCD. Un niveau laser projette un laser horizontalement sur la dent afin que le plan de référence défini par le collet soit orienté exactement à l'horizontal. ....	118
Figure 22: Face mésiale d'une 2 <sup>ème</sup> molaire inférieure droite. La ligne rouge horizontale représente le laser projeté sur le collet pour définir l'orientation de la dent. ....	119
Figure 23 : Anatomie des molaires définitives humaines (molaire supérieure à gauche, inférieure à droite) et méthode de numérisation des contours. Les contours sont numérisés dans le sens des aiguilles d'une montre. 1, paracone ; 2, métacone ; 3, hypocone ; 4, protocone ; 5, protoconide ; 6, hypoconide ; 7, hypoconulide ; 8, entoconide ; 9, métaconide. Les parties grisées représentent l'extension possible des facettes d'usure interproximales. ....	120
Figure 24: Reconstitution du contour selon un nombre croissant d'harmoniques. ....	123
Figure 25 : UPGMA sur les trois répétitions de 25 spécimens. ....	125
Figure 26 : Localisation des groupes utilisés pour les modélisations : 1, Début Holocène Vietnam ; 2, Milieu Holocène Vietnam ; 3, Néolithique Vietnam ; 4, Age des Métaux Vietnam ; 5, Récents Vietnam ; 6, Néolithique Thaïlande ; 7, Age des Métaux Thaïlande ; 8, Récents Thaïlande ; 9, Récents Malaisie péninsulaire ; 10, Récents Java ; 11, Milieu Holocène Asie du Sud-Est insulaire ; 12, Récents Bornéo ; 13, Récents Sulawesi ; 14, Age des Métaux Sulawesi ; 15, Négritos Philippines ; 16, Récents Luzon ; 17, Age des Métaux Philippines ; 18, Récents Sulu ; 19, Récents Mélanésie ; 20, Récents Vanuatu ; 21, Récents Australie. ....	136
Figure 27 : Modèle d'isolement par distances (IBD). ....	137
Figure 28 : Modèle à une vague de migration (1MIG) ....	138
Figure 29 : Modèles à 2 vagues de migrations (2MIG).....	140
Figure 30 : Modèle basé sur le dernier maximum glaciaire (matrice LGM). ....	142
Figure 31 : Modèle Nusantao (matrice NUSAN). ....	143



Figure 32 : Représentation graphique des résultats de la LDA et de la PDA menées respectivement sur 360 et 191 spécimens pour l'axe 1 et 2 (en haut) et l'axe 1 et 3 (en bas). Les ellipses représentent 95% de la variabilité de chaque type de dent (spécimens non isolés). Les individus représentés sur le graphe sont uniquement les 191 molaires isolées.....	152
Figure 33 : Diagramme en boîte à moustaches de la taille de la couronne des molaires selon le facteur «chronogéographique 1». Les croix indiquent les moyennes des groupes. (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs) .....	159
Figure 34 : Visualisation des effets allométriques sur les couronnes par régression linéaire multivariée des variables de conformation sur la variable taille. (B, D, L, M : faces buccale, distale, linguale, mésiale ; ligne continue = couronne de grande taille, ligne en pointillé = couronne de petite taille).....	161
Figure 35 : Pentas allométriques pour les groupes du sous-échantillon géographique et visualisation de l'effet de taille sur la conformation des couronnes de chaque groupe. Les ellipses représentent 95% de la variabilité des individus de chaque groupe.....	162
Figure 36 : Pentas allométriques pour les groupes du sous-échantillon chronologique et visualisation de l'effet de taille sur la conformation des couronnes de chaque groupe. Les ellipses représentent 95% de la variabilité des individus de chaque groupe.....	164
Figure 37 : ACP sur les données de conformation des individus provenant du Vietnam. Projection des individus sur les CP1 (41,07%) et 2 (18,51%).....	165
Figure 38 : LDA de l'échantillon provenant du Vietnam selon un facteur chronologique. Projection des individus sur les axes 1 (66,2%) et 2 (29,98%).....	167
Figure 39 : ACP sur les données de conformation des individus provenant du site de Ban Non Wat (Thaïlande). En haut, projection des individus sur les CP1 (44,55%) et 2 (14,32%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (11,77%).....	168
Figure 40 : ACP sur les données de conformation des individus provenant de Malaisie péninsulaire. Projection des individus sur les CP1 (51,72%) et 2 (15,48%).....	169
Figure 41 : ACP sur les données de conformation des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (41,66%) et 2 (15,5%) .....	170
Figure 42 : LDA de la totalité des individus d'Asie du Sud-Est continentale selon un facteur chronologique. En haut, projection des individus sur les axes 1 (47,27%) et 2 (27,63%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (25,1%).....	172
Figure 43 : ACP sur les données de conformation des individus pré-néolithiques d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (37,49%) et 2 (18,5%) .....	174
Figure 44 : ACP sur les données de conformation des individus du Néolithique et de l'Age des Métaux en Asie du Sud-Est continentale. En haut, projection des individus sur les CP1 (39,99%) et 2 (17,38%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (12,13%) .....	175
Figure 45 : ACP sur les données de conformation des individus provenant des Philippines. Projection des individus sur les CP1 (38,8%) et 2 (17,08%) .....	177
Figure 46 : ACP sur les données de conformation des individus récents provenant d'Asie du Sud-Est insulaire. En haut, projection des individus sur les CP1 (45,94%) et 2 (15,25%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (10,01%).....	178
Figure 47 : LDA des individus récents d'Australo-Mélanésie selon un facteur géographique. En haut, projection des individus sur les axes 1 (55,59%) et 2 (31,64%). En bas, projection des individus sur les axes 1 et 3 (12,77%).....	180
Figure 48 : PDA sur les spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire. En haut, les molaires pré-néolithiques et néolithiques. En bas, les molaires de l'Age des Métaux des Philippines et de Sulawesi (site de Leang Tjadang). La LDA de référence a été menée sur la totalité des individus récents répartis en quatre groupes selon un facteur géographique. Projection des individus sur les axes 1 (50,38%) et 2 (29,94%).....	183
Figure 49 : Phénoqramme réalisé avec la méthode du NJ sur les groupes définis par le facteur «chronogéographique 1». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs).....	185
Figure 50 : Phénoqramme réalisé avec la méthode UPGMA sur les groupes définis par le facteur «chronogéographique 1». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs).....	188
Figure 51 : Diagramme en boîte à moustaches sur la taille des couronnes des molaires selon le facteur «chronogéographique 1». Les croix indiquent les moyennes des groupes. (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs). .....	192

Figure 52 : Visualisation des effets allométriques sur les couronnes par régression linéaire multivariée des variables de conformation sur la variable taille. (B, D, L, M : faces buccale, distale, linguale, mésiale ; ligne continue = couronne de grande taille, ligne en pointillé = couronne de petite taille).....	193
Figure 53 : Pentas allométriques pour les groupes du sous-échantillon géographique et visualisation de l'effet de taille sur la conformation des couronnes de chaque groupe. Les ellipses représentent 95% de la variabilité des individus de chaque groupe.....	195
Figure 54 : Pentas allométriques pour les groupes du sous-échantillon chrono-culturel et visualisation de l'effet de taille sur la conformation des couronnes de chaque groupe. Les ellipses représentent 95% de la variabilité des individus de chaque groupe.....	197
Figure 55 : ACP sur les données de conformation des individus provenant du Vietnam. En haut, projection des individus sur les CP1 (49,59%) et 2 (20,79%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (11,09%).	198
Figure 56 : LDA de l'échantillon provenant du Vietnam selon un facteur chronologique. En haut, projection des individus sur les axes 1 (49,5%) et 2 (32,96%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (17,54%).	200
Figure 57 : ACP sur les données de conformation des individus provenant du site de Ban Non Wat (Thaïlande). Projection des individus sur les CP1 (42,91%) et 2 (25,12%).	202
Figure 58 : ACP sur les données de conformation des individus provenant de Malaisie péninsulaire. Projection des individus sur les CP1 (54,03%) et 2 (22,12%).	202
Figure 59 : ACP sur les données de conformation des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (50,51%) et 2 (20,28%).	204
Figure 60 : LDA de la totalité des individus d'Asie du Sud-Est continentale selon un facteur chronologique. En haut, projection des individus sur les axes 1 (51,03%) et 2 (30,51%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (18,46%).	205
Figure 61 : ACP sur les données de conformation des individus pré-néolithiques d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (37,13%) et 2 (33,58%).	207
Figure 62 : ACP sur les données de conformation des individus Néolithiques et de l'Age des Métaux d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (47,2%) et 2 (18,76%).	209
Figure 63 : ACP sur les données de conformation des individus provenant des Philippines. Projection des individus sur les CP1 (47,28%) et 2 (25,98%).	209
Figure 64 : ACP sur les données de conformation des individus récents provenant d'Asie du Sud-Est insulaire. Projection des individus sur les CP1 (46,98%) et 2 (21,7%).	211
Figure 65 : LDA des individus récents d'Australo-Mélanésie selon un facteur géographique. Projection des individus sur les axes 1 (70,03%) et 2 (29,97%).	212
Figure 66 : PDA sur les spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire, en haut les molaires pré-néolithiques et en bas les molaires de l'Age des Métaux des Philippines et de Leang Tjadang (Sulawesi). La LDA de référence a été menée sur la totalité des individus récents répartis en quatre groupes selon un facteur géographique. Projection des individus sur les axes 1 (51,76%) et 2 (31,13%).	214
Figure 67 : Phénogramme réalisé avec la méthode du NJ sur les groupes définis par le facteur « chrono-géographique 1 ». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs).....	217
Figure 68 : Phénogramme réalisé avec la méthode UPGMA sur les groupes définis par le facteur « chrono-géographique 1 ». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs).....	219
Figure 69 : Diagramme en boîte à moustaches sur la taille des couronnes des molaires selon le facteur « chrono-géographique 1 ». Les croix indiquent les moyennes des groupes. (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs)	224
Figure 70 : Visualisation des effets allométriques sur les couronnes par régression linéaire multivariée des variables de conformation sur la variable taille. (B, D, L, M : faces buccale, distale, linguale, mésiale ; ligne continue = couronne de grande taille, ligne en pointillé = couronne de petite taille).....	225
Figure 71 : Pentas allométriques pour les groupes du sous-échantillon géographique et visualisation de l'effet de taille sur la conformation des couronnes de chaque groupe. Les ellipses représentent 95% de la variabilité des individus de chaque groupe.....	226
Figure 72 : Pentas allométriques pour les groupes du sous-échantillon chrono-culturel et visualisation de l'effet de taille sur la conformation des couronnes de chaque groupe. Les ellipses représentent 95% de la variabilité des individus de chaque groupe.....	228
Figure 73 : ACP sur les données de conformation des individus provenant du Vietnam. Projection des individus sur les CP1 (41,97%) et 2 (15,39%).	230

Figure 74 : LDA de l'échantillon provenant du Vietnam selon un facteur chrono-culturel. En haut, projection des individus sur les axes 1 (47,07%) et 2 (31,99%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (20,94%).	232
Figure 75 : ACP sur les données de conformation des individus provenant du site de Ban Non Wat (Thaïlande). Projection des individus sur les CP1 (39,98%) et 2 (16,5%).	233
Figure 76 : ACP sur les données de conformation des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale, Projection des individus sur les CP1 (39,31%) et 2 (16,31%).	234
Figure 77 : LDA de la totalité des individus d'Asie du Sud-Est continentale selon un facteur chrono-culturel. En haut, projection des individus sur les axes 1 (46,56%) et 2 (28,83%). En bas, projection des individus sur les CP1 et 3 (24,61%).	236
Figure 78 : ACP sur les données de conformation des individus préénéolithiques d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (44,14%) et 2 (18,99%).	237
Figure 79 : ACP sur les données de conformation des individus des individus du Néolithique et de l'Age des Métaux en Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (40,9%) et 2 (16,3%).	237
Figure 80 : ACP sur les données de conformation des individus provenant des Philippines. Projection des individus sur les CP1 (34,07%) et 2 (17,72%).	239
Figure 81 : ACP sur les données de conformation des individus récents provenant d'Asie du Sud-Est insulaire. Projection des individus sur les CP1 (29,25%) et 2 (23,29%).	240
Figure 82 : PDA sur les spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire. En haut les molaires préénéolithiques et en bas les molaires de l'Age des Métaux des Philippines et de Leang Tjadang (Sulawesi). La LDA de référence a été menée sur la totalité des individus récents répartis en quatre groupes selon un facteur géographique. Projection des individus sur les axes 1 (43,39%) et 2 (30,98%).	242
Figure 83 : Phénoqramme réalisé avec la méthode du NJ sur les groupes définis par le facteur «chrono-géographique 1». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs).	244
Figure 84 : Phénoqramme réalisé avec la méthode UPGMA sur les groupes définis par le facteur «chrono-géographique 1». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs).	246
Figure 85 : Diagramme en boîte à moustaches de la taille de la couronne des molaires selon le facteur «chrono-géographique 1». Les croix indiquent les moyennes des groupes. (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs)	250
Figure 86 : Visualisation des effets allométriques sur les couronnes par régression linéaire multivariée des variables de conformation sur la variable taille. (B, D, L, M : faces buccale, distale, linguale, mésiale ; ligne continue = couronne de grande taille, ligne en pointillé = couronne de petite taille).	251
Figure 87 : ACP sur les données de conformation des individus provenant du Vietnam. En haut, projection des individus sur les CP1 (31,4%) et 2 (24,31%).	253
Figure 88 : ACP sur les données de conformation des individus provenant du site de Ban Non Wat (Thaïlande). Projection des individus sur les CP1 (31,62%) et 2 (23,52%).	254
Figure 89 : ACP sur les données de conformation des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (28,17%) et 2 (24,72%).	255
Figure 90 : LDA de la totalité des individus d'Asie du Sud-Est continentale selon un facteur chrono-culturel. Projection des individus sur les axes 1 (56,56%) et 2 (28,82%).	255
Figure 91 : ACP sur les données de conformation des individus préénéolithiques d'Asie du Sud-Est continentale. Projection des individus sur les CP1 (31,02%) et 2 (23,58%).	257
Figure 92 : ACP sur les données de conformation des individus du Néolithique et de l'Age des Métaux en Asie du Sud-Est continentale. En haut, projection des individus sur les CP1 (31,55%) et 2 (21,14%).	257
Figure 93 : ACP sur les données de conformation des individus provenant des Philippines. Projection des individus sur les CP1 (32,98%) et 2 (22,04%).	259
Figure 94 : ACP sur les données de conformation des individus récents provenant d'Asie du Sud-Est insulaire. Projection des individus sur les CP1 (32,38%) et 2 (18,97%).	259
Figure 95 : ACP sur les données de conformation des individus récents provenant d'Asie du Sud-Est insulaire. Projection des individus sur les CP1 (35,74%) et 2 (24,36%).	261
Figure 96 : PDA sur les spécimens archéologiques d'Asie du Sud-Est insulaire. En haut, les molaires préénéolithiques et néolithiques. En bas, les molaires de l'Age des Métaux des Philippines et de Sulawesi (site de Leang Tjadang). La LDA de référence a été menée sur la totalité des individus récents répartis en quatre groupes selon un facteur géographique. Projection des individus sur les axes 1 (55,01%) et 2 (34,94%).	263
Figure 97 : Phénoqramme réalisé avec la méthode du NJ sur les groupes définis par le facteur «chrono-géographique 1». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs)	265

Figure 98 : Phénogramme réalisé avec la méthode UPGMA sur les groupes définis par le facteur «chronogéographique 1». (cf. Tableau 1 Annexe 1 pour les effectifs)..... 267

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau synthétique des échantillons d'individus récents. AMNH, <i>American Museum of Natural History</i> (New York); MNHN, Muséum national d'Histoire naturelle (Paris); ASE, Asie du Sud-Est. ....	67
Tableau 2 : Tableau récapitulatif des échantillons issus de contextes archéologiques d'Asie du Sud-Est. CESEAP, <i>Center for Southeast Asian Prehistory</i> (Musée de Pham Huy Thong, Quang Ninh, Vietnam) ; IAH, <i>Institute of Archaeology</i> , Hanoï, Vietnam ; MNHN, Muséum national d'Histoire naturelle (Paris, France) ; NNML, <i>Nationaal Natuurhistorisch Museum</i> , Leiden (Pays-Bas) ; NMP-M, <i>National Museum of the Philippines</i> , Manille ; NMP-Q, <i>National Museum of the Philippines</i> , branche locale de Quezon, Palawan ; TFADP, Thai Fine Arts Department, Phimai ; ASP, <i>Archaeological Studies Program</i> , Université Diliman des Philippines, Manille ; ASE, Asie du Sud-Est. ....	68
Tableau 3 : Sites de l'Age des Métaux du nord du Vietnam échantillonnés pour ce travail. ....	76
Tableau 4 : Erreur de mesure pour les cinq premières harmoniques. harm = harmonique. ....	122
Tableau 5 : Mesure de la taille des couronnes d'après les photographies selon 3 méthodes : 3 calibrations de 1 mm pour chaque dent, une seule calibration de 10 mm et aucune calibration. A1= calibration sur 1 mm au niveau de l'extrémité buccale. A2= calibration sur 1 mm entre l'extrémité buccale et linguale ; A3= calibration sur 1 mm au niveau de l'extrémité linguale ; mA= moyenne de A1, A2 et A3 ; B= calibration sur 10 mm à mi-distance de l'extrémité buccale et linguale ; NC= surface non-calibrée en pixels ; NC2= surface non calibrée en mm <sup>2</sup> . ....	126
Tableau 6 : Tableau récapitulatif des fonctions R utilisées pour le traitement statistique des données et la construction de phénoigrammes. ....	144
Tableau 7 : Identification anatomique des molaires isolées de l'échantillon. Les individus en gris sont ceux dont l'attribution n'est pas la même selon la méthode d'identification utilisée (observation ou étude morphométrique). Les molaires encadrées désignent le choix final pour l'identification. Si rien n'est précisé (=pas encadré), le rang n'a pas pu être déterminé (Id.visu : identification visuelle ; Id.m : Identification morphométrique). ....	154
Tableau 8 : NPMANOVA réalisée sur les individus dont la cuspide de Carabelli est codée de 0 à 4. ....	158
Tableau 9 : NPMANOVA réalisée sur les individus dont la cuspide de Carabelli est codée de 0 à 3. ....	158
Tableau 10 : NPMANOVA réalisée sur les individus dont la cuspide de Carabelli est codée de 0 à 2. ....	158
Tableau 11 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon géographique. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs) ....	163
Tableau 12 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon chronologique. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs) ....	163
Tableau 13 : NPMANOVA réalisée sur l'échantillon provenant du Vietnam avec des groupes définis selon un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 13 Annexe 1 pour les effectifs) ....	166
Tableau 14 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale selon des groupes définis par un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 14 Annexe 1 pour les effectifs) ....	170
Tableau 15 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d'Asie du Sud-Est continentale avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 15 Annexe 1 pour les effectifs) ....	173
Tableau 16 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 16 Annexe 1 pour les effectifs) ....	177
Tableau 17 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d'Australo-Mélanésie avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 17 Annexe 1 pour les effectifs) ....	179
Tableau 18 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus récents de l'échantillon avec 4 groupes définis selon un facteur géographique (Asie du Sud-Est continentale, Asie du Sud-Est insulaire, Mélanésie et Australie). (cf. Tableau 18 Annexe 1 pour les effectifs). ....	182
Tableau 19 : Corrélations et significativité de la matrice de distances morphologiques avec les six matrices de distances chrono-géographiques. ....	189
Tableau 20 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon géographique. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs) ....	194
Tableau 21 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon chrono-culturel. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs) ....	196
Tableau 22 : NPMANOVA réalisée sur l'échantillon provenant du Vietnam avec des groupes définis selon un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 13 Annexe 1 pour les effectifs) ....	199
Tableau 23 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale selon des groupes définis par un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 14 Annexe 1 pour les effectifs). ....	203

Tableau 24 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d'Asie du Sud-Est continentale avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 15 Annexe 1 pour les effectifs).....	206
Tableau 25 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d'Asie du Sud-Est insulaire avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 16 Annexe 1 pour les effectifs).....	211
Tableau 26 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d'Australo-Mélanésie avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 17 Annexe 1 pour les effectifs).....	212
Tableau 27 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus récents de l'échantillon avec quatre groupes définis selon un facteur géographique (Asie du Sud-Est continentale et insulaire, Mélanésie et Australie). (cf. Tableau 18 Annexe 1 pour les effectifs).....	213
Tableau 28 : Corrélation et significativité de la matrice de distances morphologiques avec les six matrices de distances chrono-géographiques. (cf. Tableau 20 Annexe 1 pour les effectifs). ....	220
Tableau 29 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon géographique. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs).....	227
Tableau 30 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon chrono-culturel. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs).....	227
Tableau 31 : NPMANOVA réalisée sur l'échantillon provenant du Vietnam avec des groupes définis selon un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 13 Annexe 1 pour les effectifs). ....	230
Tableau 32 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale selon des groupes définis par un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 14 Annexe 1 pour les effectifs). ....	235
Tableau 33 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d'Australo-Mélanésie avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 17 Annexe 1 pour les effectifs). ....	241
Tableau 34 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus récents de l'échantillon avec quatre groupes définis selon un facteur géographique (Asie du Sud-Est continentale, insulaire, Mélanésie et Australie). (cf. Tableau 18 Annexe 1 pour les effectifs).....	241
Tableau 35 : Corrélation et significativité de la matrice de distances morphologiques avec les six matrices de distances chrono-géographiques. (cf. Tableau 21 Annexe 1 pour les effectifs). ....	247
Tableau 36 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon géographique. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs).....	252
Tableau 37 : MANCOVA sur la conformation et la taille des spécimens du sous-échantillon chrono-culturel. (cf. Tableau 10 Annexe 1 pour les effectifs).....	252
Tableau 38 : NPMANOVA réalisée sur l'échantillon provenant du Vietnam avec des groupes définis selon un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 13 Annexe 1 pour les effectifs) ....	252
Tableau 39 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus provenant d'Asie du Sud-Est continentale selon des groupes définis par un facteur chrono-culturel. (cf. Tableau 14 Annexe 1 pour les effectifs).....	256
Tableau 40 : NPMANOVA réalisée sur les individus récents d'Australo-Mélanésie avec des groupes définis selon un facteur géographique. (cf. Tableau 17 Annexe 1 pour les effectifs).....	261
Tableau 41 : NPMANOVA réalisée sur la totalité des individus récents de l'échantillon avec quatre groupes définis selon un facteur géographique (Asie du Sud-Est continentale, insulaire, Mélanésie et Australie). (cf. Tableau 18 Annexe 1 pour les effectifs).....	261
Tableau 42 : Corrélation et significativité de la matrice de distances morphologiques avec les six matrices de distances chrono-géographiques. (cf. Tableau 22 Annexe 1 pour les effectifs). ....	268

# ANNEXES

---





# **ANNEXE 1**

---

## **RESULTATS : INFORMATIONS SUPPLEMENTAIRES**



Pour l'ensemble des tableaux: \* = significatif ; ns = non significatif ; ASE = Asie du Sud-Est.

Groupes	M <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
Métal Philippines	-	9	-	-
Métal Sulawesi	21	18	19	20
Métal Thaïlande	42	56	36	42
Métal Vietnam	25	25	14	16
Milieu Holocène ASE cont.	20	21	15	28
Négritos	19	18	9	9
Néol. ASE cont.	14	22	18	18
Pléisto sup/Déb.Holocène ASE cont.	14	22	16	26
Prénéo. ASE insulaire	7	10	7	9
Récents Australie	18	27	11	18
Récents Chine	17	16	-	-
Récents Malaisie	25	32	-	-
Récents Mélanésie	38	37	26	31
Récents Thaïlande	23	29	15	16
Récents Vanuatu	13	16	14	-
Récents Vietnam	20	23	13	20
Récents Wallace	40	39	22	23
Récents Indonésie Occid.	43	47	27	37

Tableau 1 : Effectifs du facteur « chrono-géographique 1 » pour chaque molaire.

	Metal Sulawesi	Metal Thaïlande	Metal Vietnam	Milieu Holocene ASE cont.	Négritos	Neol. ASE cont.	Pleisto sup/Deb.Holocene ASE cont	Preneo. ASE insulaire	Recents Australie	Recents Chine	Recents Malaisie	Recents Mélanésie	Recents Thaïlande	Recents Vanuatu	Recents Vietnam	Recents Wallace
Metal Thaïlande	ns															
Metal Vietnam	ns	*														
Milieu Holocene ASE cont.	ns	ns	*													
Négritos	ns	*	ns	*												
Neol. ASE cont.	ns	ns	ns	ns	ns											
Pleisto sup/Deb.Holocene ASE cont	ns	ns	ns	ns	ns	ns										
Preneo. ASE insulaire	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns									
Recents Australie	*	ns	*	ns	*	*	ns	ns								
Recents Chine	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	*	*							
Recents Malaisie	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns						
Recents Mélanésie	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	*					
Recents Thaïlande	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*				
Recents Vanuatu	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns			
Recents Vietnam	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	*	ns	ns		
Recents Wallace	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	
Recents Indonésie Occid.	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	*	*	ns	sn	*	ns	ns	ns	ns

Tableau 2 : Résultats du test HSD Tukey sur la taille des couronnes des M<sup>1</sup> (facteur « chrono-géographique 1 »).

	Metal Philippines	Metal Sulawesi	Metal Thaïlande	Metal Vietnam	Milieu Holocene ASE cont.	Negritos	Neol. ASE cont.	Pleisto sup/Deb.Holocene ASE	Preneo. ASE insulaire	Recents Australie	Recents Chine	Recents Malaisie	Recents Melanesie	Recents Thaïlande	Recents Vanuatu	Recents Vietnam	Recents Wallace
Metal Sulawesi	ns																
Metal Thaïlande	ns	ns															
Metal Vietnam	ns	ns	ns														
Milieu Holocene ASE cont.	ns	ns	ns	ns													
Negritos	ns	ns	ns	ns	ns												
Neol. ASE cont.	ns	ns	ns	ns	ns	ns											
Pleisto sup/Deb.Holocene ASE cont	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns										
Preneo. ASE insulaire	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns									
Recents Australie	*	*	*	*	ns	*	*	ns	ns								
Recents Chine	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*							
Recents Malaisie	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns						
Recents Melanesie	*	*	*	*	ns	*	*	ns	ns	ns	*	*					
Recents Thaïlande	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns				
Recents Vanuatu	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns			
Recents Vietnam	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	*	ns	ns		
Recents Wallace	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	
Recents Indonésie Occid.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

Tableau 3 : Résultats du test de Wilcoxon sur la taille des couronnes des M<sup>2</sup> (facteur « chrono-géographique 1 »).

	Metal Sulawesi	Metal Thaïlande	Metal Vietnam	Milieu Holocene ASE cont.	Negritos	Neol. ASE cont.	Pleisto sup/Deb.Holocene ASE cont	Preneo. ASE insulaire	Recents Australie	Recents Melanesie	Recents Thaïlande	Recents Vanuatu	Recents Vietnam	Recents Wallace
Metal Thaïlande	ns													
Metal Vietnam	ns	*												
Milieu Holocene ASE cont.	*	ns	*											
Negritos	ns	ns	ns	*										
Neol. ASE cont.	ns	ns	ns	*	ns									
Pleisto sup/Deb.Holocene ASE cont	ns	ns	ns	ns	ns	ns								
Preneo. ASE insulaire	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns							
Recents Australie	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns						
Recents Melanesie	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns					
Recents Thaïlande	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns				
Recents Vanuatu	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns			
Recents Vietnam	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns		
Recents Wallace	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
Recents Indonésie Occid.	ns	*	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns

Tableau 4 : Résultats du test de Wilcoxon sur la taille des couronnes des M<sub>1</sub> (facteur « chrono-géographique 1 »).

	Metal Sulawesi	Metal Thaïlande	Metal Vietnam	Milieu Holocene ASE cont.	Negritos	Neol. ASE cont.	Pleisto sup/Deb.Holocene ASE cont	Preneo. ASE insulaire	Recents Australie	Recents Melanesie	Recents Thaïlande	Recents Vietnam	Recents Wallace
Metal Thaïlande													
Metal Vietnam	ns												
Milieu Holocene ASE cont.	ns	ns											
Negritos	ns	ns	ns										
Neol. ASE cont.	ns	ns	ns	ns									
Pleisto sup/Deb.Holocene ASE cont	ns	ns	ns	ns	ns								
Preneo. ASE insulaire	ns	ns	ns	ns	ns	ns							
Recents Australie	*	*	*	*	*	*	*						
Recents Melanesie	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns					
Recents Thaïlande	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*				
Recents Vietnam	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	*			
Recents Wallace	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns		
Recents Indonésie Occid.	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	

**Tableau 5 : Résultats du test de HSD Tukey sur la taille des couronnes des M<sub>2</sub> (facteur « chrono-géographique 1 »).**

CP	%CP	coef. reg.	R <sup>2</sup>	p
CP1	42,63	-0,0777	0,0415	*
CP2	16,13	-0,0030	0,0002	ns
CP3	10,05	0,0136	0,0054	ns
CP4	8,88	0,0384	0,0486	*
CP5	6,97	0,0045	0,0008	ns
CP6	4,19	0,0187	0,0244	*
CP7	2,17	0,0010	0,0001	ns
CP8	2,10	0,0025	0,0009	ns
CP9	1,63	0,0150	0,0404	*
CP10	1,34	-0,0035	0,0027	ns
CP11	0,87	0,0008	0,0002	ns
CP12	0,71	0,0005	0,0001	ns
CP13	0,42	0,0018	0,0023	ns
CP14	0,39	-0,0003	0,0001	ns
CP15	0,35	-0,0025	0,0053	ns
CP16	0,29	-0,0016	0,0025	ns
CP17	0,21	-0,0001	0,0000	ns
CP18	0,15	-0,0013	0,0032	ns
CP19	0,11	-0,0003	0,0002	ns
CP20	0,09	-0,0005	0,0008	ns
CP21	0,08	-0,0012	0,0053	ns
CP22	0,06	0,0009	0,0041	ns
CP23	0,06	-0,0002	0,0003	ns
CP24	0,04	0,0003	0,0006	ns
CP25	0,03	-0,0011	0,0125	*

**Tableau 6 : Résultats des régressions linéaires de chaque composante principale (CP) sur la taille pour les M<sup>1</sup>. Les 25 CP représentent 99,9% de la variance totale.**

CP	%CP	coef. reg.	R <sup>2</sup>	p
CP1	48,66	-0,0702	0,0211	*
CP2	21,96	-0,0243	0,0056	ns
CP3	10,72	-0,0305	0,0180	*
CP4	5,24	-0,0085	0,0029	ns
CP5	4,63	-0,0081	0,0030	ns
CP6	2,47	-0,0043	0,0016	ns
CP7	1,66	0,0013	0,0002	ns
CP8	1,49	-0,0055	0,0042	ns
CP9	0,72	0,0071	0,0146	*
CP10	0,52	-0,0032	0,0041	ns
CP11	0,41	-0,0026	0,0035	ns
CP12	0,30	0,0001	0,0000	ns
CP13	0,22	0,0024	0,0059	ns
CP14	0,21	0,0044	0,0191	*

**Tableau 7 : Résultats des régressions linéaires de chaque composante principale (CP) sur la taille pour les M<sup>2</sup>. Les 14 CP représentent 99,9% de la variance totale.**

CP	%CP	coef. reg.	R <sup>2</sup>	p
CP1	36,44	-0,0105	0,0013	ns
CP2	17,05	-0,0167	0,0070	ns
CP3	10,86	0,0273	0,0293	*
CP4	8,43	0,0028	0,0004	ns
CP5	5,60	-0,0023	0,0004	ns
CP6	4,96	-0,0013	0,0002	ns
CP7	3,38	0,0089	0,0101	ns
CP8	3,33	0,0062	0,0049	ns
CP9	2,39	0,0067	0,0081	ns
CP10	1,96	-0,0004	0,0000	ns
CP11	1,24	-0,0044	0,0065	ns
CP12	0,88	-0,0013	0,0008	ns
CP13	0,73	0,0070	0,0286	*
CP14	0,63	-0,0008	0,0005	ns
CP15	0,56	0,0021	0,0032	ns
CP16	0,38	0,0001	0,0000	ns
CP17	0,28	-0,0028	0,0117	ns
CP18	0,19	-0,0026	0,0154	*
CP19	0,14	-0,0018	0,0097	ns
CP20	0,14	0,0008	0,0020	ns
CP21	0,12	0,0017	0,0098	ns
CP22	0,09	0,0005	0,0012	ns
CP23	0,07	0,0022	0,0281	*
CP24	0,05	-0,0001	0,0001	ns
CP25	0,03	-0,0005	0,0042	ns

**Tableau 8 : Résultats des régressions linéaires de chaque composante principale (CP) sur la taille pour la M<sub>1</sub>. Les 25 CP représentent 99,9% de la variance totale.**

CP	%CP	coef.reg	R <sup>2</sup>	p
CP1	29,00	-0,0238	0,0081	ns
CP2	21,85	-0,0307	0,0179	*
CP3	18,47	-0,0015	0,0001	ns
CP4	7,80	0,0019	0,0002	ns
CP5	6,78	0,0043	0,0011	ns
CP6	5,38	-0,0187	0,0271	*
CP7	2,81	-0,0067	0,0067	ns
CP8	2,03	-0,0052	0,0056	ns
CP9	1,45	0,0023	0,0015	ns
CP10	1,24	0,0043	0,0062	ns
CP11	0,66	0,0009	0,0006	ns
CP12	0,54	0,0012	0,0012	ns
CP13	0,51	0,0025	0,0053	ns
CP14	0,30	0,0018	0,0046	ns
CP15	0,27	0,0016	0,0038	ns
CP16	0,20	0,0028	0,0168	*
CP17	0,18	0,0003	0,0003	ns
CP18	0,14	0,0009	0,0025	ns
CP19	0,08	0,0006	0,0021	ns
CP20	0,07	0,0010	0,0061	ns
CP21	0,06	-0,0007	0,0036	ns
CP22	0,04	-0,0003	0,0010	ns
CP23	0,04	0,0002	0,0005	ns
CP24	0,03	0,0005	0,0031	ns

**Tableau 9 : Résultats des régressions linéaires de chaque composante principale (CP) sur la taille pour la M<sub>2</sub>. Les 24 CP représentent 99,9% de la variance totale.**

Sous-échantillon géographique	ASE continentale	ASE insulaire	Mélanésie
Effectifs M <sup>1</sup>	85	102	51
Effectifs M <sup>2</sup>	100	104	53
Effectifs M <sub>1</sub>	35	60	26
Effectifs M <sub>2</sub>	42	69	38
Sous-échantillon chrono-culturel	Prénéolithiques	Age des Métaux	Récents
Effectifs M <sup>1</sup>	41	94	256
Effectifs M <sup>2</sup>	52	108	284
Effectifs M <sub>1</sub>	37	73	146
Effectifs M <sub>2</sub>	62	85	167

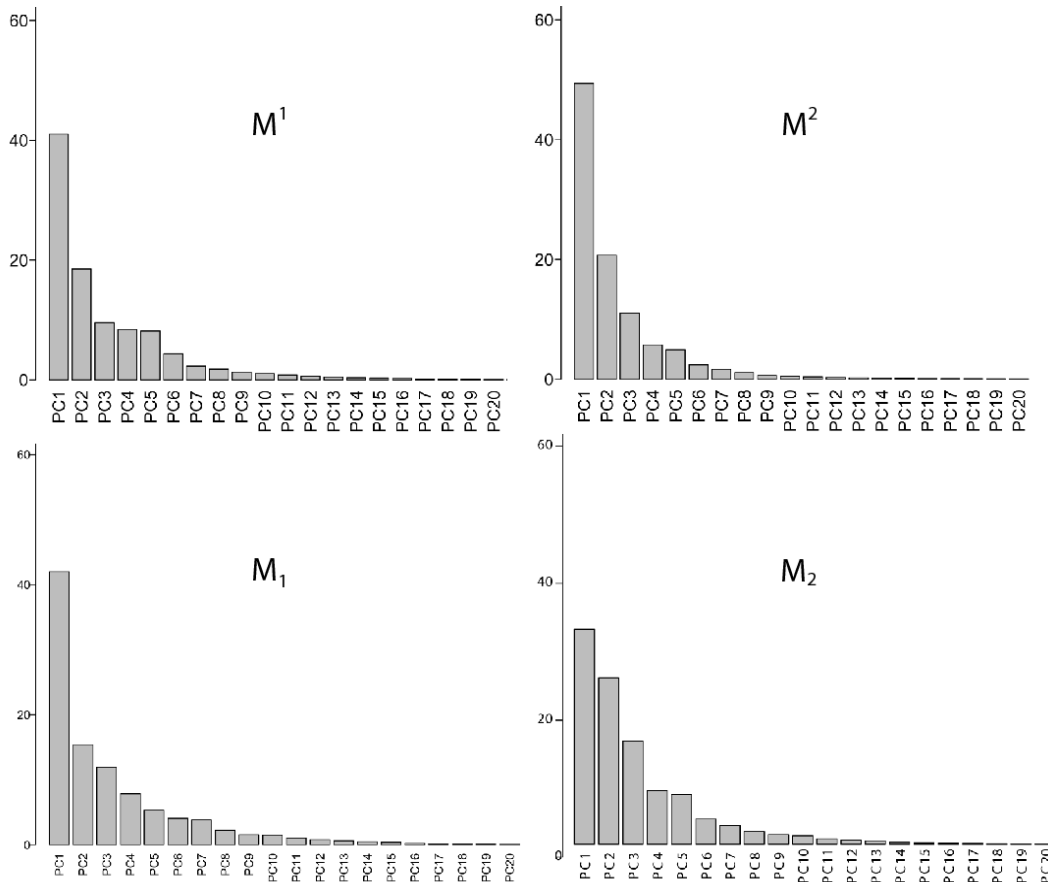
**Tableau 10 : Effectifs pour chaque molaire pour les MANCOVA et régressions linéaires menées sur les sous-échantillons géographique et chrono-culturel.**

		%CP	coef. reg.	R <sup>2</sup>	p
M <sup>1</sup>	CP1	43,84	0,0537	0,0162	*
	CP2	14,94	0,007	0,0008	ns
M <sup>2</sup>	CP1	50,3	0,0504	0,0099	ns
	CP2	19,8	-0,0236	0,0289	ns
M <sub>1</sub>	CP1	35,39	-0,0335	0,014	ns
	CP2	16,6	0,0324	0,0278	ns

**Tableau 11 : Résultats des régressions linéaires des CP1 et 2 sur la taille avec la totalité du sous-échantillon géographique pour chaque molaire.**

		%CP	coef. reg.	R <sup>2</sup>	p
M <sup>1</sup>	CP1	43,06	0,0729	0,0360	*
	CP2	15,99	0,0022	0,0001	ns
M <sup>2</sup>	CP1	48,3	-0,0862	0,0322	*
	CP2	22,04	-0,0100	0,0001	ns
M <sub>1</sub>	CP1	36,44	0,0171	0,0033	ns
	CP2	17,14	0,0249	0,0151	ns

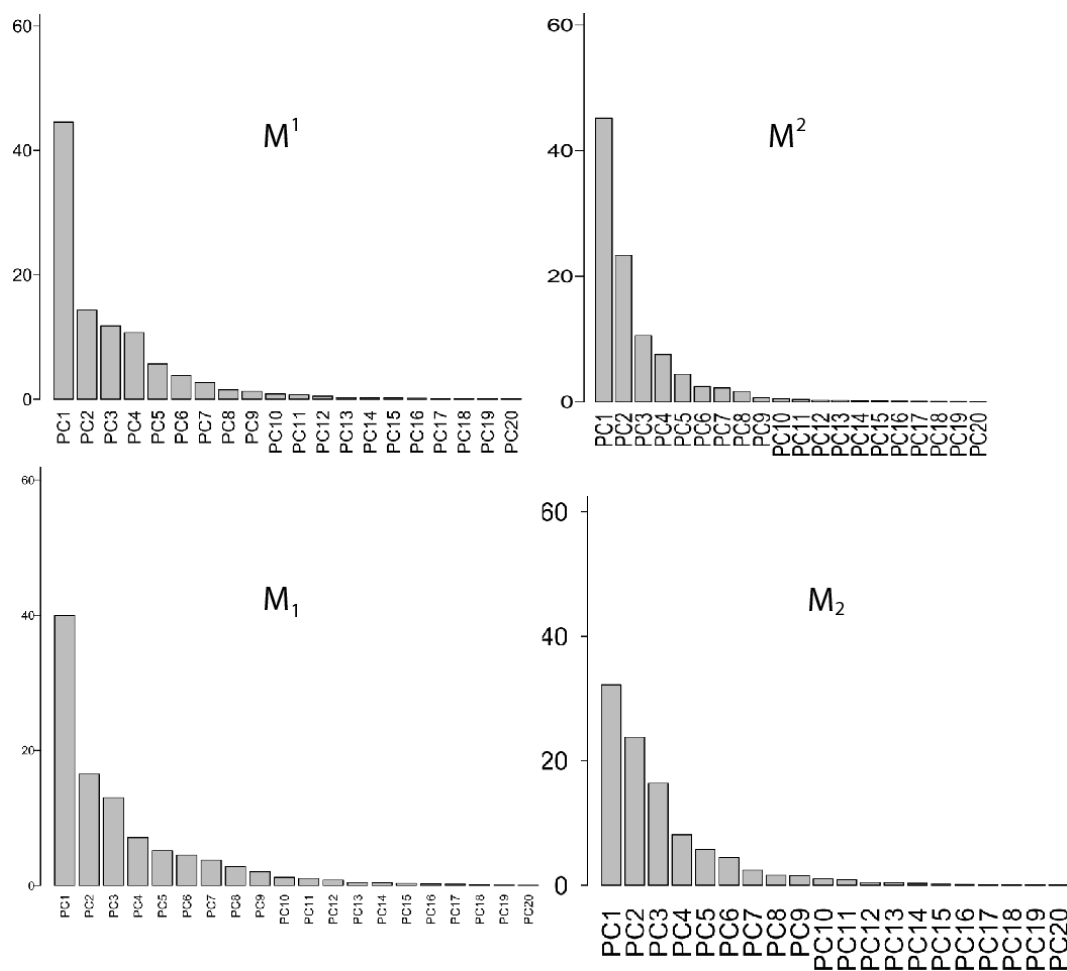
**Tableau 12 : Résultats des régressions linéaires des CP1 et 2 sur la taille avec la totalité du sous-échantillon chrono-culturel pour chaque molaire.**



**Figure 1 : ACP sur les molaires provenant du Nord Vietnam : diagramme en bâtons du pourcentage pour chaque molaire de la variance totale représenté par chaque CP.**

Groupes	M <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
Prénéolithiques	23	34	19	42
Néolithiques	10	14	14	15
Age des Métaux	25	25	14	16
Récents	20	23	13	20

**Tableau 13 : Effectifs pour chaque molaire de l'échantillon du nord du Vietnam selon un facteur chrono-culturel.**



**Figure 2 : ACP sur les molaires provenant de Ban Non Wat : diagramme en bâtons pour chaque molaire du pourcentage de la variance totale représenté par chaque CP.**



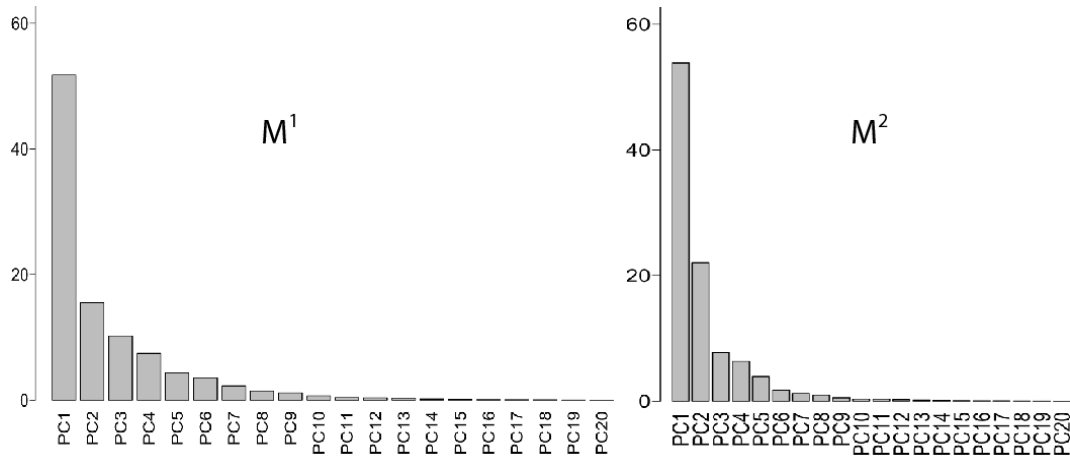


Figure 3 : ACP sur les molaires provenant de Malaisie : diagramme en bâtons pour chaque molaire du pourcentage de la variance totale représenté par chaque CP.

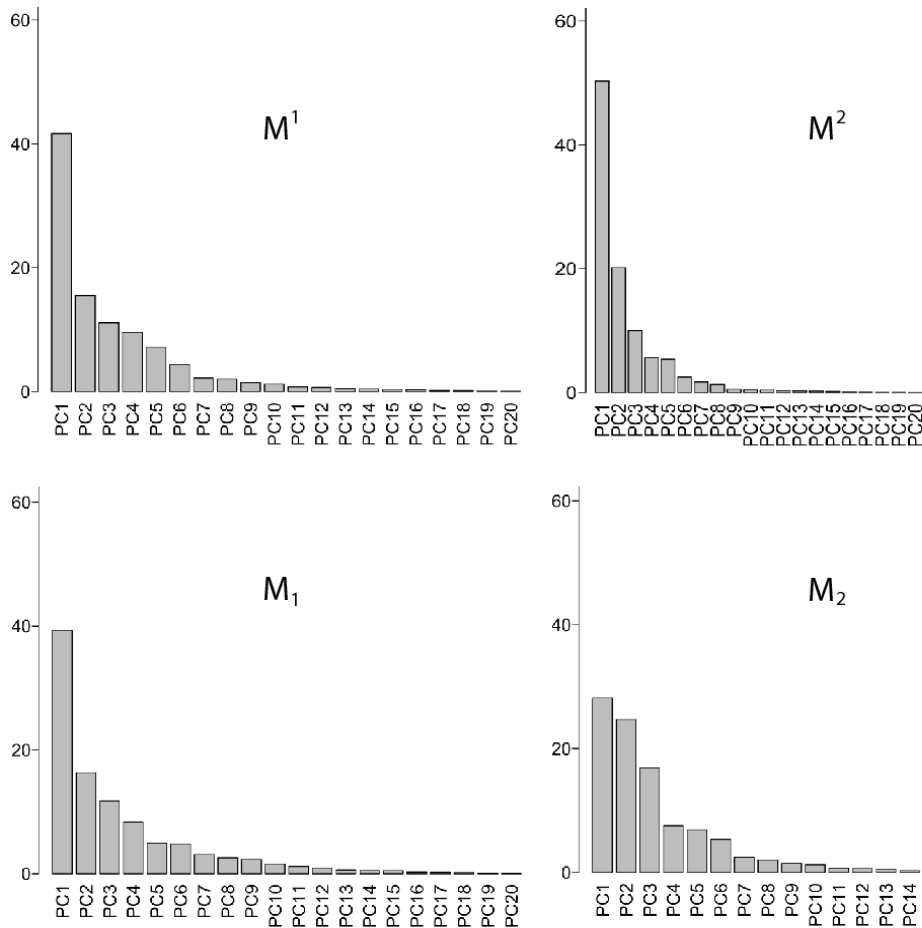


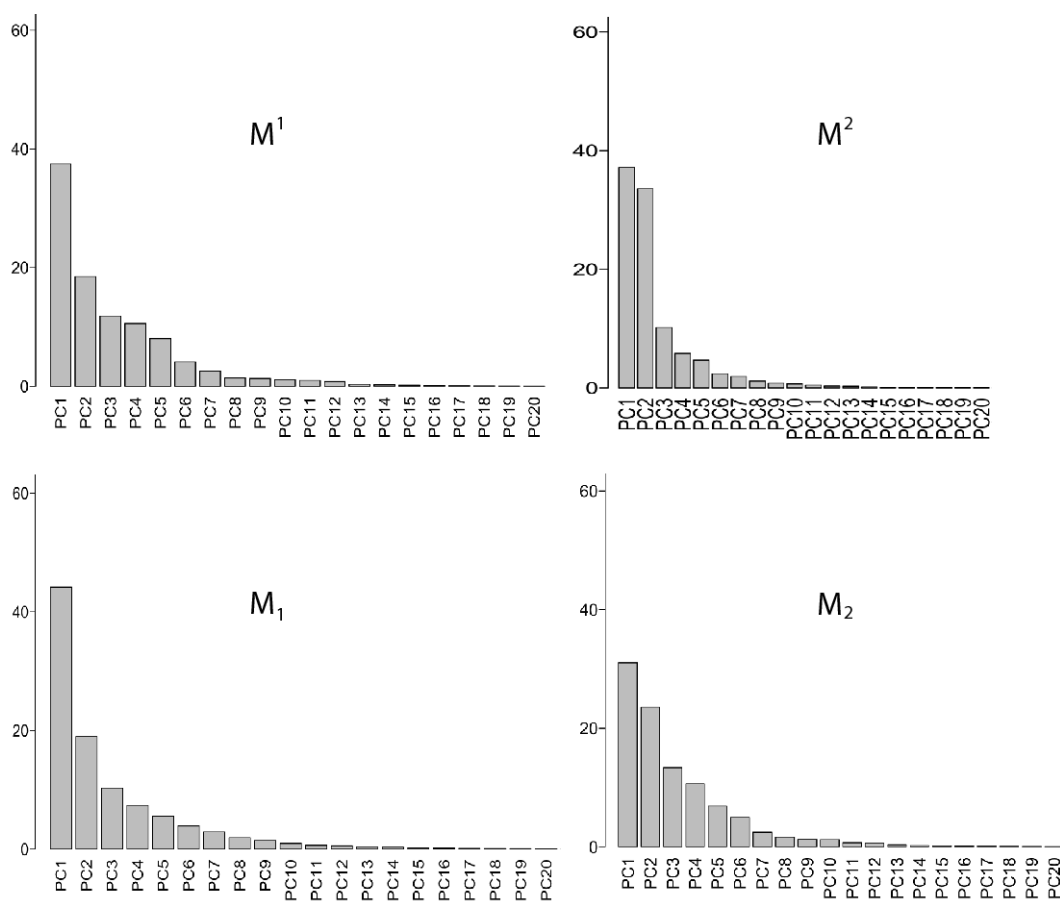
Figure 4 : ACP sur les molaires de l'échantillon d'ASE continentale : diagramme en bâtons pour chaque molaire du pourcentage de la variance totale représenté par chaque CP.

Groupes	M <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
Prénéolithiques	34	43	31	54
Néolithiques	14	22	18	18
Age des Métaux	67	81	50	58
Récents	85	100	35	42

**Tableau 14 : Effectifs pour chaque molaire de l'échantillon d'ASE continentale selon un facteur chrono-culturel.**

Groupes	M <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>
Chine Sud-Est	17	16
Malaisie Péninsulaire	25	32
Thaïlande	23	29
Vietnam	20	23

**Tableau 15 : Effectifs pour les molaires supérieures des individus récents d'ASE continentale selon quatre zones géographiques.**



**Figure 5 : ACP sur les molaires préneolithiques d'ASE continentale : diagramme en bâtons pour chaque molaire du pourcentage de la variance totale représenté par chaque CP.**

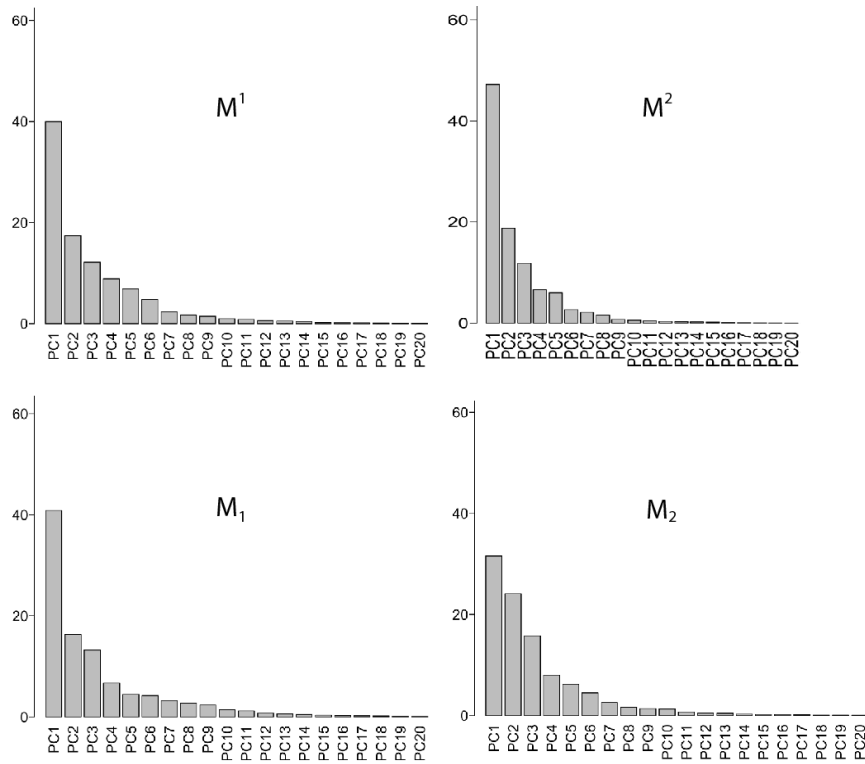


Figure 6 : ACP sur les molaires néolithiques et de l'Age des Métaux d'ASE continentale : diagramme en bâtons pour chaque molaire du pourcentage de la variance totale représenté par chaque CP.

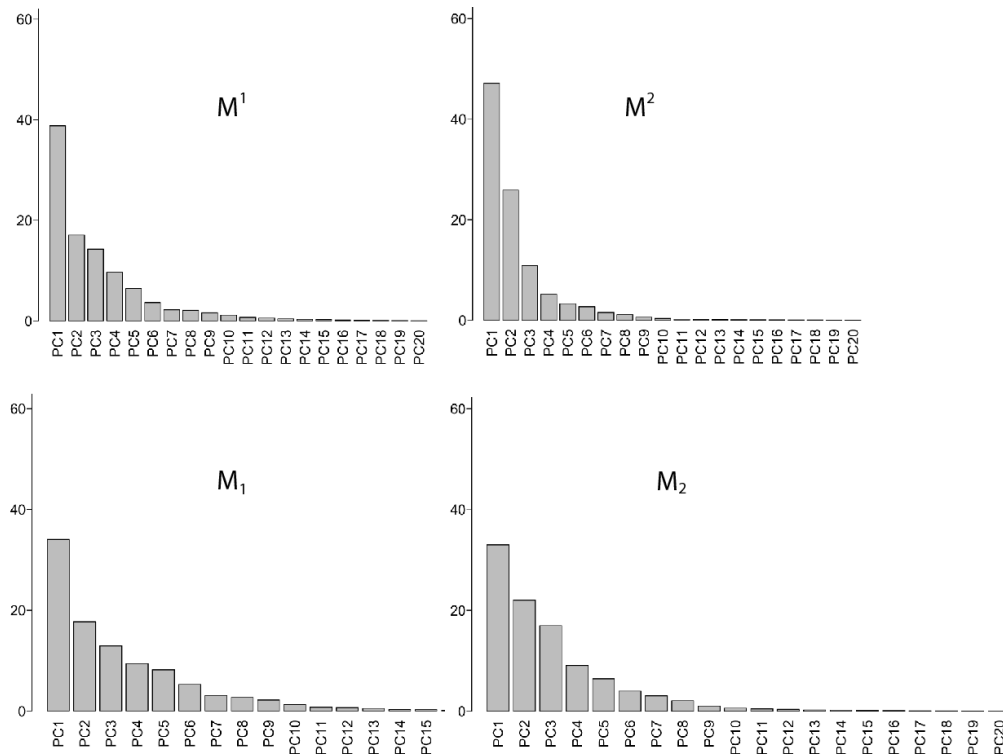


Figure 7 : ACP sur les molaires provenant des Philippines : diagramme en bâtons pour chaque molaire du pourcentage de la variance totale représenté par chaque CP.

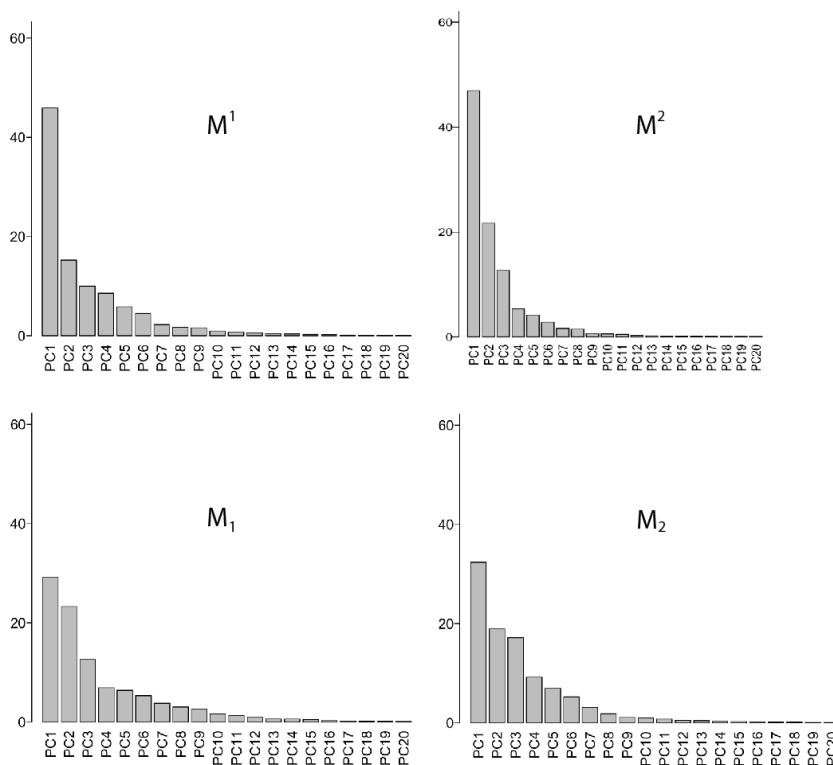


Figure 8 : ACP sur les molaires récentes d'ASE insulaire : diagramme en bâtons pour chaque molaire du pourcentage de la variance totale représenté par chaque CP.

Groupes	M <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
Andaman	5	6	1	2
Bornéo	8	11	5	10
Java	25	27	19	22
Luzon	23	19	7	7
Marinduque	11	12	6	6
Sulawesi	12	11	10	12
Sulu	8	9	5	5
Sumatra	10	9	3	5

Tableau 16 : Effectifs pour chaque molaire de l'échantillon d'individus récents d'ASE insulaire selon huit zones géographiques

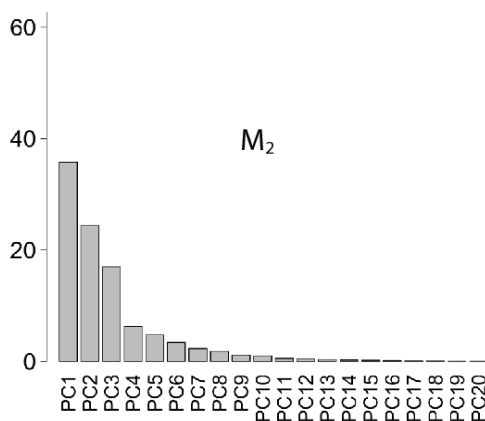


Figure 9 : ACP sur les molaires provenant d'Australo-Mélanésie : diagramme en bâtons pour la M<sub>2</sub> du pourcentage de la variance totale représenté par chaque CP.

Groupes	M <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
Australie	18	27	11	18
Bismarck	28	31	23	26
Salomon	10	-	-	-
Vanuatu	13	16	14	7

**Tableau 17 : Effectifs pour chaque molaire de l'échantillon d'individus récents d'Australo-Mélanésie selon quatre zones géographiques.**

Groupes	M <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>
ASE continentale	85	100	35	42
ASE insulaire	102	104	58	69
Mélanésie	51	53	40	38
Australie	18	27	11	18

**Tableau 18 : Effectifs pour chaque molaire de la totalité des individus récents selon quatre zones géographiques.**

Groupes	N
Début Holocène Vietnam	8
Métal Sulawesi	21
Métal Thaïlande	42
Métal Vietnam	25
Milieu Holocène ASE insulaire	7
Milieu Holocène Vietnam	15
Négritos Philippines	14
Néolithique ASE continentale	14
Récents Australie	18
Récents Java	25
Récents Luzon	20
Récents Malaisie	25
Récents Mélanésie	28
Récents Sulawesi	12
Récents Thaïlande	23
Récents Vanuatu	13
Récents Vietnam	20

**Tableau 19 : Effectifs du facteur « chrono-géographique 2 » pour la M<sup>1</sup>.**

Groupes	N
Début Holocène Vietnam	18
Métal Philippines	9
Métal Sulawesi	19
Métal Thaïlande	56
Métal Vietnam	25
Milieu Holocène ASE insulaire	8
Milieu Holocène Vietnam	16
Négritos Philippines	12
Néolithique Thaïlande	8
Néolithique Vietnam	14
Récents Australie	27
Récents Bornéo	11
Récents Java	27
Récents Luzon	19
Récents Malaisie	32
Récents Mélanésie	31
Récents Sulawesi	11
Récents Sulu	9
Récents Thaïlande	29
Récents Vanuatu	16
Récents Vietnam	23

**Tableau 20 : Effectifs du facteur « chrono-géographique 2 » pour la M<sup>2</sup>.**

Groupes	N
Début Holocène Vietnam	12
Métal Sulawesi	19
Métal Thaïlande	36
Métal Vietnam	14
Milieu Holocène ASE insulaire	7
Milieu Holocène Vietnam	15
Négritos Philippines	7
Néolithique ASE continentale	18
Récents Australie	11
Récents Java	19
Récents Mélanésie	26
Récents Sulawesi	10
Récents Thaïlande	15
Récents Vanuatu	14
Récents Vietnam	13

**Tableau 21 : Effectifs du facteur  
« chrono-géographique 2 » pour la M<sub>1</sub>.**

Groupes	N
Début Holocène Vietnam	20
Métal Sulawesi	20
Métal Thaïlande	42
Métal Vietnam	16
Milieu Holocène ASE insulaire	9
Milieu Holocène Vietnam	22
Négritos Philippines	9
Néolithique Vietnam	15
Récents Australie	18
Récents Bornéo	10
Récents Java	22
Récents Mélanésie	26
Récents Sulawesi	12
Récents Thaïlande	16
Récents Vietnam	20

**Tableau 22 : Effectifs du facteur  
« chrono-géographique 2 » pour la M<sub>2</sub>.**

## **ANNEXE 2**

---

### **DISTANCES DE MAHALANOBIS ET DONNEES UTILISEES POUR LES MODELISATIONS : COORDONNEES GEOGRAPHIQUES ET AGES**





	Métal Sulawesi	Métal Thaïlande	Métal Vietnam	Milieu Holocène ASE cont.	Négritos	Neol. ASE cont.	Pleisto sup/Deb.Hol ASE cont	Preneo. ASE insulaire	Recents Australe	Recents Chine	Recents Malaisie	Recents Melanesie	Recents Thaïlande	Recents Vanuatu	Recents Vietnam	Recents Wallace	Recents Indonésie Occid.
Métal Sulawesi	0,0000	1,5075	2,2218	2,6779	3,1069	2,4720	2,1686	2,8118	2,6645	1,8285	1,5911	2,0079	1,7462	2,2777	1,7289	1,4925	1,5340
Métal Thaïlande	1,5075	0,0000	1,4456	2,0518	2,5424	1,7497	1,7803	2,3943	2,1014	1,4725	1,2794	1,8516	1,0665	1,6872	1,4540	1,4487	1,1585
Métal Vietnam	2,2218	1,4456	0,0000	1,8731	2,3513	1,6059	1,9945	2,5623	2,0995	1,5973	1,6058	2,2715	1,3147	1,8472	1,6461	1,7875	1,3108
Milieu Holocène ASE cont.	2,6779	2,0518	1,8731	0,0000	2,5899	1,8360	2,1088	2,4707	1,9464	2,0226	1,8964	2,5226	2,0227	2,6394	2,2988	2,4613	1,8669
Négritos	3,1069	2,5424	2,3513	2,5899	0,0000	2,5543	2,8484	2,6291	2,2839	2,6760	2,6354	2,4381	2,5863	2,3654	2,1124	2,4592	2,3712
Neol. ASE cont.	2,4720	1,7497	1,6059	1,8360	2,5543	0,0000	2,1661	2,5101	2,4641	2,0281	1,7980	2,4358	1,7081	2,1423	1,9760	2,2240	1,8170
Pleisto sup/Deb.Hol ASE cont	2,1686	1,7803	1,9945	2,1088	2,8484	2,1661	0,0000	2,9861	2,7107	1,8249	1,9665	2,8939	1,7642	2,3097	2,0014	1,7744	1,9337
Preneo. ASE insulaire	2,8118	2,3943	2,5623	2,4707	2,6291	2,5101	2,9861	0,0000	2,1142	2,5411	2,1532	1,9919	2,5164	2,4277	2,0449	2,5973	2,1022
Recents Australie	2,6645	2,1014	2,0995	1,9464	2,2839	2,4641	2,7107	2,1142	0,0000	2,6789	2,1905	1,9261	2,1223	2,2740	2,1144	2,5897	1,8884
Recents Chine	1,8285	1,4725	1,5973	2,0226	2,6760	2,0281	1,8249	2,5411	2,6789	0,0000	1,5533	2,4852	1,7313	2,4740	1,8636	1,5659	1,6921
Recents Malaisie	1,5911	1,2794	1,6058	1,8964	2,6354	1,7980	1,9665	2,1532	2,1905	1,5533	0,0000	1,8604	1,0700	1,9941	1,4290	1,3437	0,9987
Recents Melanesie	2,0079	1,8516	2,2715	2,5226	2,4381	2,4358	2,8939	1,9919	1,9261	2,4852	1,8604	0,0000	1,9329	1,7592	1,4817	2,1471	1,6492
Recents Thaïlande	1,7462	1,0665	1,3147	2,0227	2,5863	1,7081	1,7642	2,5164	2,1223	1,7313	1,0700	1,9329	0,0000	1,6507	1,3745	1,5066	0,9543
Recents Vanuatu	2,2777	1,6872	1,8472	2,6394	2,3654	2,1423	2,3097	2,4277	2,2740	2,4740	1,9941	1,7592	1,6507	0,0000	1,5651	1,8958	1,6938
Recents Vietnam	1,7289	1,4540	1,6461	2,2988	2,1124	1,9760	2,0014	2,0449	2,1144	1,8636	1,4290	1,4817	1,3745	1,5651	0,0000	1,2615	0,9769
Recents Wallace	1,4925	1,4487	1,7875	2,4613	2,4592	2,2240	1,7744	2,5973	2,5897	1,5659	1,3437	2,1471	1,5066	1,8958	1,2615	0,0000	1,3546
Recents Indonésie Occid.	1,5340	1,1585	1,3108	1,8669	2,3712	1,8170	1,9337	2,1022	1,8884	1,6921	0,9987	1,6492	0,9543	1,6938	0,9769	1,3546	0,0000

Tableau 1 : Distances de Mahalanobis avec le facteur « chrono-géographique 1 » pour les M<sup>1</sup>.

	Début Holocène Vietnam	Métal Sulawesi	Métal Thaïlande	Métal Vietnam	Milieu Holocène ASE insulaire	Milieu Holocène Vietnam	Négritos Philippines	Néolithique ASE continentale	Récents Australie	Récents Java	Récents Luzon	Récents Malaisie	Récents Mélanésie	Récents Sulawesi	Récents Thaïlande	Récents Vanuatu	Récents Vietnam
Début Holocène Vietnam	0,0000	2,5624	2,1536	2,1283	3,1635	2,4607	3,4731	2,4529	2,6039	2,2604	2,6426	2,2941	3,3160	2,8096	2,1050	2,4887	2,4215
Métal Sulawesi	2,5624	0,0000	1,2801	1,9834	2,7636	2,7566	2,8383	2,2254	2,5175	1,5766	1,6720	1,4982	2,1096	2,1074	1,6336	2,2306	1,7453
Métal Thaïlande	2,1536	1,2801	0,0000	1,3900	2,2865	2,3632	2,5483	1,7300	2,0894	1,1669	1,7300	1,2469	1,8718	2,0155	0,9443	1,6959	1,2385
Métal Vietnam	2,1283	1,9834	1,3900	0,0000	2,4683	2,0987	2,4074	1,6027	2,0788	1,3104	2,0740	1,5300	2,2749	2,1806	1,0534	1,7812	1,3769
Milieu Holocène ASE insulaire	3,1635	2,7636	2,2865	2,4683	0,0000	2,4837	2,4451	2,4118	1,9258	2,0002	2,5294	2,0504	1,7695	2,8462	2,3825	2,3227	1,9015
Milieu Holocène Vietnam	2,4607	2,7566	2,3632	2,0987	2,4837	0,0000	2,9252	1,9888	2,2827	1,9859	3,0185	2,1941	2,6955	3,3693	2,2105	3,0001	2,4131
Négritos Philippines	3,4731	2,8383	2,5483	2,4074	2,4451	2,9252	0,0000	2,6489	2,3403	2,5157	2,3239	2,6430	2,2911	2,8939	2,5710	2,3988	1,9086
Néolithique ASE continentale	2,4529	2,2254	1,7300	1,6027	2,4118	1,9888	2,6489	0,0000	2,4792	1,7204	2,5715	1,7171	2,2901	2,5385	1,5646	2,0983	1,7133
Récents Australie	2,6039	2,5175	2,0894	2,0788	1,9258	2,2827	2,3403	2,4792	0,0000	2,0229	2,4216	2,1438	1,8756	3,1604	2,0507	2,2851	1,9192
Récents Java	2,2604	1,5766	1,1669	1,3104	2,0002	1,9859	2,5157	1,7204	2,0229	0,0000	1,6833	0,8605	2,0423	1,9322	0,9656	2,0461	1,1594
Récents Luzon	2,6426	1,6720	1,7300	2,0740	2,5294	3,0185	2,3239	2,5715	2,4216	1,6833	0,0000	1,6713	2,4193	1,6061	1,6648	2,0269	1,3780
Récents Malaisie	2,2941	1,4982	1,2469	1,5300	2,0504	2,1941	2,6430	1,7171	2,1438	0,8605	1,6713	0,0000	1,9120	1,6807	0,9004	1,9672	1,2124
Récents Mélanésie	3,3160	2,1096	1,8718	2,2749	1,7695	2,6955	2,2911	2,2901	1,8756	2,0423	2,4193	1,9120	0,0000	2,6898	2,0045	1,8382	1,6384
Récents Sulawesi	2,8096	2,1074	2,0155	2,1806	2,8462	3,3693	2,8939	2,5385	3,1604	1,9322	1,6061	1,6807	2,6898	0,0000	1,7834	2,1030	1,5336
Récents Thaïlande	2,1050	1,6336	0,9443	1,0534	2,3825	2,2105	2,5710	1,5646	2,0507	0,9656	1,6648	0,9004	2,0045	1,7834	0,0000	1,6601	1,0507
Récents Vanuatu	2,4887	2,2306	1,6959	1,7812	2,3227	3,0001	2,3988	2,0983	2,2851	2,0461	2,0269	1,9672	1,8382	2,1030	1,6601	0,0000	1,4035
Récents Vietnam	2,4215	1,7453	1,2385	1,3769	1,9015	2,4131	1,9086	1,7133	1,9192	1,1594	1,3780	1,2124	1,6384	1,5336	1,0507	1,4035	0,0000

Tableau 2 : Distances de Mahalanobis avec le facteur « chrono-géographique 2 » pour les M<sup>1</sup>.

	Métal Philippines	Métal Sulawesi	Métal Thaïlande	Métal Vietnam	Milieu Holocène ASE cont.	Négritos	Neol. ASE cont.	Pleisto sup/Deb.Hol ASE cont	Preneo. ASE insulaire	Recents Australie	Recents Chine	Recents Malaisie	Recents Mélanésie	Recents Thaïlande	Recents Vanuatu	Recents Vietnam	Recents Wallace	Recents Indonésie Occid.
Métal Philippines	0,0000	2,2047	1,9473	1,8255	2,0315	2,4938	2,3219	1,8286	3,3312	2,5604	1,9885	1,9269	2,3027	1,8784	2,6857	1,8193	1,7863	2,0021
Métal Sulawesi	2,2047	0,0000	1,7237	2,2933	2,2241	3,0475	2,2608	2,0291	3,9147	2,9635	1,9649	2,2585	2,8896	2,0559	3,1118	2,1657	1,8773	2,4219
Métal Thaïlande	1,9473	1,7237	0,0000	1,2693	1,4467	2,3397	1,4662	1,1761	3,2545	2,4653	1,7179	1,3146	2,1178	1,2013	2,5219	1,4430	1,3660	1,3131
Métal Vietnam	1,8255	2,2933	1,2693	0,0000	1,7932	2,1025	1,4529	1,5279	3,1947	2,0988	1,9366	1,6670	2,2813	1,5209	2,8212	1,8644	1,6454	1,6556
Milieu Holocène ASE cont.	2,0315	2,2241	1,4467	1,7932	0,0000	2,2256	1,7919	1,2525	2,8156	2,2556	2,0363	1,6210	2,3587	1,4522	2,5681	1,8553	1,8815	1,4990
Négritos	2,4938	3,0475	2,3397	2,1025	2,2256	0,0000	2,2339	2,1734	2,5052	1,8435	2,3825	2,1594	2,3428	2,1966	2,4919	2,4772	1,9894	1,7873
Neol. ASE cont.	2,3219	2,2608	1,4662	1,4529	1,7919	2,2339	0,0000	1,4864	3,2131	2,4278	2,0595	1,9463	2,4705	1,6431	2,8365	2,0883	1,8791	1,7352
Pleisto sup/Deb.Hol ASE cont	1,8286	2,0291	1,1761	1,5279	1,2525	2,1734	1,4864	0,0000	3,1149	2,2214	1,8212	1,5977	2,2378	1,4167	2,3609	1,6660	1,6833	1,5801
Preneo. ASE insulaire	3,3312	3,9147	3,2545	3,1947	2,8156	2,5052	3,2131	3,1149	0,0000	2,4545	3,1043	2,5519	2,8952	2,8776	2,7685	2,9776	2,9562	2,7102
Recents Australie	2,5604	2,9635	2,4653	2,0988	2,2556	1,8435	2,4278	2,2214	2,4545	0,0000	2,5431	2,1802	2,1235	2,0823	2,1752	2,5770	2,2055	2,1252
Recents Chine	1,9885	1,9649	1,7179	1,9366	2,0363	2,3825	2,0595	1,8212	3,1043	2,5431	0,0000	1,5369	2,2694	1,3806	2,4913	1,4350	1,5065	1,6772
Recents Malaisie	1,9269	2,2585	1,3146	1,6670	1,6210	2,1594	1,9463	1,5977	2,5519	2,1802	1,5369	0,0000	1,8220	1,2288	2,2189	1,1191	1,3841	1,1990
Recents Mélanésie	2,3027	2,8896	2,1178	2,2813	2,3587	2,3428	2,4705	2,2378	2,8952	2,1235	2,2694	1,8220	0,0000	1,7978	1,9841	1,9758	2,0323	1,8296
Recents Thaïlande	1,8784	2,0559	1,2013	1,5209	1,4522	2,1966	1,6431	1,4167	2,8776	2,0823	1,3806	1,2288	1,7978	0,0000	2,3487	1,1637	1,2659	1,0325
Recents Vanuatu	2,6857	3,1118	2,5219	2,8212	2,5681	2,4919	2,8365	2,3609	2,7685	2,1752	2,4913	2,2189	1,9841	2,3487	0,0000	2,4898	2,3991	2,1182
Recents Vietnam	1,8193	2,1657	1,4430	1,8644	1,8553	2,4772	2,0883	1,6660	2,9776	2,5770	1,4350	1,1191	1,9758	1,1637	2,4898	0,0000	1,2013	1,5400
Recents Wallace	1,7863	1,8773	1,3660	1,6454	1,8815	1,9894	1,8791	1,6833	2,9562	2,2055	1,5065	1,3841	2,0323	1,2659	2,3991	1,2013	0,0000	1,4266
Recents Indonésie Occid.	2,0021	2,4219	1,3131	1,6556	1,4990	1,7873	1,7352	1,5801	2,7102	2,1252	1,6772	1,1990	1,8296	1,0325	2,1182	1,5400	1,4266	0,0000

**Tableau 3 : Distances de Mahalanobis avec le facteur « chrono-géographique 1 » pour les M<sup>2</sup>.**

	Début Holocène Vietnam	Métal Philippines	Métal Sulawesi	Métal Thaïlande	Métal Vietnam	Milieu Holocène ASE insulaire	Milieu Holocène Vietnam	Négritos Philippines	Néolithique Thaïlande	Néolithique Vietnam	Récents Australie	Récents Bornéo	Récents Java	Récents Luzon	Récents Malaisie	Récents Mélanésie	Récents Sulawesi	Récents Sulu	Récents Thaïlande	Récents Vanuatu	Récents Vietnam
Début Holocène Vietnam	0,0000	1,6650	1,9554	1,4380	1,4637	2,5782	1,1570	2,4896	2,0245	1,7513	1,9606	2,8838	1,5412	2,5819	1,6686	2,3781	1,4694	2,3960	1,4440	2,3370	1,6013
Métal Philippines	1,6650	0,0000	2,1632	1,8059	1,5884	2,7378	1,6821	2,5262	2,5904	2,2677	2,4404	2,8333	1,8585	2,7679	1,7618	2,2627	1,5930	1,9273	1,8177	2,5712	1,6218
Métal Sulawesi	1,9554	2,1632	0,0000	1,5387	2,1200	3,4377	2,1500	2,9212	2,5671	2,1431	2,9367	2,9119	2,2966	2,4185	2,0733	2,8380	2,0273	2,2238	1,8505	3,0357	1,9366
Métal Thaïlande	1,4380	1,8059	1,5387	0,0000	1,1377	2,8614	1,5964	2,3571	1,9113	1,7141	2,4185	2,1566	1,2680	2,2587	1,2288	2,1546	1,2877	1,7172	1,1186	2,3652	1,2560
Métal Vietnam	1,4637	1,5884	2,1200	1,1377	0,0000	2,8249	1,7336	2,0545	1,7266	1,6195	2,0302	2,4861	1,3543	2,4977	1,4954	2,0950	1,2160	2,1674	1,3916	2,4962	1,6646
Milieu Holocène ASE insulaire	2,5782	2,7378	3,4377	2,8614	2,8249	0,0000	2,2830	2,4195	3,2218	2,9537	2,0550	2,9782	2,3920	2,6973	2,1863	2,7398	2,4682	3,4114	2,4067	2,3939	2,4691
Milieu Holocène Vietnam	1,1570	1,6821	2,1500	1,5964	1,7336	2,2830	0,0000	2,5057	2,4789	1,9033	2,1938	2,6994	1,5817	2,6811	1,6177	2,4410	1,6580	2,4258	1,5855	2,5183	1,7134
Négritos Philippines	2,4896	2,5262	2,9212	2,3571	2,0545	2,4195	2,5057	0,0000	2,3165	2,4099	1,9694	2,5624	1,8168	2,3748	2,0166	2,1532	1,9116	2,9319	2,1252	2,4339	2,2495
Néolithique Thaïlande	2,0245	2,5904	2,5671	1,9113	1,7266	3,2218	2,4789	2,3165	0,0000	2,1065	2,4922	3,1157	1,9884	3,0395	2,1277	2,7325	2,2351	2,4773	2,0548	2,6395	2,3184
Néolithique Vietnam	1,7513	2,2677	2,1431	1,7141	1,6195	2,9537	1,9033	2,4099	2,1065	0,0000	2,5135	3,1169	1,5376	2,4254	2,0933	2,5390	2,1764	2,3602	1,6832	2,9200	2,1329
Récents Australie	1,9606	2,4404	2,9367	2,4185	2,0302	2,0550	2,1938	1,9694	2,4922	2,5135	0,0000	3,0412	2,0657	2,6385	2,0198	2,0173	1,6767	3,3029	1,9740	2,0058	2,3653
Récents Bornéo	2,8838	2,8333	2,9119	2,1566	2,4861	2,9782	2,6994	2,5624	3,1157	3,1169	3,0412	0,0000	2,2129	2,8634	2,0638	2,7531	2,2857	2,8972	2,2034	2,5231	2,2271
Récents Java	1,5412	1,8585	2,2966	1,2680	1,3543	2,3920	1,5817	1,8168	1,9884	1,5376	2,0657	2,2129	0,0000	2,1131	1,3398	1,9153	1,5562	2,0049	1,0131	2,2648	1,3737
Récents Luzon	2,5819	2,7679	2,4185	2,2587	2,4977	2,6973	2,6811	2,3748	3,0395	2,4254	2,6385	2,8634	2,1131	0,0000	2,1447	2,4958	2,3171	2,9416	1,8592	2,7632	1,7668
Récents Malaisie	1,6686	1,7618	2,0733	1,2288	1,4954	2,1863	1,6177	2,0166	2,1277	2,0933	2,0198	2,0638	1,3398	2,1447	0,0000	1,8428	1,2518	2,1505	1,1975	2,0327	1,0790
Récents Mélanésie	2,3781	2,2627	2,8380	2,1546	2,0950	2,7398	2,4410	2,1532	2,7325	2,5390	2,0173	2,7531	1,9153	2,4958	1,8428	0,0000	2,0667	2,9713	1,7637	1,9228	1,9163
Récents Sulawesi	1,4694	1,5930	2,0273	1,2877	1,2160	2,4652	1,6580	1,9116	2,2351	1,764	1,6767	2,2857	1,5562	2,3171	1,2518	2,0667	0,0000	2,2269	1,4965	2,1775	1,4963
Récents Sulu	2,3960	1,9273	2,2238	1,7172	2,1674	3,4114	2,4258	2,9319	2,4773	2,3602	3,3029	2,8972	2,0049	2,9416	2,1505	2,9713	2,2269	0,0000	2,2264	2,8815	2,0382
Récents Thaïlande	1,4440	1,8177	1,8505	1,1186	1,3916	2,4067	1,5855	2,1252	2,0548	1,6832	1,9740	2,2034	1,0131	1,8592	1,7637	1,4965	2,2264	0,0000	2,1806	0,9978	
Récents Vanuatu	2,3370	2,5712	3,0357	2,3652	2,4962	2,3939	2,5183	2,4339	2,6395	2,9200	2,0058	2,5231	2,2648	2,7632	2,0327	1,9228	2,1775	2,8815	2,1806	0,0000	2,1910
Récents Vietnam	1,6013	1,6218	1,9366	1,2560	1,6646	2,4691	1,7134	2,2495	2,3184	2,1329	2,3653	2,2271	1,3737	1,7668	1,0790	1,9163	1,4963	2,0382	0,9978	2,1910	0,0000

**Tableau 4 : Distances de Mahalanobis avec le facteur « chrono-géographique 2 » pour les M<sup>2</sup>.**

	Métal Sulawesi	Métal Thaïlande	Métal Vietnam	Milieu Holocène ASE cont.	Négritos	Neol. ASE cont.	Pleisto sup./Deb.Holocène ASE cont.	Preneo. ASE insulaire	Recents Australie	Recents Mélanésie	Recents Thaïlande	Recents Vanuatu	Recents Vietnam	Recents Wallace	Recents Indonésie Occid.
Métal Sulawesi	0,0000	1,8807	2,5293	2,5706	3,1295	2,3421	2,1758	3,2096	3,3860	2,9133	1,9209	2,8252	2,4198	2,4897	2,7482
Métal Thaïlande	1,8807	0,0000	1,8698	2,2356	2,2197	1,6737	1,6667	3,1432	2,6037	2,2683	1,5363	2,2113	1,9951	1,7176	1,8469
Métal Vietnam	2,5293	1,8698	0,0000	2,4323	2,6313	1,8719	1,7916	2,9874	2,6222	2,3235	1,3798	1,8125	1,5836	1,5168	2,0851
Milieu Holocène ASE cont.	2,5706	2,2356	2,4323	0,0000	1,8916	1,8525	1,5211	2,8053	2,1122	2,4795	2,0884	2,2365	2,1216	1,9971	1,7218
Négritos	3,1295	2,2197	2,6313	1,8916	0,0000	1,8581	1,9716	3,2092	1,9167	2,3658	2,6088	2,3441	2,3852	2,3634	1,7612
Neol. ASE cont.	2,3421	1,6737	1,8719	1,8525	1,8581	0,0000	1,4917	2,1791	1,7364	1,3410	1,8311	1,8506	1,5815	1,5506	1,1442
Pleisto sup./Deb.Holocène ASE cont.	2,1758	1,6667	1,7916	1,5211	1,9716	1,4917	0,0000	2,6140	2,5905	2,1722	1,8222	2,0398	1,6792	1,5664	1,5158
Preneo. ASE insulaire	3,2096	3,1432	2,9874	2,8053	3,2092	2,1791	2,6140	0,0000	3,0052	2,5826	2,7818	2,8081	2,7244	2,9946	2,2889
Recents Australie	3,3860	2,6037	2,6222	2,1122	1,9167	1,7364	2,5905	0,0000	0,0000	1,7111	2,3943	2,3740	2,1409	2,3264	1,9287
Recents Mélanésie	2,9133	2,2683	2,3235	2,4795	2,3658	1,3410	2,1722	2,5826	1,7111	0,0000	2,0904	1,7367	1,7122	1,9050	1,5129
Recents Thaïlande	1,9209	1,5363	1,3798	2,0884	2,6088	1,8311	1,8222	2,7818	2,3943	2,0904	0,0000	1,7627	1,4946	1,7387	1,8677
Recents Vanuatu	2,8252	2,2113	1,8125	2,2365	2,3441	1,8506	2,0398	2,8081	2,3740	1,7367	1,7627	0,0000	1,8859	1,8106	1,5024
Recents Vietnam	2,4198	1,9951	1,5836	2,1216	2,3852	1,5815	1,6792	2,7244	2,1409	1,7122	1,4946	1,8859	0,0000	1,5587	1,5859
Recents Wallace	2,4897	1,7176	1,5168	1,9971	2,3634	1,5506	1,5664	2,9946	2,3264	1,9050	1,7387	1,8106	1,5587	0,0000	1,5306
Recents Indonésie Occid.	2,7482	1,8469	2,0851	1,7218	1,7612	1,1442	1,5158	2,2889	1,9287	1,5129	1,8677	1,5024	1,5859	1,5306	0,0000

**Tableau 5 : Distances de Mahalanobis avec le facteur « chrono-géographique 1 » pour les M<sub>1</sub>.**

	Début Holocène Vietnam	Métal Sulawesi	Métal Thaïlande	Métal Vietnam	Milieu Holocène ASE insulaire	Milieu Holocène Vietnam	Négritos Philippines	Néolithique ASE continentale	Recents Australie	Recents Java	Recents Luzon	Recents Malaisie	Recents Mélanésie	Recents Sulawesi	Recents Thaïlande
Début Holocène Vietnam	0,0000	2,2463	2,2327	2,2029	1,7670	1,2280	2,0747	1,4180	2,1072	1,8222	2,2739	1,9617	2,1176	2,3431	1,9235
Métal Sulawesi	2,2463	0,0000	1,8914	2,5521	2,4804	2,4495	2,9305	2,0285	2,8056	2,6991	2,8190	2,5452	1,8882	2,8444	2,4316
Métal Thaïlande	2,2327	1,8914	0,0000	1,9132	2,8938	2,6555	2,0098	1,6216	2,1428	1,7114	2,2830	2,1001	1,5614	2,2216	2,0721
Métal Vietnam	2,2029	2,5521	1,9132	0,0000	2,6718	2,6602	2,6465	1,8100	2,1510	1,9453	2,3344	1,8786	1,3802	1,7576	1,6098
Milieu Holocène ASE insulaire	1,7670	2,4804	2,8938	2,6718	0,0000	2,0150	2,9405	1,9026	2,2588	2,4224	2,3154	2,6004	2,3030	2,4856	2,1578
Milieu Holocène Vietnam	1,2280	2,4495	2,6555	2,6602	2,0150	0,0000	2,4089	2,0796	2,5377	2,1970	2,7899	2,4190	2,2922	2,3200	2,4943
Négritos Philippines	2,0747	2,9305	2,0098	2,6465	2,9405	2,4089	0,0000	1,9407	2,1277	1,6185	2,5007	2,5477	2,6279	2,2927	2,4800
Néolithique ASE continentale	1,4180	2,0285	1,6216	1,8100	1,9026	2,0796	1,9407	0,0000	1,3054	1,2466	1,3210	1,8576	1,7176	1,6862	1,4195
Recents Australie	2,1072	2,8056	2,1428	2,1510	2,2588	2,5377	2,1277	1,3054	0,0000	1,3896	1,0078	2,3841	1,9194	1,5236	1,5957
Recents Java	1,8222	2,6991	1,7114	1,9453	2,4224	2,1970	1,6185	1,2466	1,3896	0,0000	1,6760	1,6092	1,7628	1,3661	1,5728
Recents Luzon	2,2739	2,8190	2,2830	2,3344	2,3154	2,7899	2,5007	1,3210	1,0078	1,6760	0,0000	2,7208	2,0658	1,7457	1,6705
Recents Malaisie	1,9617	2,5452	2,1001	1,8786	2,6004	2,4190	2,5477	1,8576	2,3841	1,6092	2,7208	0,0000	1,9493	2,1919	2,0505
Recents Mélanésie	2,1176	1,8882	1,5614	1,3802	2,3030	2,2922	2,6279	1,7176	1,9194	1,7628	2,0658	1,9493	0,0000	1,7100	1,5460
Recents Sulawesi	2,3431	2,8444	2,2216	1,7576	2,4856	2,3200	2,2927	1,6862	1,5236	1,3661	1,7457	2,1919	1,7100	0,0000	1,8496
Recents Thaïlande	1,9235	2,4316	2,0721	1,6098	2,1578	2,4943	2,4800	1,4195	1,5957	1,5728	1,6705	2,0505	1,5460	1,8496	0,0000

**Tableau 6 : Distances de Mahalanobis avec le facteur « chrono-géographique 2 » pour les M<sub>1</sub>.**

	Métal Sulawesi	Métal Thaïlande	Métal Vietnam	Millieu Holocène ASE cont.	Négritos	Neol. ASE cont.	Pleisto sup/Deb.Holocène ASE cont	Preneo. ASE insulaire	Recents Australie	Recents Mélanésie	Recents Thaïlande	Recents Vietnam	Recents Wallace	Recents Indonésie Occid.
Métal Sulawesi	0,0000	1,7203	2,0908	1,9682	2,7374	1,5776	1,8197	2,2652	2,3741	2,1839	2,0576	1,9602	2,1116	1,7960
Métal Thaïlande	1,7203	0,0000	1,4743	1,8801	2,5790	1,1918	1,5830	2,3601	1,7898	1,9928	1,8575	1,5790	1,6661	1,2754
Métal Vietnam	2,0908	1,4743	0,0000	1,9131	2,8505	1,5790	1,8925	2,5447	2,1928	2,6054	1,7186	1,9261	2,2209	1,8020
Millieu Holocène ASE cont.	1,9682	1,8801	1,9131	0,0000	2,3188	1,6489	1,2046	2,2060	2,3348	2,2484	2,3960	2,0772	2,0764	1,7161
Négritos	2,7374	2,5790	2,8505	2,3188	0,0000	2,4286	2,4736	2,7437	2,0741	2,0044	3,0059	2,5575	2,9737	2,3504
Neol. ASE cont.	1,5776	1,1918	1,5790	1,6489	2,4286	0,0000	1,4982	1,9624	1,8352	1,9903	1,9528	1,5132	1,5815	1,1637
Pleisto sup/Deb.Holocène ASE cont	1,8197	1,5830	1,8925	1,2046	2,4736	1,4982	0,0000	2,2442	2,1752	2,0723	2,3131	1,9748	1,9126	1,3068
Preneo. ASE insulaire	2,2652	2,3601	2,5447	2,2060	2,7437	1,9624	2,2442	0,0000	2,5181	2,3907	2,7282	1,9236	2,4674	1,8577
Recents Australie	2,3741	1,7898	2,1928	2,3348	2,0741	1,8352	2,1752	2,5181	0,0000	1,2548	2,2653	1,9364	2,2112	1,3054
Recents Mélanésie	2,1839	1,9928	2,6054	2,2484	2,0044	1,9903	2,0723	2,3907	1,2548	0,0000	2,3010	1,7173	2,3684	1,5357
Recents Thaïlande	2,0576	1,8575	1,7186	2,3960	3,0059	1,9528	2,3131	2,7282	2,2653	2,3010	0,0000	2,0304	2,1488	1,9731
Recents Vietnam	1,9602	1,5790	1,9261	2,0772	2,5575	1,5132	1,9748	1,9236	1,9364	1,7173	2,0304	0,0000	2,0122	1,5439
Recents Wallace	2,1116	1,6661	2,2209	2,0764	2,9737	1,5815	1,9126	2,4674	2,2112	2,3684	2,1488	2,0122	0,0000	1,4045
Recents Indonésie Occid.	1,7960	1,2754	1,8020	1,7161	2,3504	1,1637	1,3068	1,8577	1,3054	1,5357	1,9731	1,5439	1,4045	0,0000

**Tableau 7 : Distances de Mahalanobis avec le facteur « chrono-géographique 1 » pour les M<sub>2</sub>.**

	Début Holocène Vietnam	Métal Sulawesi	Métal Thaïlande	Métal Vietnam	Millieu Holocène ASE insulaire	Millieu Holocène Vietnam	Négritos Philippines	Néolithique Vietnam	Recents Australie	Recents Bornéo	Recents Java	Recents Mélanésie	Recents Sulawesi	Recents Thaïlande	Recents Vietnam
Début Holocène Vietnam	0,0000	1,5605	1,7360	1,9476	2,1953	1,2254	2,5385	1,7232	2,1039	2,0273	1,4545	2,1195	2,2873	2,0757	1,7529
Métal Sulawesi	1,5605	0,0000	1,6447	1,9282	2,2726	1,6462	2,6202	1,6528	2,2763	2,4887	1,8105	2,4300	2,3416	1,7255	1,7515
Métal Thaïlande	1,7360	1,6447	0,0000	1,4050	2,5244	1,9518	2,6233	1,4564	1,7435	2,0389	1,4330	2,2124	2,0813	1,7660	1,5772
Métal Vietnam	1,9476	1,9282	1,4050	0,0000	2,6086	1,8387	2,8217	1,4908	2,0835	2,2291	1,9132	2,7714	2,5182	1,7026	1,8477
Millieu Holocène ASE insulaire	2,1953	2,2726	2,5244	2,6086	0,0000	2,4371	2,7535	2,3545	2,6275	2,2151	2,4288	2,8527	3,1167	2,7727	2,0220
Millieu Holocène Vietnam	1,2254	1,6462	1,9518	1,8387	2,4371	0,0000	2,5137	1,6684	2,3306	2,5153	1,8159	2,5632	2,2930	2,2748	2,0146
Négritos Philippines	2,5385	2,6202	2,6233	2,8217	2,7535	2,5137	0,0000	2,5427	1,9455	2,9762	2,2500	1,9178	3,4211	2,9806	2,4960
Néolithique Vietnam	1,7232	1,6528	1,4564	1,4908	2,3545	1,6684	2,5427	0,0000	2,0276	2,4581	1,3527	2,4153	2,2151	1,8523	1,5837
Recents Australie	2,1039	2,2763	1,7435	2,0835	2,6275	2,3306	1,9455	2,0276	0,0000	1,7765	1,4696	1,3166	2,5732	2,1001	1,9303
Recents Bornéo	2,0273	2,4887	2,0389	2,2291	2,2151	2,5153	2,9762	2,4581	1,7765	0,0000	2,1759	2,4463	2,7147	2,2664	2,1521
Recents Java	1,4545	1,8105	1,4330	1,9132	2,4288	1,8159	2,2500	1,3527	1,4696	2,1759	0,0000	1,6609	1,8318	1,9639	1,7755
Recents Mélanésie	2,1195	2,4300	2,2124	2,7714	2,8527	2,5632	1,9178	2,4153	1,3166	2,4463	1,6609	0,0000	2,9215	2,4070	2,0016
Recents Sulawesi	2,2873	2,3416	2,0813	2,5182	3,1167	2,2930	3,4211	2,2151	2,5732	2,7147	1,8318	2,9215	0,0000	2,1731	2,4918
Recents Thaïlande	2,0757	1,7255	1,7660	1,7026	2,7727	2,2748	2,9806	1,8523	2,1001	2,2664	1,9639	2,4070	2,1731	0,0000	1,9506
Recents Vietnam	1,7529	1,7515	1,5772	1,8477	2,0220	2,0146	2,4960	1,5837	1,9303	2,1521	1,7755	2,0016	2,4918	1,9506	0,0000

**Tableau 8 : Distances de Mahalanobis avec le facteur « chrono-géographique 2 » pour les M<sub>2</sub>.**

Groupes, points de passage et d'origine	Latitudes (N)	Longitudes (E)	Ages
<i>Groupes</i>			
Début Holocène Vietnam	20°47'58.06"	105°15'25.54"	7900 (M <sub>2</sub> : 7640)
Métal Philippines	13°42'48.66"	121°9'22.62"	1800
Métal Sulawesi	-4°16'33.15"	120°0'47.02"	2000
Métal Thaïlande	15°16'20.13"	102°19'25.63"	2400
Métal Vietnam	20°47'58.06"	105°15'25.54"	2080 (M <sub>2</sub> : 2140)
Milieu Holocène ASE insulaire	-8°40'45.99"	116°30'25.56"	4500 (M <sub>2</sub> : 4400)
Milieu Holocène Vietnam	20°47'58.06"	105°15'25.54"	5500
Négritos Philippines	15°4'28.56"	121°22'5.87"	1
Néolithique ASE continentale	20°47'58.06"	105°15'25.54"	M <sup>1</sup> : 3440 ; M <sub>1</sub> : 3470
Néolithique Thaïlande	15°16'20.13"	102°19'25.63"	3000
Néolithique Vietnam	20°47'58.06"	105°15'25.54"	3600
Récents Australie	-23°58'28.07"	133°54'10.19"	1
Récents Bornéo	0°33'35.96"	114°10'29.32"	1
Récents Java	-7°33'1.63"	110°38'45.05"	1
Récents Luzon	14°24'49.62"	121°23'10.24"	1
Récents Malaisie	1°18'26.08"	103°52'27.83"	1
Récents Mélanésie (Bismarck)	-4°22'45.47"	152°23'2.41"	1
Récents Sulawesi	-2°3'48.42"	120°14'8.38"	1
Récents Sulu	6°1'37.54"	121°4'28.74"	1
Récents Thaïlande	13°40'25.87"	100°25'16.42"	1
Récents Vanuatu	-16°45'40.78"	168°14'52.49"	1
Récents Vietnam	17°16'51.97"	106°34'13.84"	1
<i>Points de passage</i>			
Sud Thaïlande	13°35'33.68"	99°23'10.21"	
Malaisie Péninsulaire	4°43'40.58"	101°54'23.22"	
Taïwan	23°39'1.80"	120°48'38.78"	
Luzon	14°9'33.12"	121°14'32.90"	
Sud de Palawan	8°10'24.78"	117°12'36.64"	
Sud Mindanao	7°38'19.95"	125°23'40.26"	
Timor	-9°20'40.46"	125°8'3.66"	
Nouvelle-Guinée	-3°37'2.51"	135°20'47.47"	
<i>Points d'origine</i>			
Première vague	16°24'46.40"	97°22'15.62"	
Deuxième vague	24°29'43.55"	112°55'36.63"	

**Tableau 9 : Ages et coordonnées géographiques des groupes, points de passage et points d'origine des vagues de migrations. Données utilisées pour les modélisations.**



# ANNEXE 3

---

## ARTICLE 1

Rank identification of isolated modern human molars: testing Procrustes aligned outlines as  
a standardization procedure for elliptic Fourier analysis

Corny & Détroit

(soumis en janvier 2013 à *l'American Journal of Physical Anthropology*)







**Rank identification of isolated modern human molars:  
testing Procrustes aligned outlines as a standardization  
procedure for elliptic Fourier analysis**

Journal:	<i>American Journal of Physical Anthropology</i>
Manuscript ID:	Draft
Wiley - Manuscript type:	Research Article
Date Submitted by the Author:	n/a
Complete List of Authors:	Corny, Julien; Università degli Studi di Ferrara, Dipartimento di Biologia ed Evoluzione; Muséum national d'Histoire naturelle, UMR 7194 CNRS - Département de Préhistoire
Key Words:	dental anatomy, tooth recognition, normalization, geometric morphometrics

SCHOLARONE™  
Manuscripts

Title: Rank identification of isolated modern human molars: testing Procrustes aligned outlines as a standardization procedure for elliptic Fourier analysis

Author's name: Julien CORNY<sup>1,2</sup>, Florent DÉTROIT<sup>2</sup>

Institutions: <sup>1</sup> Università di Ferrara, 44100 Ferrara, Italie

<sup>2</sup> UMR 7194 CNRS-Muséum national d'Histoire naturelle, 75005 Paris, France

33 text pages, 3 tables, 11 figures

Abbreviated title: Rank identification of human molars

Key words: dental anatomy, tooth recognition, normalization, geometric morphometrics

GRANT SPONSORSHIP: "SYNTHESESYS" GRANT 2011 (SYNTHESIS OF SYSTEMATIC RESSOURCES, THE EUROPEAN UNION-FUNDED INTEGRATED ACTIVITIES GRANT), "IUSS-FERRARA 1391" GRANT 2009 AND 2011 FOR MOBILITY RESEARCH.

## **Abstract**

The correct identification of isolated human teeth is a necessary step in forensic and paleoanthropological studies. However, the determination of the position of permanent human molars within their arches using standard criteria (visual quantification of dental features) is often difficult. In this paper, we propose to evaluate the ability of two-dimensional crown contour shape analysis for the determination of the rank of isolated modern human molars. The method is tested on 360 first and second mandibular and maxillary molars securely identified (in anatomical position in their sockets). Given the methodological constraints due to anatomy and attrition wear of the occlusal surface of human molars, generalized Procrustes superimposition (GPA) is used to normalize the contours prior to elliptic Fourier analyses (EFA). To evaluate the reliability and effectiveness of the procedure (combination of GPA and EFA), other methods of contour analyses are tested: normalized elliptic Fourier,

sliding semilandmarks and GPA of equidistantly spaced pseudolandmarks along the contour. Principal component analyses (PCA) are used to examine molar crown shape variability. Linear discriminant analyses (LDA) performed on principal component scores provide estimation of the rate of misclassifications. The results clearly demonstrate the effectiveness of crown contour analysis for the determination of the rank of isolated human molars: only 5.28% of 360 human molars were misclassified and 5% for the posterior assessment (predictive discriminant analysis) of 120 randomly selected specimens. Furthermore, our results indicate that the combination of GPA and EFA is an efficient procedure for contour shape analysis of human crowns when few anatomical landmarks are available.

“Because disassociated teeth are relatively abundant and because of their importance in osteological work in forensics, archeology, and paleontology, it is necessary to be able to identify isolated teeth fully and accurately” (White and Folkens, 2005). Unfortunately, if the identification of the classes of teeth is easily feasible (incisors, canine, premolar or molar), their precise position (or rank) within the class is often not fully secure (Fiorenza et al., 2010). The methods of rank identification of isolated human molars are mainly based on anatomical traits (of crowns and roots) that describe tendencies from first to third molars, with second molars generally exhibiting intermediate patterns (Gründler, 1976; Fuller et al., 2001; Hillson, 1996; White and Folkens, 2005; Scheid and Weiss, 2011). First maxillary molars ( $M^1$ ) crowns have generally four developed cusps and a rhomboidal shape in occlusal view. Second maxillary molars ( $M^2$ ) have a more irregular shape, are usually smaller, especially for the mesiodistal diameter of the crown. They also tend to have a smaller distolingual cusp that is occasionally missing, giving in this case a more heart-shaped type in occlusal view. First mandibular molars ( $M_1$ ) have usually five developed cusps and are larger than second mandibular molars ( $M_2$ ), the latter having more commonly four cusps arranged symmetrically. However, the high morphological variability of human teeth (Scheid and Weiss, 2011) makes difficult the visual estimation of the relative development of these key anatomic features for the identification of isolated teeth (Fiorenza et al., 2010). This is the case for modern human maxillary and mandibular permanent molars for which the first and second molars often exhibit very close morphologies (Gründler, 1976; Hillson, 1996; Fuller et al., 2001; White and Folkens, 2005). The third molars generally have a combination of singular anatomical traits that make their determination easier. Such traits include small dimensions, very irregular shape, various cusps number, particular groove pattern, lack of distal wear facets (Gründler, 1976; Hillson, 1996; Fuller et al., 2001; White and Folkens, 2005; Scheid and Weiss, 2011).

Few alternative methods have been proposed to improve the rank identification of isolated human molars. Fiorenza et al. (2010) proposed a method based on occlusal wear facets to identify second and third maxillary molars. Morphometric methods have been investigated on root morphology in order to identify isolated molars (Sciulli and Murray, 1982), but the roots are rarely fully preserved in archaeological contexts. No literature data were found about morphometric methods developed on modern human molar crowns for their anatomical identification, although previous studies and descriptions yields promising results concerning shape differences between crown contours of the three types of molars (Bouville, 1978; Yamada and Brown, 1988; Scheid and Weiss, 2011).

### **Methodological challenges for contour analyses of human teeth**

Outlines can be analysed by morphometric methods involving homologous landmarks and/or “homology-free” methods. The former are difficult to apply for contour analyses of human molars crowns because of the lack of homologous landmarks on the structure. Although several anatomical landmarks are identifiable on newly erupted molars (Biggerstaff, 1969; Robinson et al., 2001, 2002), their location is much more complicated to identify on worn or badly preserved teeth, which is generally the case in archaeological and paleontological samples. Indeed, landmarks defined as the tip of cusps or those located on primary and secondary grooves (including the central pit) often disappear of the occlusal surface because of occlusal wear (Smith, 1984; Robinson et al., 2001, 2002). In order to limit constraints due to occlusal wears, one can focus on landmarks defined along the outline of molars, at the junction between two cusps. Here, two problems occur as well: the number of cusps on molars crown is variable (for example hypocone is sometimes totally absent for the M<sup>2</sup>; Biggerstaff, 1969) and interproximal contact facets, which are present on nearly every molars from adult individuals (at various stages), make difficult the accurate location of homologous landmarks at the junction between the two mesial and distal cusps (Fig. 1).

Fourier series and especially elliptic Fourier analyses (EFA) are frequently used to study biological structures without or few homologous landmarks (Lestrel, 1997, 2004; Kuhl and Giardina, 1982). Numbers of works demonstrated the efficiency of EFA for taxonomic identification of biological organisms and/or quantification of phenotypic variation and differences at interspecific level (*e.g.* Rohlf and Archie, 1984; Michaux et al., 2007; Lestrel et al., 2010; Soares et al., 2011; Valenzuela-Lamas et al., 2011) as well as population or sexual identification at intraspecific level (*e.g.* Ferson et al., 1985; Yoshioka et al., 1994; Chen et al., 2000; Polihronakis, 2006; Renaud and Michaux, 2007; Costa et al., 2009; Cucchi et al., 2009; Kamilari and

Sfenthourakis, 2009; Thayer and Dobson, 2010; Lestrel et al., 2011). Shape analyses of biological structures generally include a procedure of normalization of the specimens (normalization = “positional-orientation” and “size-standardization”; Lestrel, 1997). The most frequently used method for normalization of elliptic Fourier descriptors involves the orientation of the major axis of the first ellipse parallel to the x axis of an X-Y coordinate system (Kuhl and Giardina, 1982). However, the lack of biological significance of this procedure is frequently quoted (McLellan and Endler, 1998; Frieß and Baylac, 2003; Cardini and Slice, 2004; Baylac and Frieß, 2005). This method is not adapted to outline analysis of human molars because their shape is not characterized by a strong and constant (*i.e.* homologous) major axis. Consequently, crown morphological variations such as the differential extension of certain cusps as well as eventual additional cusps can considerably influence the location of the major axis on the crown. To remove the dependence over a particular axis, other methods of normalization prior to elliptic Fourier analyses have been proposed, such as the alignment of the specimens by the baseline superimposition method (Cardini and Slice, 2004; Sanfilippo et al., 2010; Soares et al., 2011) or by Procrustes superimposition of multiple landmarks (Frieß and Baylac, 2003; Baylac and Frieß, 2005). Nevertheless those methods still rely on at least two landmarks, and as mentioned previously, landmarks are difficult to define on the occlusal surface of human molars. Consequently, constraints due to anatomical features and wear patterns of occlusal surfaces of definitive human molars lead us to the development of a procedure of normalization of EFA that is independent of occlusal structures and which assume the definition of few or no homologous landmarks on the crown.

In the present study, we evaluate the performance of crown contour shape analyses in determining the position of isolated permanent human molars in the arches. A set of first and second mandibular and maxillary molars (referred to as  $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M^1$ ,  $M^2$ ) was analysed by EFA, using a new procedure of normalization: the residuals of a generalized Procrustes analysis (GPA; Gower, 1975; Rohlf and Slice, 1990; Mitteroecker and Gunz, 2009) performed on 79 equidistantly spaced pseudolandmarks positioned along the outline are used as input for EFA. Four other methods of contour analyses were applied to the same data set in order to evaluate empirically their respective reliability and to compare the results with those obtained with our method of normalization of elliptic Fourier descriptors. Principal component analyses (PCA) are used to determine the patterns of shape variability of human molars. Misclassification rates obtained by linear discriminant analyses (LDA) provide an estimation of the suitability of the protocol for rank identification of isolated molars as well as objective data to compare and discuss the efficiency of each method of contour analysis.

## MATERIAL AND METHODS

A sample of 360 non-isolated permanent *Homo sapiens* molars representing four groups is used: 90 left M<sup>1</sup>, 90 left M<sup>2</sup>, 90 right M<sub>1</sub> and 90 right M<sub>2</sub>. The 360 molars were randomly sampled among a larger sample constituted in the frame of a research project on the population history of Southeast Asian *Homo sapiens*. Therefore, the sample includes prehistoric Southeast Asian specimens and comparative modern series from Southeast Asia, Australia and Melanesia (Table 1).

For specimens where molars were absent or damaged on the left side of the maxillary or on the right side of the mandible, antimeres were used. All molars included in this study are still implanted in the sockets of maxillaries and mandibles to ensure their correct identification. Molars included in the sample do not exceed occlusal wear stage 4 of Smith table (1984) and present no to moderate interproximal wear.

### Data acquisition

Two-dimensional representation of the crown is obtained by photographs of the occlusal view of the molars. A systematic protocol was followed for the transformation of three-dimensional objects (molars in this study) into two-dimensional representations (pictures) in order to limit optical deformations and parallax errors. The orientation of the molar is adjusted with regard to the horizontality of the cemento-enamel junction (Wood and Abbott, 1983; Martínón-Torres et al., 2006; Gómez-Robles et al., 2007, 2008; Souday, 2008), which is controlled with a laser level (Souday, 2008). The orientation of the lens was controlled with a bubble level positioned on the camera. After testing several combinations of focal lengths and distances between the tooth and the camera (Kodak EasyShare ZD710), it was found that a distance of 30 cm between the camera and the molars coupled with a zoom of 128 mm greatly minimize the optical deformations due to the lens of the camera. Those parameters were thus systematically followed for all acquisitions.

To draw the maximum outline of the molars in occlusal view, the interproximal contact facets were corrected following the protocol described by Wood and Abbott (1983). Seventy-nine equally linearly-spaced points along the contour were digitized by using tpsDig2.12 (Rohlf, 2008a). The starting point of the curves is the only reliable homologous landmark that was possible to identify on the four molars (Fig. 1). This landmark is defined as the junction of the two buccal cups on the contour.

### **EFA on Procrustes aligned outlines (EFAproc)**

The method which is tested in this paper includes a generalized Procrustes analysis (GPA; Gower, 1975; Rohlf and Slice, 1990; Mitteroecker and Gunz, 2009) performed on the two-dimensional raw coordinates (X, Y) of 79 equilinearly spaced pseudolandmarks along the outline. This isometric procedure allows the normalization of the specimens for size (scaled to unit centroid size), position (aligned on their centroid) and orientation (iterative algorithm to minimize the sum of squared distance between the homologous points). Tangent space projections of the Procrustes shapes coordinates are used as input for EFA.

Fourier series are based on the decomposition of a periodic function (here, the periodic signal is the contour of the molar crown) into a sum of harmonically related cosine and sine waves. A particular harmonic is a combination of one cosine and one sine wave of same frequency, the fundamental frequency corresponding to the first harmonic. Harmonics are related because they successively provide frequencies which are multiples of the fundamental frequency (2<sup>nd</sup> harmonic = fundamental frequency x 2, 3<sup>rd</sup> harmonic = fundamental frequency x 3, etc). Elliptic Fourier analyses (EFA) are based on two parametric equations that describe separately the incremental changes along the contour of X and Y coordinates respectively, resulting in a decomposition of two periodic functions by the Fourier series (Kuhl and Giardina, 1982; see Lestrel, 1997 and Lestrel et al., 2004 for the theoretical frame in biology). The position of the outline is yielded by the coefficients  $a_0$  and  $c_0$ . Then, each harmonic provides 4 cosine and sine coefficients ( $a_n$ ,  $b_n$ ,  $c_n$ ,  $d_n$ ) which contain the amplitude and phase parameters defining an ellipse on the X/Y plane. The first harmonic represents the ellipse that best fit the original shape, then the higher is the harmonic rank, the smaller is the ellipse (see illustrations in Schmittbuhl et al., 2003). According to the Nyquist criterion, the maximum number of harmonics should not exceed half the number of points that describe the outline (Lestrel, 1997). The addition of every harmonics (39 in the present study) will represent the original shape. The power is a measure of the variance explained by the harmonics and is defined as half the square of the amplitudes (Lestrel, 1997; Lestrel et al., 2004). The cumulative power allows the quantification of shape information provided by a cumulative number of harmonics.

GPA and EFA were performed in *R* (R Development Core Team, 2012) with the *procGPA* (*shapes* package; Dryden, 2012), *efourier* and *iefourier* functions (Claude, 2008).

### **Measurement error**

Measurement errors are coming from several sources (Zelditch, 2004; Souday, 2008). The optical system causes parallax errors (due to inconstant position, orientation and/or distance of the specimens relative to

the camera) and optical deformations (depending of the lens property of the camera). The digitization is another source of errors which occur during the manual tracing of the crown outline (especially the correction of interproximal contact facets) and the positioning of the starting point (homologous landmark). Because of the difficulty to distinguish between those different sources of error, a global measurement error was calculated. The measurement error was assessed by repeating 3 times (non-consecutively) the entire process of data acquisition on 25 first upper molars. Model II Analysis of Variance (ANOVA) was used to partition the total variance of elliptic Fourier coefficients into among-individual (3 repetitions of 25 individuals = 75 measurements) and within-individual (three repetitions of each individual) variances according to the protocol proposed by Bailey and Byrnes (1990).

Measurement error is expected to progressively increase with harmonic rank because higher is the harmonic rank and smaller the details of the shape are represented. Hence, we decided to test the measurement error on the harmonic coefficients that represent a cumulative power of 99.99%, assuming that measuring the error on harmonics representing a cumulative power of less than 0.01% do not have a real signification for the assessment of the suitability of the protocol of data acquisition. A cumulative power of 99.99% is reached by cumulating the first five harmonics (five harmonics were also retained by Athreya, 2006 to test the measurement error). The proportion of variance linked to the repetition of the entire protocol on 25 specimens is much below 10% for most of the coefficient of the first five harmonics (Table 2), meaning that the potential impact of measurement error on the total variance is low. It is worth to note that the totality of the harmonics (= the totality of the shape information) are retained for the following analyses in order to have a similar amount of shape information when comparing different methods of contour analyses (e.g. Procrustes residuals from sliding procedures).

### **Methods of contour analysis used for comparison**

**Normalized Elliptic Fourier (NEF).** This method includes the normalization of the contour for orientation, position and size (Kuhl and Giardina, 1982). The major and minor axes of the first ellipse (= first harmonic) define an X/Y coordinate system (semimajor ellipse = positive X axis) which gives a common orientation to every specimens. The translation is obtained by setting  $a_0$  and  $c_0$  coefficients to 0 while the scaling is obtained by setting the magnitude of the semimajor axis of every outlines to the same size. The NEF method was performed on the set of 79 equally linearly-spaced points sampled along the outlines. The first harmonic was removed for statistical analyses because of the degeneration of its first, second and third coefficients due to the



normalization process (Kuhl and Giardina, 1982). The *NEF* function (Claude, 2008) was used to generate the NEF coefficients.

***GPA on the points sampled along the outlines (PROC).*** The superimposition is carried on 79 equilinearly spaced pseudolandmarks positioned along the outline. Procrustes shape coordinates are used directly for statistical analyses. Procrustes shape coordinates are generated by the *procGPA* function of the R package *shapes* (Dryden, 2012).

***Sliding semilandmarks methods (SlidBE and SlidD).*** The extension of morphometric methods based on homologous landmarks to points sampled along a curve (semilandmarks) involves algorithms which allow semilandmarks to slide along the tangential direction of the curve (Mitteroecker and Gunz, 2009). Different algorithms have been proposed to slide the semilandmarks. The two mainly used algorithms aim at minimizing either the Procrustes distance (“SlidD”; Sheets et al., 2006; Bernal, 2007; Gómez-Robles et al., 2007, 2011) or the bending energy (“SlidBE”; Bookstein, 1997; Pérez et al., 2006) between the reference curve and the target curves. These two criteria bear different results depending on the amount of morphological variation within the sample (Pérez et al., 2006). As the relative importance of the morphological variation among our total sample containing four types of molars was difficult to assess *a priori*, the SlidD and SlidBE methods have been tested. The starting point of the crown outlines was considered as homologous landmark and the 78 remaining points were allowed to slide along the outlines. Relative warps scores were used as shape data. *TpsRelw1.46* (Rohlf, 2008b) was used to slide the semilandmarks according to the two criteria (SlidD and SlidBE) and to obtain the relative warps scores from the partial warps scores.

### Statistical analyses

***Principal component analyses (PCA).*** PCA reduces the dimensionality of the original data by maximizing the total variance/covariance matrix onto successive orthogonal linear combinations (principal components; PCs) of the variables (Reyment et al., 1984; Strauss, 2010). In the present study, PCA are used to reduce the data obtained from EFAProc, NEF and PROC methods. In addition, the mutual uncorrelation of the new PCs is a very useful property for EFA because Fourier coefficients are highly collinear. The reduction of the dimensionality of the data obtained with the two sliding semilandmarks algorithms is performed by relative warps analyses, which are actually PCA performed on the partial warps scores (Gómez-Robles et al., 2007). To systematize the comparison of the different methods, the number of PCs (or relative warps) needed to account

for 99.9% of the total variance was retained for further analyses. Shape changes observed along PC axes will provide a precise quantification and description of the morphological variability and differences between molars.

**Linear discriminant analyses (LDA).** This method redistributes the variance contained in the original data onto successive linear combinations of variables by maximizing the ratio of among group/within group variance (Strauss, 2010). Groups are defined prior to the analysis. We used four groups corresponding to the four types of molars ( $M_1$ ,  $M_2$ ,  $M^1$ ,  $M^2$ ), every specimen being undoubtedly identified. Principal components scores were used as input data for LDA. The percentage of estimated misclassification after cross-validation (“leave one individual out”) is used as the indicator of the efficiency of the methods to identify the rank of human molars. Given that LDA is highly sensitive to the ratio between the number of variables and the number of individuals (Kovarovic et al., 2011; Mitteroecker and Bookstein, 2011; Evin et al., 2013), the cumulative number of PCs that provided the lower misclassification rate was selected for each method of contour analysis (Sheets et al., 2006; Chiari and Claude, 2012; Evin et al., 2013).

LDA are first performed on the totality of the sample (90  $M_1$ , 90  $M_2$ , 90  $M^1$ , 90  $M^2$ ) for every methods to assess their ability to determine the rank of human molars. Then, because the main objective of this study is to test the performance of the methods in the rank identification of isolated molars, 120 molars (30  $M_1$ , 30  $M_2$ , 30  $M^1$ , 30  $M^2$ ) are randomly selected among the original sample and artificially considered as unidentified. The remaining 240 specimens (60  $M_1$ , 60  $M_2$ , 60  $M^1$ , 60  $M^2$ ) are used as reference specimens to perform a predictive linear discriminant analysis (PDA) on the 120 “unknown” specimens. The percentage of misclassified molars obtained by the PDA of the 120 molars is compared among the cumulative number of PCs.

## RESULTS

### Molars crown shape variations with EFAproc

In the PCA performed on the EFAproc shape data (Fig. 2), the first PC (PC1) which accounts for 66.21% of the total variance, represents principally variations of the mesiodistal axis elongation relative to the buccolingual extension. As expected, PC1 separates upper molars (UM) on the positive side of the axis from lower molars (LM) on the negative side of the axis. Along PC1,  $M^1$  tend to plot around the lowest positive values while  $M^2$  tend to be in the highest positive values. This result shows that compared to  $M^2$ ,  $M^1$  tend to be more elongated mesiodistally. PC2 (13.73% of the total variance) mainly shows the large shape variation of  $M^2$ ,

from a rectangular shape (negative side) to a shape characterized by pronounced mesiobuccal-distolingual diagonals (positive side). The third principal component (PC3) which accounts for 6.19% of the total variance, distinguishes upper and lower first molars, with  $M^1$  on the negative side and  $M_1$  on the positive side, while the second molars, especially  $M_2$ , are highly scattered. This result confirms that: (i)  $M^1$  tend to have a more squared crown shape than  $M^2$ , (ii) the half distal part of  $M_1$  crown is curved while  $M_2$  crown tends to be more rectangular (Fig. 3). The first plan of the PCA (PC1 vs. PC2), representing 80% of the total variance, indicates a considerably higher morphological variability for UM than LM.

### **Classifications and comparison of the methods**

**Linear discriminant analyses (LDA) of 360 molars.** Linear discriminant analyses performed on the totality of the sample provided low percentages of misclassifications after cross-validation for the EFAproc method as well as for the four other comparison methods (Fig. 4). The lowest rate of misclassifications is 5%, which represents a total of 18 misclassified molars. It is obtained with the SlidD method with the first 33 PCs. The EFAproc method shows a slightly higher misclassification rate (5.28% with 24 PCs) corresponding to one additional misclassified tooth compared to SlidD. The NEF method provides the highest percentage of misclassification, 6.39% with 23 PCs, corresponding to 23 errors of classification. Except for two individual cases (one for NEF and one for SlidD; Table 3), the molars are classified in their correct arch (upper or lower arch) and the misclassifications concern only the rank of the molars in the arch. For every method of contour analyses, UM are considerably better classified than LM. Between five (PROC) and nine (SlidBE) UM are misclassified while 12 (SlidD) to 17 (NEF) errors of classification occur for LM. The EFAproc method gives only 13 misclassifications for LM and six for UM.

The number of cumulated PCs needed to obtain the lowest classification rate is highly variable among the methods. The two methods involving Fourier descriptors, EFAproc and NEF, are optimal with respectively 23 and 24 PCs. The three Procrustes-based methods are more heterogeneous: SlidD reaches its lowest misclassification rate with 33 PCs, which is more than twice the number of PCs needed by the SlidBE (15 PCs). It is worth noting that the number of PCs needed to represent 99.9% of the total variance is highly variable among the different methods. However, the distributions of variance within the first ten PCs follow a comparable pattern for every method, except for the NEF method (Fig. 5). The EFAproc method reaches 99.9% of the variance with 36 cumulated PCs while PROC and SlidPROC need respectively 73 and 74 PCs.

Some specimens are misclassified in only one method of contour analysis. Careful observation of the crown morphology of those particular specimens was undertaken in order to better understand the sensibility of each method over particular morphological features. Almost all of those specimens exhibit additional or missing cusps and/or accessory tubercles (Table 3). Three out of the four second maxillary molars which are misclassified only in the NEF method present five cusps. Five-cusped  $M_2$  crowns result in a strong elongation in the mesiolingual/distobuccal diagonal of the crown in occlusal view (Fig. 6a). The SlidD method provides the lowest misclassification rate, however three specimens are misclassified only by this method (one first mandibular molar, one second mandibular molar, one first maxillary molar; Table 3): the  $M^2$  (V03), which is misclassified as  $M^1$ , has four well-developed cusps and an eminence on the lower part of the buccal face (Fig. 6b). The  $M_2$  (TH02), which is incorrectly classified as  $M^2$ , has a clearly low mesiodistal length proportionally to its buccolingual width (Fig. 6c). The  $M_1$  (V04) presents a very poorly developed hypoconulid (distal cusp), resulting in an almost typical  $M_2$  four-cusped shape (Fig. 6d). Two specimens are misclassified only by the PROC method. They exhibit a protoconule and a mesial accessory tubercle on the mesial marginal ridge of the  $M^1$  (S07; Fig. 6e), accentuating the buccolingual diameter proportionally to the mesiolingual one, and a metaconulid between the metaconid and the entoconid of the  $M_1$  (C01; Fig. 6f). Only 1 molar is misclassified only by the SlidBE method. This is a  $M_2$  (C02) with seven cusps which confer an elongated shape in the mesiodistal direction (Fig. 6g). Only one molar (WK1) is misclassified only by the EFAproc method. This famous Southeast Asian fossil, known for its particular robustness and large size (e.g. Jacob, 1967; Storm, 1995), presents a  $M^1$  with a particularly elongated shape in the buccolingual direction (Fig. 6h). The WK1  $M^1$  presents also a fissure in the lingual part of the occlusal surface which was corrected as precisely as possible when digitalizing the outline. As a result, the misclassification of the molar by the EFAproc method is therefore not necessarily linked to methodological bias but rather to its very particular features.

***Predictive discriminant analysis on 120 molars with the EFAproc method.*** In order to undertake a PDA on 120 randomly chosen molars, we first performed a LDA on a balanced reference sample of 240 specimens (60  $M^1$ , 60  $M^2$ , 60  $M_1$ , 60  $M_2$ ) considered as reference specimens. The lowest misclassification rate for the reference LDA is 3.75% and is obtained with 19 and 20 PC. The plot of the reference LDA (Fig. 7) shows a clear separation of the UM and LM along the first axis (76.83% of the variance). Along the second axis (12.93% of the variance), positive values correspond to nearly squared shapes that tend to have their larger mesiodistal dimension located on the lingual side of the crown while negative values correspond to more

rounded crowns which have their larger mesiodistal dimension located on the buccal side of the crowns. Accordingly,  $M^1$  are quite clearly separated from  $M^2$  along this axis, corresponding essentially to the high shape variability of the distolingual cusp (protocone) of the  $M^2$ . First maxillary molars are discriminated from the second along the third axis (7.89% of the variance) which describes clearly a tendency towards five-cusped crowns for the  $M_1$  (negative values), while the  $M_2$  exhibit a more angular pattern of the mesial, distal and lingual sides and are mainly distributed in the positive side of the axis.

The PDA performed on the 120 virtually unidentified specimens misclassified only 5% of the molars (= six specimens: two first mandibular molars, one second mandibular molar, one maxillary molar, two second maxillary molars) with 15, 16, 17 and 24 PCs (Fig. 8). Globally, the misclassification rates obtained for “unidentified” and reference specimens are close along the different combinations of PCs (Fig. 8).

## **DISCUSSION**

### **Classification rates**

The low misclassification rates obtained with the LDA applied on the totality of the specimens (360 molars) clearly demonstrates the efficiency of crown contour analyses for the determination of the rank of human molars. After the confirmation of a clear biological signal of the crown contours for molars rank identification, it was necessary to test a protocol for the identification of isolated molars. A PDA was performed on virtually non-identified specimens according to the protocol described by Chiari and Claude (2012). The slight differences between the misclassification rates obtained with the posterior assessment of the 120 virtually non-identified specimens and the 240 referenced specimens (Fig.8) lead to the choice of an appropriate number of PCs in order to optimize the identification. We considered logically that the adequate number of PCs to be retained is the one which provide the lowest misclassification rate for the unknown specimens (=120 specimens) with a percentage of misclassification of the referenced specimens as low as possible. Here, 17 PCs were taken into account because this combination provides the lowest percentage of misclassification of referenced specimens (5%) among the four combinations of PCs (15, 16, 17, 24 PCs) which provided the best score (5%) for the posterior assessment of 120 “unidentified” specimens. The classification rate of 5% obtained with 17 PCs, corresponding only to six misclassifications out of 120 specimens, is considered as very satisfying.

### Shape features increasing misclassifications

Additional or missing features (cusps and/or accessory tubercles) on molars crowns appear to be the most important factors responsible for the misclassification of the molars. This interpretation is supported by the visual inspection of the molars which are misclassified in every method of contour analyses (Table 3). Indeed, the fact that some molars are misclassified by every method indicates that the biological crown features which cause error of classification are not linked to eventual bias or sensibility of some methods over particular crown features. Most of the nine molars that are misclassified in every method of contour analyses (three second maxillary molars, two first mandibular molars, four second mandibular molars) exhibits additional or missing cusps or tubercles. The arrangement of the cusps (four or six cusps) of the misclassified  $M_1$  gives a quite rectangular crown contour shape that is close to the classical  $M_2$  morphology (Fig. 9a). The misclassified  $M_2$  have a five-cusped crown, typical of  $M_1$  morphology (Fig. 9b). Some additional features concerning the  $M^2$  crown morphology results in a more pronounced mesiodistal diameter which confers a more squared shape to the crown, close to the typical  $M^1$  morphology (Fig. 9c). For the latter, additional features increases the buccolingual dimensions of the  $M^1$  crowns, conferring a crown shape close to the typical  $M^2$  morphology (Fig. 6e).

Surprisingly, LM have a lower overall shape variability than UM (Fig. 2) whereas the cusp number is much more variable for LM than UM (Table 3). Given that LM have clearly higher misclassification rates than UM (Table 3), additional or missing cusps are probably the main factor influencing the misclassification of the molars. Given that LM have clearly higher misclassification rates than UM (Table 3), additional or missing cusps are probably the main factor influencing the misclassification of the molars. Gómez-Robles et al. (2011) have already stressed technical limitations inherent to outline-based analyses of human molars concerning four and five-cusped  $M_2$  crowns. Additionally, the degree of development of the distal interproximal contact facet of the  $M_1$  is probably an important factor of misclassification for the LM: the integrity of the crown contour is more affected by the distal contact facet than other molars (e.g. hypoconulid reduction), leading to increased extrapolation when the observer draw the outline of the crown (Fig. 1).

It might be argued that shape features increasing misclassification rates are close to those encountered by standard tooth identification criteria of crown features. However, some of the molars that are correctly classified by the method based on contour analyses would have been extremely difficult to identify on the basis of visual inspection only (Fig. 10). Indeed, contour analyses of human crowns allow quantifying and comparing

low morphological variations (Bernal, 2007) with better accuracy than this would be possible by analysis of discrete traits (Bailey and Lynch, 2005). Inversely, some molars that are misclassified by crown contours analyses are likely to be correctly identified by simply observing morphological crown features (Fig. 6c-6e-6f-9c). This might be a consequence of some morphological variations localised primarily on the occlusal features, that have only a weak impact on the outline morphology (Gómez-Robles et al., 2011). The two methods (contour shape analysis and visual assessment of morphological features) are complementary and the rank assessment of isolated human molars would be optimal by crossing information from the two methods. Nevertheless, our outline-based method is clearly less sensitive to observer effects because personal interpretations of the relative development of discrete crown features and advanced dental anatomy knowledge are not involved in the analytical process. Moreover, rank identification based on our morphometric method is particularly efficient in the case of large scale comparative analyses because of the simultaneous and rapid treatment of a large number of molars.

#### **Normalization of elliptic Fourier descriptors**

The results of this work suggest that generalized Procrustes analyses (GPA) applied on every point sampled along the contour appears as the most appropriate method of normalization of elliptic Fourier descriptors in the frame of outline shape analysis of the crowns of human molars. Although only the starting point is a Type 1 landmark (Bookstein, 1991), the standardization of the specimens using GPA procedure has a better biological significance than using the NEF method (Fig. 11 for visualisation of the superposition of the contours according to the two methods). The results obtained in the present study point out the weaknesses of the NEF method for the normalization of human molars contours, as already mentioned in the case of marmot molars (Cardini and Slice, 2004). The human molars which are misclassified only by the NEF method present additional cusps which modify the orientation of the major axis of the crown. As a result, the contours are poorly oriented (Fig. 11) which explains why the NEF method provided the highest misclassification rate (6.39%) among all the methods of contour analyses we tested here. Comparatively, only one molar is misclassified only in the EFAProc method (Table 3), highlighting that this method of normalization is less sensitive over particular morphological features than the NEF method (four molars misclassified only by the NEF method).

The EFAProc method obtained slightly higher misclassification rate than the SlidD method but lower than the two other Procrustes-based methods (SlidBE and PROC). The differences in classification rates among Procrustes methods are probably linked to differences in the amount of variance described by each method

(Pérez et al., 2006). The description of individuals which are misclassified in only one method of contour analyses seems to indicate that the Procrustes-based methods are more sensitive to irregularities in crown features than the EFAproc method, especially the SlidD method. This is probably related to the properties of Fourier descriptors which allow overall shapes quantification, while Procrustes-based methods are inevitably more influenced by local variations of the shape.

Results obtained by the EFAproc method are more similar to those obtained with the three Procrustes-based methods than those provided by the NEF method. This empirical observation highlights the importance of an appropriate method of normalization. In the case of geometric morphometric analysis of human crown morphology, the choice of a particular method of normalization has more consequences on the results than the choice of a method of contour analysis. Benazzi et al. (2012) recently proposed another method of contour analysis of human crowns aiming at circumventing the problem of the lack of landmarks on worn occlusal surfaces. This method, based on standardized shape coordinates of equiradially spaced “pseudolandmarks” (using the groove patterns of occlusal surfaces for the orientation of the crown), provides an alternative protocol (not based on Procrustes or Fourier procedures) which would be interesting to compare. Finally, it is worth to note that after the reduction of the dimensionality of the data (PCA), the EFAproc and SlidBE methods provided a lower number of shape variables (respectively 36 and 42) than the SlidD and PROC methods (respectively 73 and 74) to account of 99.99% of the total variance. This property is interesting when one want to apply LDA on small samples. Recent publications point out that the rate of classification and the degree of discrimination between groups will tend to artificially increase if the number of variables is large compared to the number of cases (Kovarovic et al., 2011; Mitteroecker and Bookstein, 2011). Morphometric methods such as the EFAproc and SlidBE methods which offer the possibility to hold the greatest part of the shape information in a relatively few number of variables is advantageous.

## CONCLUSIONS

In this contribution, we have demonstrated that outline shape analysis is an efficient tool for the anatomical identification of first and second human molar crowns. The study provides the first conclusive approach for rank identification of human molars based on morphometric data. The classification rates obtained by LDA and PDA based on 360 specimens (90 M<sup>1</sup>, 90 M<sup>2</sup>, 90 M<sub>1</sub>, 90 M<sub>2</sub>) indicate excellent results (respectively 5.28% and 5% of misclassifications by using the EFAproc method). Our method allows a fast and suitable rank



identification of a large number of molars and should be particularly useful in the frame of large scale comparative analyses. Furthermore, outline analysis of the crowns and standard criteria describing crown features are two complementary methods and their combination should result in the absolute certainty of most of the identifications of isolated molars of *Homo sapiens*. An interesting development in the future would be the extension of the protocol to fossil species of the genus *Homo*.

In his paper reviewing the reliability of several outline-based morphometric methods to study biological contours, Rohlf (1990) concluded that “unfortunately, it is not clear just how one can decide which method to use in a given application. This leads to an inherent arbitrariness in how one describes the shape of an organism”. The last point probably explains why a large range of morphometric methods has been already employed for shape analysis of human molar crowns. Our empirical comparative study of several of the most frequently applied methods of contour analysis helps to reduce this arbitrariness. The use of the EFAproc method is proved to be pertinent and adapted to the morphological features of human molars because: (i) the biological significance of the standardized specimens is increased compared to the classic NEF method. (ii) the EFAproc method is not dependant to the location of several homologous landmarks on the crowns which is advantageous to increase samples size because crowns surface is frequently smoothed in case of molars from archaeological contexts. (iii) the EFAproc method is less sensitive to crown features irregularities and generate a relatively few number of variables to compare with other Procrustes-based methods of contour analysis.

#### ACKNOWLEDGMENT

The authors thank the following curators, institutions and researchers for the access to the collections: John de Vos (National Museum of Natural History, Leiden, The Netherlands), Corazon Alvina, Wilfredo P. Ronquillo, Eusebio Z. Dizon and A. Garong (Archaeology Division, National Museum of the Philippines, Manila), Alain Froment and Philippe Menecier (Muséum national d’Histoire naturelle, Paris, France). The support of François Sémah, Christophe Falguères, Marta Arzarello and Carlo Peretto is acknowledged. This research has greatly benefited from discussions with Noémie Bonneau, Martin Frieß, Manon Galland, Thomas Ingicco, Laurent Puymerail. We also acknowledge SYNTHESYS, IUSS-Ferrara 1391 and the UMR 7194, Department of Prehistory of the Muséum national d’Histoire naturelle for the financial supports.

## LITERATURE CITED

- Athreya S. 2006. Patterning of geographic variation in Middle Pleistocene *Homo* frontal bone morphology. *J Hum Evol* 50:627-643.
- Bailey RC, Byrnes J. 1990. A new, old method for assessing measurement error in both univariate and multivariate morphometric studies. *Syst Zool* 39:124-130.
- Bailey SE, Lynch JM. 2005. Diagnostic differences in mandibular P4 shape between Neandertals and anatomically modern humans. *Am J Phys Anthropol* 126:268-277.
- Baylac M, Frieß M. 2005. Fourier Descriptors, Procrustes superimposition, and data dimensionality: an example of cranial shape analysis in modern human populations. In: Slice DE, editor. *Modern morphometrics in physical anthropology*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers. p 145-165.
- Benazzi S, Fornai C, Buti L, Toussaint M, Mallegni F, Ricci S, Gruppioni G, Weber GW, Condemi S, Ronchitelli A. 2012. Cervical and crown outline analysis of worn Neanderthal and modern human lower second deciduous molars. *Am J Phys Anthropol* 149:537-546.
- Bernal V. 2007. Size and shape analysis of human molars: comparing traditional and geometric morphometric techniques. *Homo* 58:279-276.
- Biggerstaff RH. 1969. The basal area of posterior tooth crown components: the assessment of within tooth variation of premolars and molars. *Am J Phys Anthropol* 31:163-170.
- Bookstein FL. 1991. *Morphometric tools for landmark data: geometry and biology*. Cambridge University Press.
- Bookstein FL. 1997. Landmark methods for forms without landmarks: morphometrics of group differences in outline shape. *Med Image Anal* 1:225-243.
- Bouville C. 1978. Problème de l'identification des dents humaines isolées. *Bull Mem Soc Anthropol Paris* 13:249-254.
- Cardini A, Slice DE. 2004. Mandibular shape in the genus *Marmota* (Rodentia, Sciuridae): a preliminary analysis using outlines. *Ital J Zool* 71:17-25.
- Chen SYY, Lestrel PE, Kerr WJS, McColl JH. 2000. Describing shape changes in the human mandible using elliptic Fourier functions. *Eur J Orthod* 22:205-216.
- Chiari Y, Claude J. 2012. Morphometric identification of individuals when there are more shape variables than reference specimens: A case study in Galápagos tortoises. *C R Biol* 335:62-68.
- Claude J. 2008. *Morphometrics with R*. Springer.
- Costa C, Menesattia P, Paglia G, Pallottino F, Aguzzi J, Rimatori V, Russo G, Recupero S, Reforgiato Recupero G. 2009. Quantitative evaluation of Tarocco sweet orange fruit shape using optoelectronic elliptic Fourier based analysis. *Postharvest Biol Technol* 54:38-47.
- Cucchi T, Fujita M, Dobney K. 2009. New insights into pig taxonomy, domestication and human dispersal in island South East Asia: molar shape analysis of *Sus* remains from Niah Caves, Sarawak. *Int J Osteoarchaeol* 19:508-530.
- Dryden IL, 2012. shapes package. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Contributed package. URL <http://www.R-project.org>
- Evin A, Cucchi T, Cardini A, Vidarsdottir US, Larson G, Dobney K. 2013. The long and winding road: identifying pig domestication through molar size and shape. *J Archaeol Sci* 40: 735-743.
- Ferrario VF, Sforza C, Tartaglia GM, Colombo A, Serrao G. 1999. Size and shape of the human first permanent molar: a Fourier analysis of the occlusal and equatorial outlines. *Am J Phys Anthropol* 108:281-294.

- Ferson S, Rohlf FJ, Richard KK. 1985. Measuring shape variation of two-dimensional outlines. *Syst Zool* 34:59-68.
- Fiorenza L, Benazzi S, Tausch J, Kullmer O, Schrenk F. 2010. Identification reassessment of the isolated tooth Krapina D58 through occlusal fingerprint analysis. *Am J Phys Anthropol* 143:306-312.
- Frieß M, Baylac M. 2003. Exploring artificial cranial deformation using elliptic Fourier analysis of Procrustes aligned outlines. *Am J Phys Anthropol* 122:11-22.
- Fuller JL, Denehy GE, Schulein TM. 2001. Concise dental anatomy and morphology. Fourth edition. University of Iowa College of Dentistry.
- Gómez-Robles A, Martínón-Torres M, Bermúdez de Castro JM. 2007. A geometric morphometric analysis of hominin upper first molar shape. *J Hum Evol* 53:272-285.
- Gómez-Robles A, Martínón-Torres M, Bermúdez de Castro JM, Prado L, Sarmiento S, Arsuaga JL. 2008. Geometric morphometric analysis of the crown morphology of the lower first premolar of hominins, with special attention to Pleistocene *Homo*. *J Hum Evol* 55:627-638.
- Gómez-Robles A, Olejniczak AJ, Martínón-Torres M, Prado-Simón L, Bermúdez de Castro JM. 2011. Evolutionary novelties and losses in geometric morphometrics: a practical approach through hominin molar morphology. *Evolution* 65-6:1772-1790.
- Gower JC. 1975. Generalized procrustes analysis. *Psychometrika* 40:33-51.
- Gründler H. 1976. Study of Tooth Shapes: A Systematic Procedure. Berlin: Quintessenz Verlags.
- Hillson S. 1996. Dental anthropology. Cambridge University Press.
- Jacob T. 1967. Some problems pertaining to the racial history of the Indonesian region. Ph.D dissertation, University of Utrecht, Netherlands.
- Kamilari M, Sfenthourakis S. 2009. A morphometric approach to the geographic variation of the terrestrial isopod species *Armadillo tuberculatus* (Isopoda: Oniscidea). *J Zool Syst Evol Res* 47:219-226.
- Kovarovic K, Aiello LC, Cardini A, Lockwood CA. 2011. Discriminant function analyses in archaeology: are classification rates too good to be true? *J Archaeol Sci* 38:3006-3018.
- Kuhl FP, Giardina CR. 1982. Elliptic Fourier features of a closed contour. *Comput Graph Image Process* 18:236-258.
- Lestrel PE. 1997. Fourier descriptors and their applications in biology. Cambridge University Press.
- Lestrel PE, Cesar RM, Takahashi O, Kanazawa E. 2004. A Fourier-wavelet representation of 2-D shapes: sexual dimorphism in the Japanese cranial base. *Anthropol Sci* 112:3-28.
- Lestrel PE, Ohtsuki F, Wolfe CA. 2010. Cranial vault shape in fossil hominids: Fourier descriptors in *norma lateralis*. *Homo* 61:287-313.
- Lestrel PE, Kanazawa E, Wolfe CA. 2011. Sexual dimorphism using elliptical Fourier analysis: shape differences in the craniofacial complex. *Anthropol Sci* 119:213-229.
- Martinón-Torres M, Bastir M, Bermudez de Castro JM, Gómez A, Sarmiento S, Muela A, Arsuaga JL. 2006. Hominin lower second premolar morphology: evolutionary inferences through geometric morphometric analysis. *J Hum Evol* 50:523-533.
- Michaux J, Cucchi T, Renaud S, Garcia-Talavera F, Hutterer R. 2007. Evolution of an invasive rodent on an archipelago as revealed by molar shape analysis: the house mouse in the Canary Islands. *J Biogeogr* 34:1412-1425.

- Mitteroecker P, Bookstein FL. 2011. Linear discrimination, ordination, and the visualization of selection gradients in modern morphometrics. *Evol Biol* 38:100-114.
- Mitteroecker P, Gunz P. 2009. Advances in geometric morphometrics. *Evol Biol* 36:235-247.
- Monti L, Baylac M, Lalanne-Cassou B. 2001. Elliptic Fourier analysis of the form of genitalia in two *Spodoptera* species and their hybrids (Lepidoptera: Noctuidae). *Biol J Linnean Soc* 72:391-400.
- Pérez SI, Bernal V, Gonzalez PN. 2006. Differences between sliding semi-landmark methods in geometric morphometrics, with an application to human craniofacial and dental variation. *J Anat* 208:769-784.
- Polihronakis M. 2006. Morphometric analysis of intraspecific shape variation in male and female genitalia of *Phyllophaga hirticula* (Coleoptera: Scarabaeidae: Melolonthinae). *Ann Entomol Soc Am* 99:144-150.
- R Development Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Version 2.15.0.
- Renaud S, Michaux JR. 2007. Adaptive latitudinal trends in the mandible shape of *Apodemus* wood mice. *J Biogeogr* 30:1617-1628.
- Reyment R, Blackith R, Campbell N. 1984. Multivariate morphometrics. New York: Academic Press.
- Robinson DL, Blackwell PG, Stillman EC, Brook AH. 2001. Planar Procrustes analysis of tooth shape. *Arch Oral Biol* 44:191-199.
- Robinson DL, Blackwell PG, Stillman EC, Brook AH. 2002. Impact of landmark reliability on the planar Procrustes analysis of tooth shape. *Arch Oral Biol* 47:545-554.
- Rohlf FJ. 1990. Fitting curves to outlines. In: Rohlf FJ and Bookstein FL, editors. Proceedings of the Michigan morphometrics workshop. Spec. Publ. No. 2. University of the Michigan Museum of Zoology. p 167-177.
- Rohlf FJ. 2008a. tpsDig2.12, TpsSeries. Department of Ecology and Evolution, SUNY, Stony Brook, New York, available at <http://life.bio.sunysb.edu/morph/morphmet/tpsdig2w32.exe>.
- Rohlf FJ. 2008b. tpsRelw1.46, TpsSeries. Department of Ecology and Evolution, SUNY, Stony Brook, New York. <http://life.bio.sunysb.edu/morph/morphmet/tpsrelww32.exe>.
- Rohlf FJ, Archie JW. 1984. A comparison of Fourier methods for the description of wing shape in mosquitoes (Diptera: Culicidae). *Syst Zool* 33:302-317.
- Rohlf FJ, Slice DE. 1990. Extensions of the Procrustes method for the optimal superimposition of landmarks. *Syst Zool* 39:40-59.
- Scheid RC, Weiss G. 2007. Woelfel's dental anatomy: its relevance to dentistry. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins, Eighth edition.
- Sanfilippo PG, Cardini A, Sigal IA, Ruddle JB, Chua BE, Hewitt AW, Mackey DA. 2010. A geometric morphometric assessment of the optic cup in glaucoma. *Exp Eye Res* 91:405-414.
- Schmittbuhl M, Allenbach B, Le Minor JM, Schaaf A. 2003. Elliptical descriptors: some simplified morphometric parameters for the quantification of complex outlines. *Math Geol* 35:853-871.
- Sciulli PW, Murray RD. 1982. The identification of isolated maxillary molars. *Am J Phys Anthropol* 58:437-439.
- Sheets HD, Covino KM, Panasiwicz JM, Morris SR. 2006. Comparison of geometric morphometric outline methods in the discrimination of age-related differences in feather shape. *Front Zool* 3:15.
- Smith BH. 1984. Patterns of molar wear in hunter-gatherers and agriculturalists. *Am J Phys Anthropol* 63:39-56.

Soares MLC, Mayo SJ, Gribel R, Kirkup D. 2011. Elliptic Fourier analysis of leaf outlines in five species of *Heteropsis* (Araceae) from the reserva florestal Adolpho Ducke, Manaus, Amazonas, Brazil. *Kew Bull* 66: 1-8.

Souday C. 2008. Analyse morphométrique des molaires déciduales et définitives dans le genre *Homo* : perspectives phylogénétiques et biogéographiques. PhD dissertation, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, France.

Storm P. 1995. The evolutionary significance of the Wajak skulls. *Scripta Geologica* 110: 1-247.

Strauss RE. 2010. Discriminating groups of organisms. In: Elewa MT, editor. *Morphometrics for Nonmorphometricians*. Berlin: Springer-Verlag Publishers. p 73-91.

Thayer ZM, Dobson SD. 2010. Sexual Dimorphism in Chin Shape: Implications for Adaptive Hypotheses. *Am J Phys Anthropol* 143:417-425.

Valenzuela-Lamas S, Baylac M, Cucchi T, Vigne JD. 2011. House mouse dispersal in Iron Age Spain: a geometric morphometrics appraisal. *Biol J Linnean Soc* 102:483-497.

White TD, Folkens PA. 2005. *The human bone manual*. Elsevier Academic Press, first edition.

Wood BA, Abbott SA. 1983. Analysis of the dental morphology of Plio-Pleistocene hominids I. Mandibular molars: crown area measurements and morphological traits. *J Anat* 136:197-219.

Yamada H, Brown T. 1988. Contours of maxillary molars studied in Australian Aborigines. *Am J Phys Anthropol* 76:399-407.

Yoshioka Y, Iwata H, Ohsawa R, Ninomiya S. 1994. Analysis of petal shape variation of *Primula sieboldii* by elliptic Fourier descriptors and principal component analysis. *Ann Bot* 94:657-664.

Zelditch ML, Swiderski DL, Sheets HD, Fink WL. 2004. *Geometric morphometrics for biologists: a primer*. Elsevier Academic Press.

**Table legends:**

*Abbreviations*

B	Borneo
C	China (also in text p.15)
CG	Cau Giat
GJ	Gua Jimbe
GK	Gua Kepah
Harm	Harmonic
IR	Clemente Irigayen
J	Java
L..n	Negrito from Luzon
LC	Lang Cuom
MD	Mindanao
MNHN	Muséum national d'Histoire naturelle, Paris
N	Number of individuals
NMP	National Museum of the Philippines, Manila
NNML	National Natuurhistorisch Museum, Leiden
S	Sulawesi (also in text p.15)
Su	Sulu
V	Vanuatu (also in text p.15)
WK	Wajak (also in text p.16)

Table 1: List of comparative modern and prehistoric *Homo sapiens* dental series.

Table 2: Measurement error of the elliptic Fourier coefficients of the first five harmonics and their mean cumulative power (in percentage).

Table 3: List of the misclassified individuals for each method of contour analysis. Numbers indicate the number of cusps. Numbers in parentheses are the number of tubercles. Light grey: specimens misclassified in only one method of contour analysis. Dark grey: specimens classified in the wrong arch.

## Figure Legends:

### *Abbreviations*

B	Buccal
D	Distal
EFAproc	Elliptic Fourier analyses (EFA) normalized by generalized Procrustes analyses (GPA). (first appear in text p.8)
L	Lingual
M	Mesial
M <sup>1</sup>	Upper first molar (first appear in text p.3)
M <sub>1</sub>	Lower first molar (first appear in text p.3)
M <sup>2</sup>	Upper second molar (first appear in text p.3)
M <sub>2</sub>	Lower second molar (first appear in text p.3)
NEF	Elliptic Fourier analyses (EFA) normalized by Kuhl and Giardina (1982) protocol. (first appear in text p.10)
PROC	Generalized Procrustes analyses (GPA) of equilinearly spaced pseudolandmarks along the outline. (first appear in text p.11)
SlidBE	Sliding semilandmarks minimizing bending energy. (first appear in text p.11)
SlidD	Sliding semilandmarks minimizing Procrustes distance. (first appear in text p.11)

Figure 1: Molars anatomy and strategy of contour acquisition. Left side: left upper first molar; Right side: right lower first molar. The starting point for the digitalization of the 79 equilinearly spaced pseudolandmarks along the outline is the junction between the two buccal-most cusps (paracone/metacone junction for upper molars, protoconid/hypoconid junction for lower molars). The interproximal wear facets (grey area) are corrected. 1, paracone; 2, metacone; 3, hypocone; 4, protocone; 5, protoconid; 6, hypoconid; 7, hypoconulid; 8, entoconid; 9, metaconid.

Figure 2: Projection of the 360 specimens on the PC1/2 (top) and PC1/3 (bottom). Percentage of the total variance expressed by the axes is indicated in parentheses. Extreme outlines were predicted by multivariate



regression of Fourier coefficients (dependant variables) over the PC scores of one particular axis (independent variables) (Monti et al., 2001).

Figure 3: Mean shapes of the first and second maxillary and mandibular molars based on PC scores of the 360 specimens. Crosses represent the centroids.

Figure 4: Classifications: Bar-plot graphs of the percentages of misclassified individuals with a cumulated number of PCs for the EFAproc (a), NEF (b), SlidBE (c), SlidD (d) and PROC (e) methods. X axes represents the number of PCs, Y axes represents the cross-validated percentage of misclassification obtained by linear discriminant analyses (LDA) based on 360 specimens.

Figure 5: Bar-plot graphs of the percentage of variance explained by each PC for the EFAproc (a), NEF (b), SlidBE (c), SlidD (d) and PROC (e) methods. The pattern of distribution of the variance is similar for every method.

Figure 6: Specimens misclassified by only one method of contour analysis. a, M<sub>2</sub> from Tam Hang (TH09); b, M<sup>2</sup> from Vanuatu (V03); c, M<sub>2</sub> from Tam Hang (TH02); d, M<sub>1</sub> from Vanuatu (V04); M<sup>1</sup> from Sulawesi (S07); M<sub>1</sub> from China (C01); M<sub>2</sub> from China (C02); M<sup>1</sup> from Java (WK1). Fig. 6a-g: courtesy of the Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (MNHN); Fig. 6h: courtesy of the National Natuurhistorisch Museum, Leiden (NNML).

Figure 7: Projection of the posterior assessment of the 120 randomly selected specimens artificially considered as unknown (reversed triangles, squares, triangles and circles) in the referenced LDA based on 240 specimens (ellipses representing 95% of the variability of each type of molar). Six specimens are misclassified: two M<sub>1</sub> from China (C02, C18), one Negrito M<sub>2</sub> from Luzon (L22n), one M<sup>2</sup> from Lang Cuom (LC2), one M<sup>2</sup> from Sulawesi (S10) and one M<sup>1</sup> from Wajak (WK2). Top: axes 1 and 2; Bottom: axes 1 and 3. Extreme outlines were predicted by multivariate regression of Fourier coefficients (dependant variables) over the LDA scores of one particular axis (independent variables).

Figure 8: Predictive discriminant analysis (PDA): Bar-plot graph of the percentages of misclassified individuals with a cumulated number of PCs (EFAproc method). X axes represents the number of PCs, Y axes represents the cross-validated percentage of misclassification. Bars represent the misclassification rates obtained by the posterior assessment of the 120 virtually unknown specimens. Black dots represent the misclassifications rates obtained by the 240 referenced specimens.

Figure 9: Three specimens misclassified by every methods of contour analysis. a,  $M_1$  from Sulawesi (Su05); b,  $M_2$  from Mindanao (MD01); c,  $M^2$  from Lang Cuom (LC2). Fig. 9a-c: courtesy of the Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (MNHN).

Figure 10: Four molars correctly identified by the EFAproc method and difficult to identify by only a visual assessment of crown features. a,  $M_1$  from Vanuatu (V09); b,  $M^1$  from Marinduque (MQ05); c,  $M^2$  from Java (J09); d,  $M_2$  of a Negrito from Luzon (L20n). Fig. 10a-d: courtesy of the Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (MNHN).

Figure 11: Superposition of 90  $M^2$  outlines obtained with the EFAproc (left side) and NEF (right side) methods.

Table1:

(location table: first paragraph in “Material and methods”, p7)

Groups	Series	N	Periods	Provenances	Institutions
Prehistoric Southeast Asians	Aimere	2	Middle Holocene	Flores, Indonesia	NNML
	Gua Nempung	2	Middle Holocene	Flores, Indonesia	NNML
	Liang Alo	3	Middle Holocene	Flores, Indonesia	NNML
	Liang Momer	2	Middle Holocene	Flores, Indonesia	NNML
	Liang Toge	1	Middle Holocene	Flores, Indonesia	NNML
	Liang X	2	Middle Holocene	Flores, Indonesia	NNML
	Gua Jimbe	3	Middle Holocene	Java, Indonesia	NNML
	Gua Sampung	1	Middle Holocene	Java, Indonesia	NNML
	Wajak	5	Early Holocene	Java, Indonesia	NNML
	Hoekgrot	2	Middle Holocene	Java, Indonesia	NNML
	Dombrique (Catugan)	6	Late Holocene	Luzon, Philippines	NMP
	Clemente				
	Irigayen (Santa Maria)	1	Late Holocene	Luzon, Philippines	NMP
	Musang	2	Late Holocene	Luzon, Philippines	NMP
	Siriban (San Lorenzo)	1	Late Holocene	Luzon, Philippines	NMP
	Mirafuente (San Lorenzo)	1	Late Holocene	Luzon, Philippines	NMP
	Cau Giat	12	Early Holocene	Northern Vietnam	MNHN
	Dong Hoi	1	Holocene	Northern Vietnam	MNHN
	Lang Cuom	2	Early Holocene	Northern Vietnam	MNHN
	Lang Gao	3	Early Holocene	Northern Vietnam	MNHN
Pho Binh Gia	10	Early Holocene	Northern Vietnam	MNHN	

	Tam Hang	18	Late Pleistocene	Laos	MNHN
	Gua Kepah	12	Middle Holocene	Peninsular Malaysia	NNML
Southeast Asians	Andamanese	3	Modern	Andaman Islands	MNHN
	Indonesians	118	Modern	Borneso, Java, Sulawesi, Sumba, Timor	MNHN
	Philippines	80	Modern	Luzon, Marinduque, Mindanao, Palawan, Sulu	MNHN
	Chinese	32	Modern	Southeast China	MNHN
	Taiwanese	3	Modern	Taiwan	MNHN
Australians and Melanesians	Australian aborigines and Tasmanians	10	Modern	Australia and Tasmania	MNHN
	Vanuatu	22	Modern	Vanuatu	MNHN

Table 2:

(location table: end of the part “Measurement error”, p10)

	Harm 1	Harm 2	Harm 3	Harm 4	Harm 5
$a_n$	2.1	7.87	3.56	5.6	10.18
$b_n$	1.99	6.28	4.38	6.63	9.24
$c_n$	1.94	7.34	5.74	6.65	5.71
$d_n$	2.49	10.65	5.95	11.6	6.36
Mean cumulated power	99.847	99.858	99.959	99.964	99.995

Table 3:

(location table: end of the first paragraph of the part “classifications and comparison of the methods”, p14)

	Provenances	Cusps (tubercles)	EFAproc	NEF	PROC	SlidBE	SlidD
M <sup>1</sup>	B05	4 (?)	X		X	X	
	L13n	4 (0)		X		X	
	S07	4 (2)			X		
	WK1	4 (0)	X				
M <sup>2</sup>	B09	4 (1)	X			X	
	C17	4 (1)		X		X	X
	LC2	4 (1)	X	X	X	X	X
	S04	4 (?)	X	X	X	X	X
	S10	4 (1)	X	X	X	X	X
	V03	4 (1)					X
	V09	4 (0)		X		X	X
M <sub>1</sub>	C01	5 (1)			X		
	C02	5 (0)		X		X	
	C18	4 (0)	X		X	X	X
	CG19	4 (0)	X	X	X	X	
	CG27	5 (?)		X			X
	GK351	5 (1)		X			X
	GJ	5 (?)		X		X	
	S01	6 (0)	X	X	X		X
	S13	5 (0)	X	X	X	X	X
	Su05	6 (0)	X	X	X	X	X
	Su10	6 (0)	X		X	X	
	V04	5 (?)					X
M <sub>2</sub>	B04	5 (0)		X			

C02	6 (0)				X	
B10	5 (0)	X		X	X	
C10	4 (0)	X	X	X	X	X
IR1	4 (?)	X	X			
J13	5 (0)	X	X	X		
J19	5 (0)	X	X	X	X	X
L22n	5 (0)	X	X	X	X	X
MD01	5 (0)	X	X	X	X	X
S06	5 (0)		X			
TH02	5 (0)					X
TH09	5 (0)		X			
WK2	4 (0)	X		X		

Figure 1:

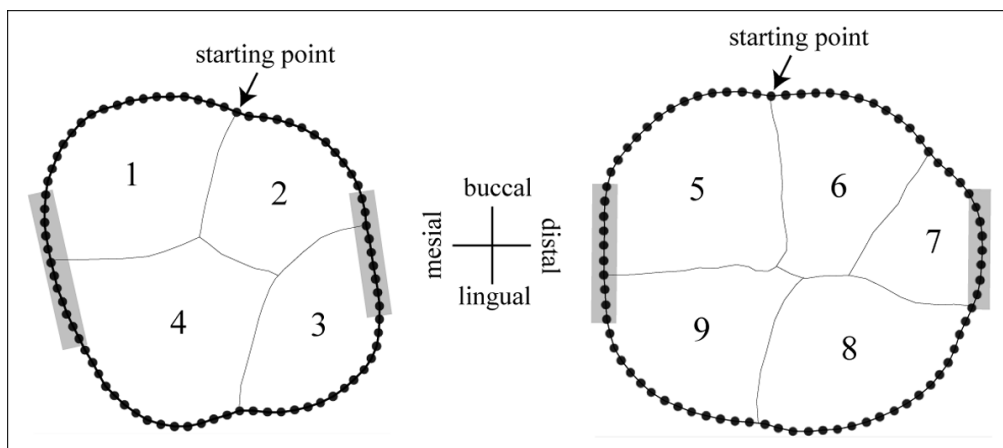


Figure 2:

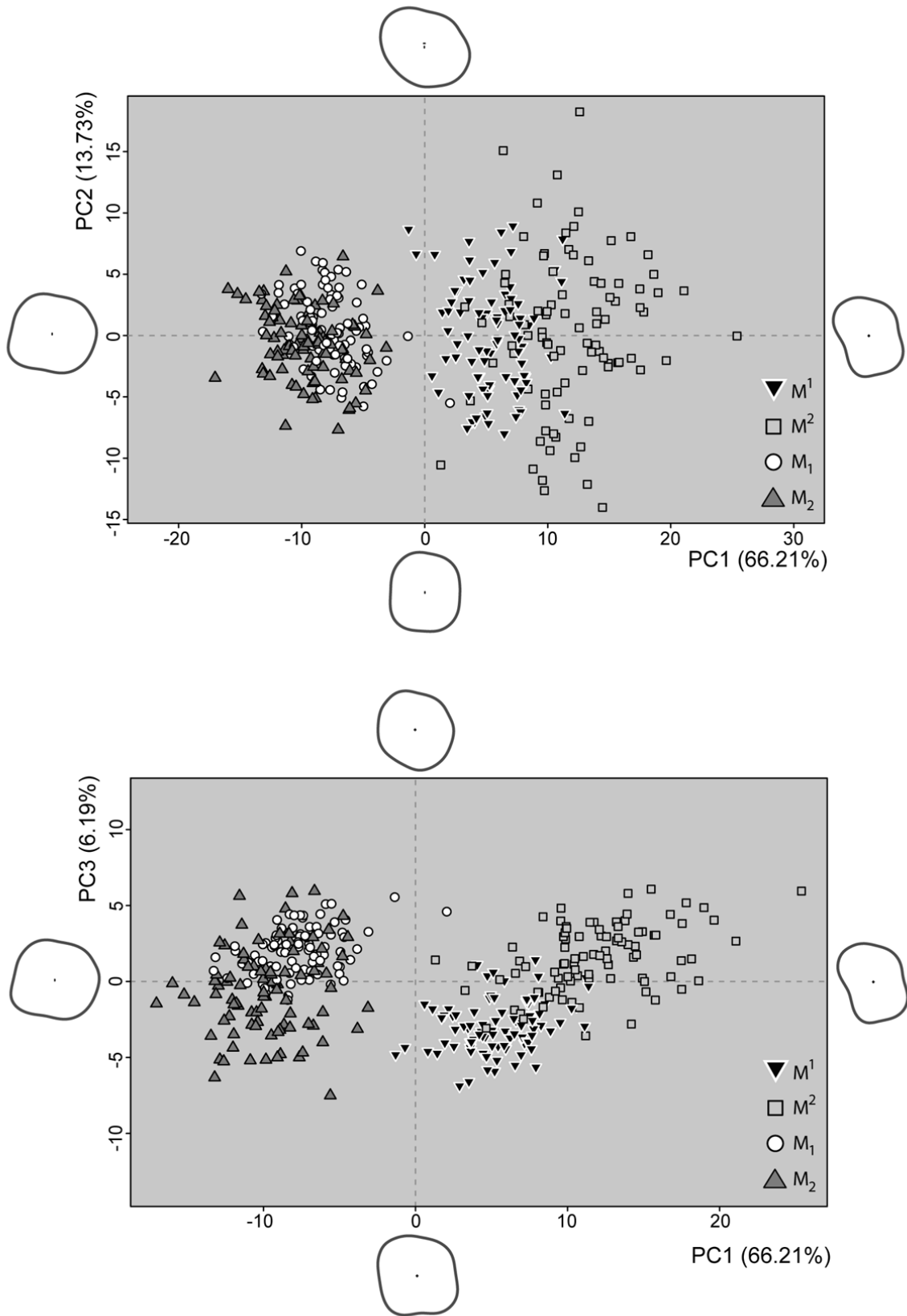


Figure 3:

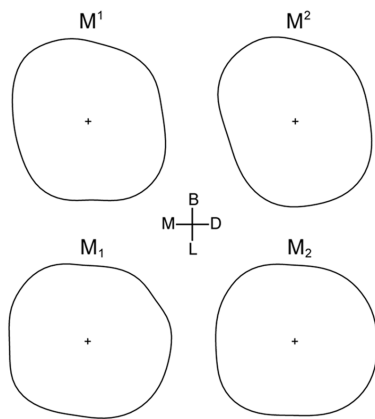


Figure 4:

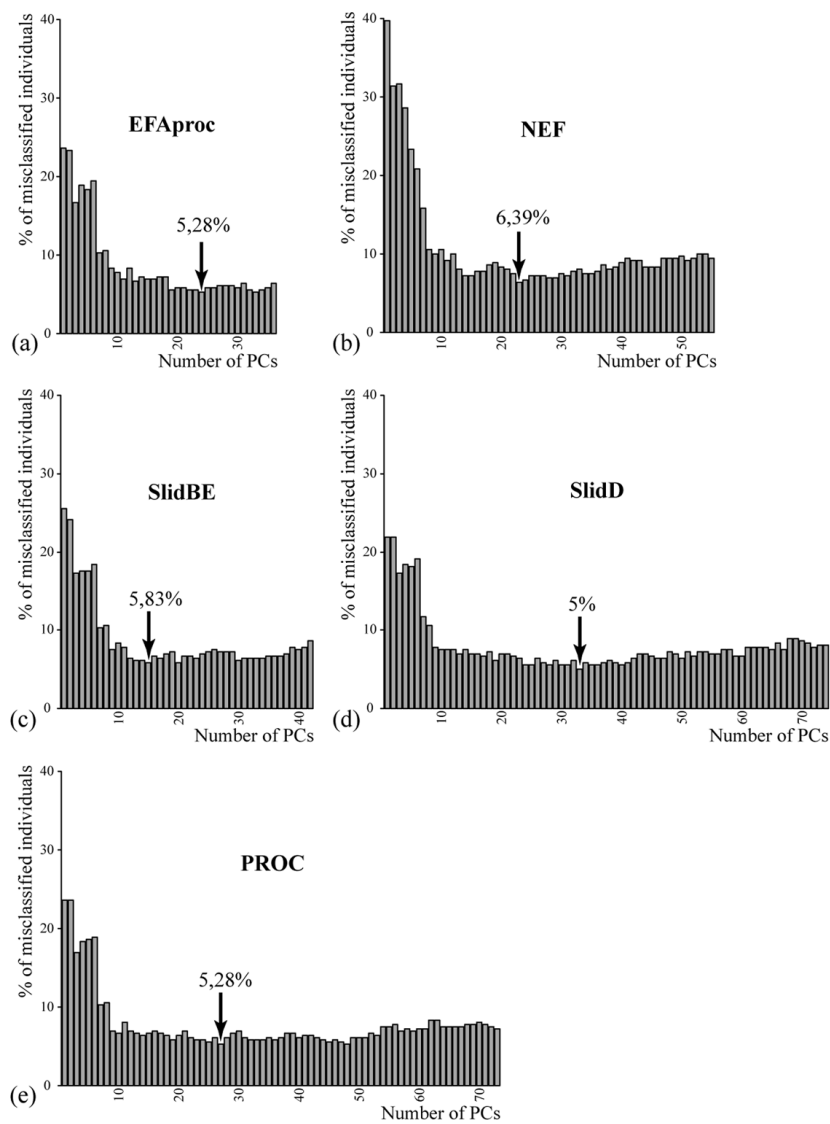




Figure 5:

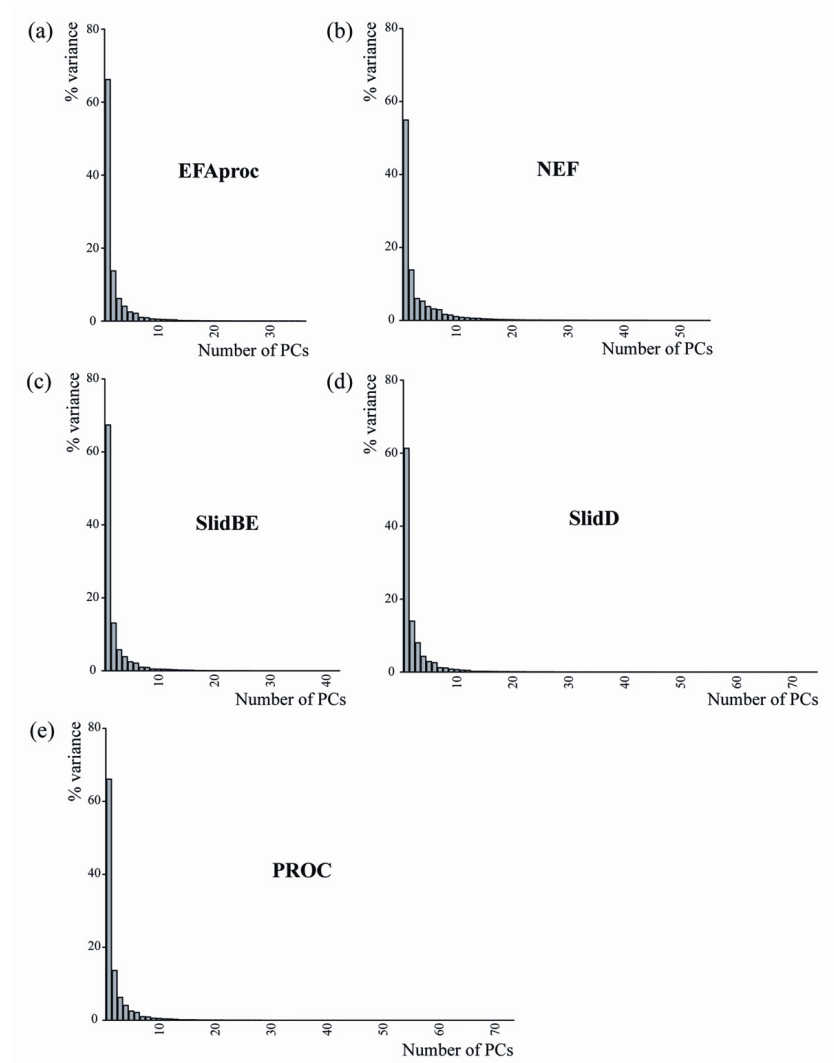


Figure 6:

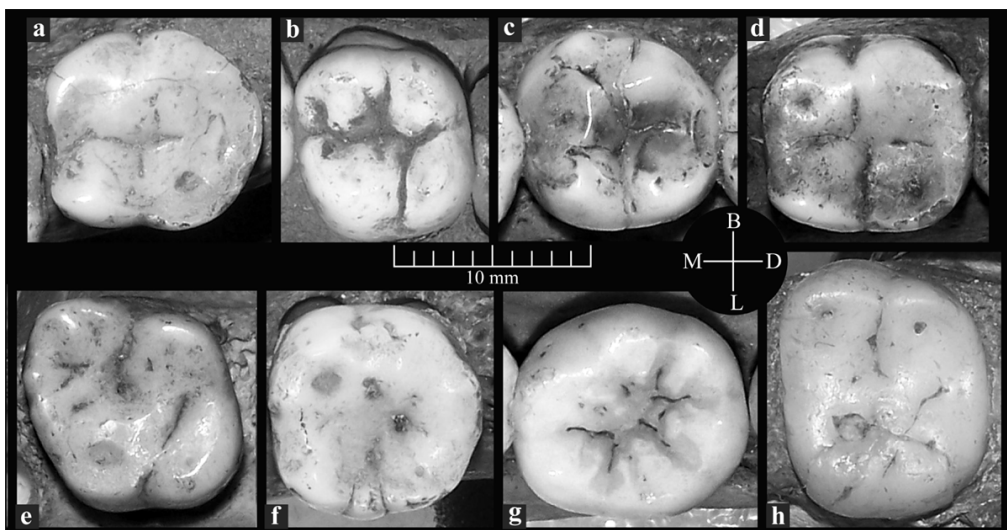


Figure 7:

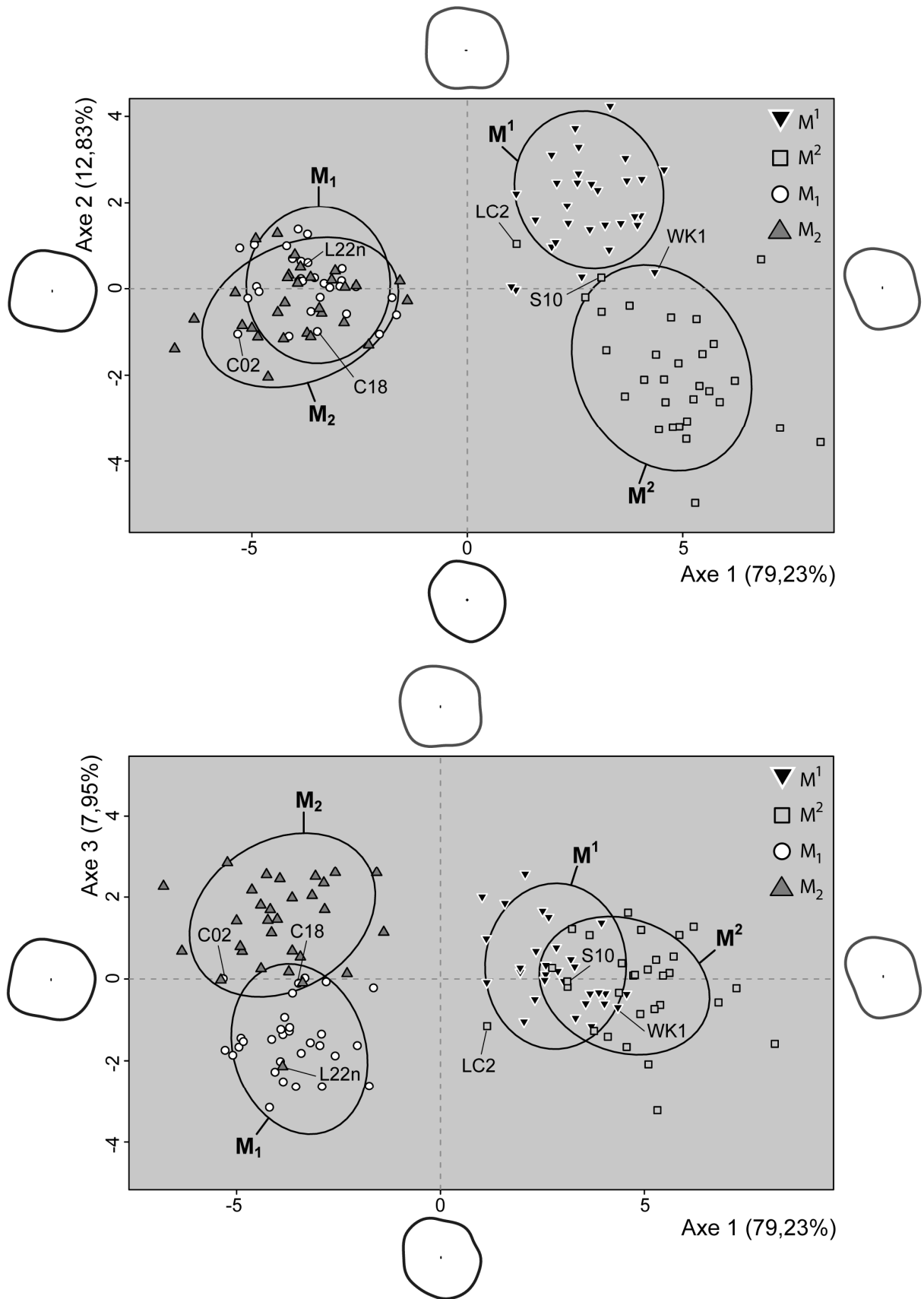


Figure 8:

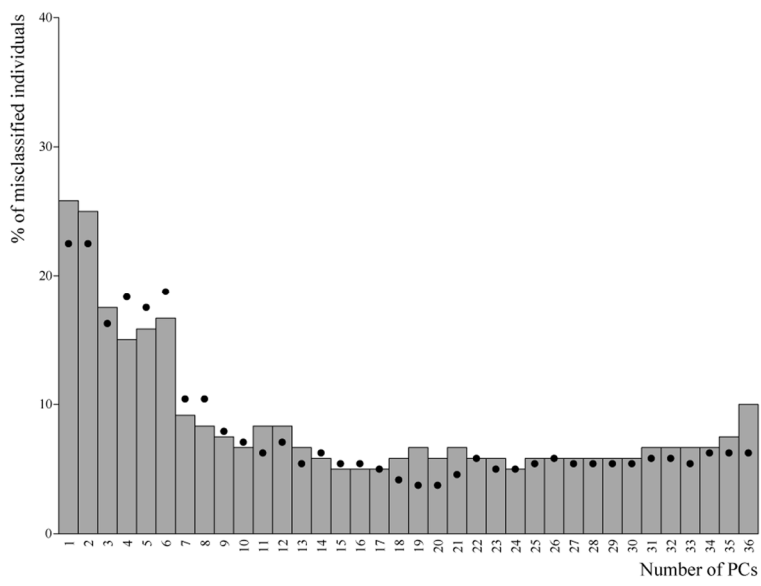


Figure 9:

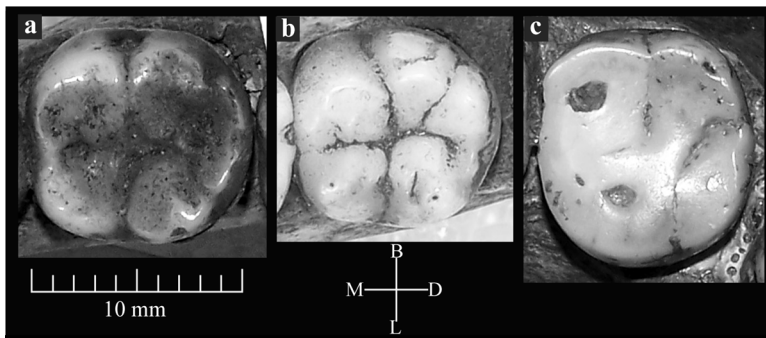


Figure 10:

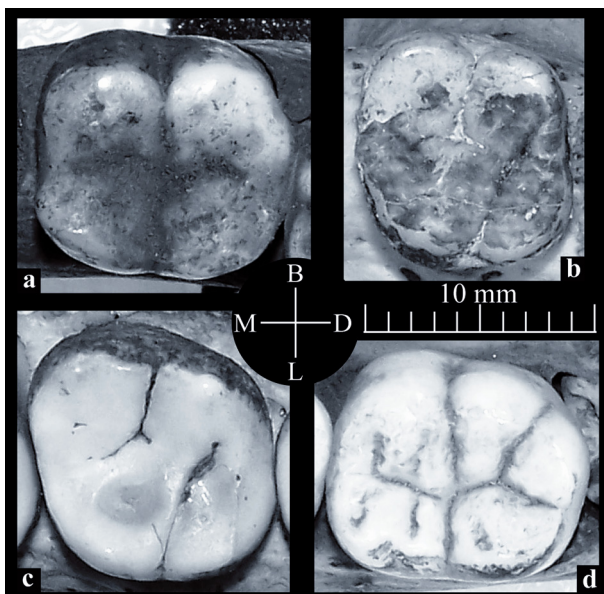
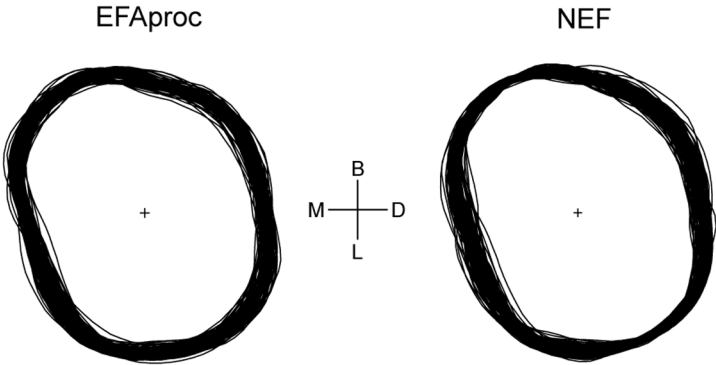


Figure 11:



## **ANNEXE 4**

---

### **ARTICLE 2**

“Small size” in the Philippine human fossil record: is it meaningful for a better understanding of the evolutionary history of the Négritos?

Détroit F, Corny J, Dizon EZ, Mijares AS

(accepté pour publication le 5 février 2013 dans Human Biology)



## Title Page

### Title

“Small size” in the Philippine human fossil record: is it meaningful for a better understanding of the evolutionary history of the Négritos?

### Authors

Florent DETROIT<sup>1</sup>; Julien CORNY<sup>1,2</sup>; Eusebio Z. DIZON<sup>3</sup>; Armand S. MIJARES<sup>4</sup>

### Affiliations

1. UMR7194 - Département de Préhistoire, Muséum national d’Histoire naturelle, Paris - France
2. Dipartimento di Biologia ed Evoluzione, Università degli Studi di Ferrara, Ferrara - Italy
3. Archaeology Division, National Museum of the Philippines, Manila - Philippines
4. Archaeological Studies Program, University of the Philippines Diliman, Quezon City – Philippines

### Key words

Philippines; Tabon Cave; Callao Cave; *Homo sapiens*; Upper Pleistocene; small body-size

## Abstract

“Pygmy populations” are recognized in several places over the world, especially in Western Africa (actual “Pygmies”) and in Southeast Asia (Philippine Négritos for instance<sup>29</sup>). Broadly defined as “small-bodied *Homo sapiens*” (compared to neighbouring populations) their origins and the nature of the processes involved in the maintenance of their phenotype over time are highly debated. Major results have been recently obtained from population genetics on present-day Negrito populations, but their evolutionary history remains largely unresolved. We propose to present and discuss here the Upper Pleistocene human remains recovered from Tabon Cave and Callao Cave in the Philippines, which are potentially highly relevant to these research questions. Human fossils have been recovered in large numbers from Tabon cave (Palawan Island), but mainly from reworked and mixed sediments from several archaeological layers. We review and synthesise here the long and meticulous collaborative work done on the archives left from the 1960’ excavations and on the field. The results demonstrate the long history of human occupations in the cave, since at least c. 30,000 BP. The examination of the Tabon human remains shows a large variability: large and robust for one part of the sample; and small and gracile for the other part. The latter would fit quite comfortably within the range of variation of Philippine Négritos. Farther north, on Luzon Island, the human third metatarsal recently recovered from Callao cave and dated to c. 66,000 BP is now the oldest direct evidence of human presence in the Philippines. In a previous publication (Mijares et al., 2010), it was shown that compared with *H. sapiens* (including Philippine Négritos) this bone presents a very small size and several unusual morphological characteristics. We present here a new analytical approach using 3D geometric morphometrics for comparing the Callao fossil to a wide array of extant Asian mammals, including non-human primates and *H. sapiens*. The results demonstrate that the shape of the Callao metatarsal is definitely closer to humans than to any other groups. The fossil clearly belongs to the genus *Homo*, however it remains at the margin of the variation range of *H. sapiens*. Due to its great antiquity and to the presence of another diminutive species of the genus *Homo* in the Wallace area during this time period (*H. floresiensis*), we discuss here in details the affinities and potential relatedness of the Callao fossil with Négritos which are found nowadays on Luzon Island.

---

<sup>29</sup> In this article, the term Negrito refers specifically to Philippine Négritos, whereas the generic appellation is notated “Negrito”



## 1. Introduction: who are the “Négritos”?

Since the second half of the XIXth century, several human groups living in Southeast Asia until the present have been called “Pygmies”, or more often “Négritos” (see for instance Quatrefages, 1887). They were generally recognized as such because of their phenotypic attributes, considered to be different from their neighbours from the same geographical areas. Such features include a short stature, curly hair and dark skin colour. Such groups have been described in the Andaman Islands, Malay Peninsula, Papua New Guinea and Philippines; and in 1862 Armand de Quatrefages, then professor of Anthropology and Ethnography at the Muséum national d’Histoire naturelle in Paris, has most probably the paternity of the idea to extend the appellation “Négritos” to all those different Asian groups (Quatrefages, 1887: 27-28; see also Flower, 1880; Hamy, 1876: 114-115). Quatrefages eventually extended the geographical distribution of the “Négritos” from Sumatra to Japan by including several other groups based on their physical attributes, but Meyer (1899, and see Barrows, 1910: 365-363) restricted it to Philippines, Andaman and Malay Peninsula. The idea to group the “Négritos” living in various regions of Asia and Melanesia was more or less directly related to the commonly accepted hypothesis at this time that they were the descendants of an ancient and widely distributed population which had been progressively constrained and restricted geographically to more remote areas by successive arrivals of newcomers (see for instance Pickering, 1850: 180; Montano, 1886: 67; Blumentritt, 1900: 13).

Those human groups have been the subjects of a considerable number of studies and researches in the many disciplines of anthropology, for more than a century now. The particular fascination of early physical anthropologists for Philippine Négritos in their attempts to classify races and for some of them to better understand the (pre-)history of humans all over the world is probably well illustrated, among others, by the publications of Bean (see in particular Bean, 1910a, 1910b). In addition to a very special interest in ear shapes variation and its supposedly usefulness in racial classifications, Bean is also famous among palaeoanthropologists for being the father of the species *Homo philippinensis* (Bean, 1910 a). Though this species was of course never recognized as a valid taxon (Bean created this new species to accommodate in his classifications one particular living individual he observed and “studied”, see Bean, 1910 a: 227-236), it is nevertheless still quite famous nowadays in the collective knowledge of Philippine people (even if it is most of the time associated or confused with “*Homo erectus philippinensis*”, see after).

If the fascination towards the so-called “Négritos” of early physical anthropologists working on the characteristics and delimitations of human races - or even species (Kneeland, 1883; Bean, 1910 a; Pycraft, 1925)

- is now part of the history of the discipline, it is nevertheless obvious that those groups continue to crystallize the attention of many anthropologists, linguists, archaeologists, geneticists, etc.

It is now accepted that the phenotypic resemblances of African Pygmies and Asian “Négritos” are not due to a common and exclusive origin but rather the result of recent convergences, whose causes in terms of involved evolutionary mechanisms are nevertheless still debated (see for instance Migliano et al., 2007, 2011; Perry and Dominy, 2009; Becker et al., 2010, 2011). Nowadays, the term “Pygmy” is generally used for Western Africans only, whereas “Negrito” is most commonly restricted to the groups found in Southeast Asia, and even more precisely to the Agta (or Aeta, Ayta, Ata or Ati) inhabiting northeastern and west central Luzon Island, in the Philippines. While such generic appellations are sometimes considered as convenient, they can lead to misunderstandings and misconceptions because they are frequently understood as recovering a true meaning in terms of common origins or actually shared biological affinities for all considered groups (see Bahuchet, 1993). However, the hypothesis of a shared origin for the many Asian “Negrito” groups is still under discussion. Indeed, two main hypotheses are currently proposed to explain the presence of “Négritos” in several distant geographical zones in Southeast Asia. The first one is directly linked with the traditional hypothesis formulated by XIXth century researchers we already mentioned above, proposing that all extant “Negrito” groups represent relicts of what was once a widely distributed population of “Negrito-like” *Homo sapiens*, i.e. an “ancestral population” corresponding eventually to the first arrivals of our species in the area. The second hypothesis does not consider a shared origin to be the explanation for the phenotypic resemblances found among the various groups of “Négritos”, but rather a kind of convergent evolutions in different populations living under equivalent environmental conditions (see for instance Migliano et al., 2007; Perry and Dominy, 2009; Scholes et al., 2011 for review and discussion of those hypotheses).

A significant number of genetic studies have been conducted recently on the different groups of Asian “Négritos”. The results are numerous and appear sometimes contradictory, i.e. difficult to synthesize and accommodate easily in one single model of migrations and population history of Southeast Asian human groups (see for instance Stoneking and Delfin, 2010). Some results indicate “Negrito” groups show distinctive mtDNA and Y-chromosome lineages, which could be explained by the fact they were isolated from neighbouring populations for a long time (Thangaraj et al., 2003, 2006; Hill et al., 2006; Delfin et al., 2011). But in the same time, strong genetic similarities have been found between Southeast Asian “Négritos” and “non-Négritos”, suggesting either a common migration event for the origin of all Southeast Asian groups (Abdulla et al., 2009), or – at least in the Philippines - a distinct and more ancient origin of “Négritos” (eventually related to Australian

aborigines) and recent admixture with “non-Négritos” (Delfin et al., 2011; Gunnarsdóttir et al., 2011; Scholes et al., 2011).

To progress in the understanding of the “Negrito phenomenon”, it would be crucial to know when “Négritos” arrived in each area where they are documented nowadays, or to put it in other words, to know the age of the appearance of the “Negrito phenotype” in each region. Archaeology – through palaeoanthropology – would be the discipline from which such data are expected. However, archaeological researches on ancient Southeast Asian Upper Pleistocene sites (i.e. potentially related with early migrations of our species) still need significant developments. In the Philippines for instance, the last decades have seen a tremendous development of archaeological researches on the migrations and cultural dynamics of the “Austronesian speaking people” (Bellwood and Dizon, 2005; Mijares, 2006; Hung et al., 2007, 2011; Bellwood, 2011), while in the same time few efforts – but very significant efforts as we aim to show in this article - have been done on earlier archaeology in the archipelago.

In this article, we aim at focusing exclusively on Philippine Négritos through examination of currently available Upper Pleistocene archaeological and palaeoanthropological evidences from Palawan and Luzon islands. Upper Pleistocene human fossils are still very scarce in the Philippine archaeological record, but excavations in Tabon Cave in Palawan and Callao Cave in Luzon have given the oldest human remains known so far from the Philippines (Dizon et al., 2002; Déroit et al., 2004; Mijares et al., 2010). The geographical location of those two archaeological sites (figure 1) is important because Palawan and Luzon islands are still inhabited nowadays by Negrito groups. Indeed, the Batak from the northern part of Palawan are described as “Negrito-like” hunter-gatherers (Eder, 1977), and the Agta (the “true Négritos”) are still occupying northeastern Luzon, and especially the Cagayan region where Callao cave is located (Griffin and Estioko-Griffin, 1985). We propose to examine and discuss here those two Upper Pleistocene archaeological human bones assemblages since we have shown in previous studies that they could attest an ancient presence of *Homo sapiens* of rather small body-size in those geographical areas (Déroit et al., 2004; Mijares et al., 2010). To test more thoroughly this observation, the present paper focuses specifically on 1. the first up-to-date synthetic review of the new researches conducted on Tabon Cave, augmented with previously unpublished observations on the human remains; and 2. the presentation and discussion of the results obtained from a new 3D geometric morphometric analysis of the fossil human third metatarsal found in Callao Cave compared to extant Asian *H. sapiens*, non-human catarrhines and ursids.

Figure 1 about here

## 2. Upper Pleistocene human remains from Tabon and Callao caves and their potential relatedness with the Philippine Négritos

### 2.1. Tabon Cave (Quezon, Palawan)

#### 2.1.1. From 1962 to 2012: a short history of excavations and research projects on Tabon Cave

The cave of Tabon is located on the Lipuun Point, a small karstic massif situated on the municipality of Quezon (western coast of Palawan, figure 1). The Lipuun Point was “discovered” and intensively surveyed during the 1960’ by the National Museum of the Philippines, under the direction of Robert B. Fox (Fox, 1962). More than two hundred caves were identified at this time and several of them were excavated, uncovering a part of the incredible archaeological richness of this small massif of limestone (Fox, 1970). Many of the caves were used as burial places during late Neolithic and metal-age cultural periods, including the small rockshelter where the Manunggul jar - one of the “national treasures” - was found. However the excavation of Tabon cave, whose floor was also partly covered by large fragments of burial jars at the time of its discovery by archaeologists, revealed evidences of much more ancient human occupations. Several archaeological assemblages characterized by abundant lithic artefacts and the absence of pottery were identified, and several 14C dates older than 15,000 BP were obtained (Fox, 1970). Tabon cave is thus an emblematic site for the early archaeology of the Philippines. It is particularly famous for the discovery of the “Tabon Man skullcap” (which is in fact an almost complete human frontal bone, figure 2), reportedly found in a disturbed stratigraphical context but most probably associated to the Upper Pleistocene archaeological layers, and considered for many years as the earliest human fossil known in the Philippines. However, the huge work made on the site during the 1960’ was only partly published in a synthetic monograph (Fox, 1970), which covers not only Tabon Cave but presents all the preliminary results obtained from the study of all the caves discovered in the Lipuun Point. Accordingly, this publication lacks many details and it is sometimes confusing in the presentation of the complex archaeostratigraphy of Tabon cave, which is disturbed by several sedimentary reworked areas where most of the human fossils were found (Fox explained those sedimentary disturbances by the digging activity of the birds known as “Tabon Megapodes” for their nests) . The archaeological material (including pottery, lithics and human fossils) is also very preliminarily presented; and unfortunately, the detailed studies and publications which were scheduled at this time and mentioned repeatedly in Fox (1970) never became true. After the death of Robert Fox, most of the material – including the human fossils - recovered during the excavations remained untouched for almost three decades.

Figure 2 about here

In the late 1990', the National Museum of the Philippines made a particular effort to reinvestigate the site and its archaeology, with several field campaigns undertaken from 1999 to 2001. A new collaborative research project with the Muséum national d'Histoire naturelle, primarily based on the study and dating of the human fossils, was established and subsequently developed. A synthetic publication of the results of the new studies and analyses undertaken in this frame is currently under progress. However, several significant results have already been obtained and published: the description and direct dating of several of the human fossils (Dizon et al., 2002; Déroit et al., 2004; Corny, 2008), the analysis of parts of the lithic assemblages (Jago-on, 2007; Schmidt, 2008; Xhauflair and Pawlik, 2010), and the 3D reconstruction of the spatial distribution of all the archaeological material found during the excavations undertaken in the 1960' (Corny and Déroit, 2010). Significant contributions on Tabon Cave were also published recently on lithics by Patole (Patole-Edoumba, 2009; Patole-Edoumba et al., 2012) and sedimentology and dating by Lewis (Lewis, 2007; Lewis et al., 2008).

#### 2.1.2. Age and morphological characteristics of the human fossils from Tabon cave

The study of the human fossils from Tabon Cave was undertaken in two steps, and a part of the work is still under progress. The three human remains selected for their potential ancestry by Fox (Fox, 1970: 40), including the famous Tabon frontal bone, were described in details for the first time, and two of them were directly dated (Dizon et al., 2002). The second step included the analysis of eleven new human bone fragments found during the excavations undertaken by the National Museum from 1999 to 2001, including a direct date obtained for one of the specimens (Déroit et al., 2004). The direct dates obtained with the U-series method gave the results of 16,500 +/- 2,000 BP for the frontal bone (numbered P-XIII-T-288), 31,000 +8,000 / -7,000 BP for one of the two fragments of mandible (n°P-XIII-T-436-Sq19), and 47,000 +11,000/-10,000 BP for a fragment of tibial shaft found in 2000 (n°IV-2000-T-197). Due to the methodological constraints of direct U-series dating techniques applied on bones (see the large error ranges associated to each date), those dates should certainly be considered as indications of the age of the fossils rather than their absolute age. In this respect, those results confirm nevertheless the great antiquity of several human bones discovered in Tabon Cave. Those results are in agreement with the hypothesis given by Fox that the "fossil human bones were associated with Flake Assemblage III" and thus "may be dated from 22,000 to 24,000 years ago", based on the radiocarbon dates obtained for this archaeological assemblage (Fox, 1970: 40).

As far as the morphology of the fossils is concerned, one of the most striking results obtained from the anthropological analyses and comparisons is the very large variability in terms of size and robustness shown by the assemblage of human remains (Dizon et al., 2002; Déroit et al., 2004). This is particularly evident if we take

into account the three fossils selected by Fox and the eleven bones discovered more recently. If the majority of the specimens (including the frontal bone n°P-XIII-T-288 and the fragment of mandible n°P-XIII-T-436-Sq19) exhibit rather small dimensions, the other fragment of mandible (no inventory number, see Dizon et al., 2002) shows very large dimensions and a very robust morphology of its mandibular corpus. Metrical comparisons undertaken for this particular specimen show its dimensions exceed those of the very large mandible of the *Homo sapiens* Wajak 2 and are equivalent to the dimensions of several *Homo erectus* specimens (Dizon et al., 2002: 664-665). The study of this particularly large and robust specimen included also comparisons with several specimens of *Pongo pygmaeus*. Due to a certain confusion which arose after this publication (see for instance Curnoe et al., 2012: 2, which also includes a wrong quotation of the concerned specimens), we insist here that the hypothesis that this fragment of mandible could belong to an orang-utan was clearly discarded on morphological grounds (Dizon et al., 2002: 663-664). Apart from this large individual, several fossil specimens recovered from Tabon cave could potentially correspond to the range of variation of morphology and especially size of the Philippine Negrito. However, more detailed comparisons with series of recent Négritos are needed to test further this hypothesis. This work is scheduled in the near future and will include the whole series of human bones recovered from Tabon Cave. Indeed, the new collaborative and multidisciplinary work undertaken on the whole collections and archives from Tabon Cave preserved at the National Museum of the Philippines revealed the considerable amount of archaeological specimens and data collected during the excavations in the 1960'. Until now, more than two hundred bones and fragments of bones found in Tabon cave have been identified as human in the collections (Corny, 2008). Those large quantities of human bones – not mentioned in Fox (1970) - certainly correspond to a mix of actually ancient fossils and fragmentary skeletal remains derived from the Neolithic / Metal-Age burial jars which were present on the surface of the cave when it was discovered. The archives include a substantial number of field documents, notes, sketches, maps and the complete and systematic inventory record of all the individual discoveries made during the excavations. Most of those documents contain precious primary information and data (never been published so far) which allowed us to completely reconstruct the 3D spatial distribution of all the objects recovered from the cave (Corny and Détroit, 2010). This on-going work, cross-validated by several field campaigns since 2006, already confirmed the presence of at least two *in situ* lithic assemblages (without pottery) located below the layers containing mixed lithics and potsherds. Field work focusing on the study of the long stratigraphic sequence and new samples obtained from various layers, including charcoals from a fireplace still preserved in a small remnant of one of the two ancient archaeological layers, should give a more comprehensive and definite picture of all the layers deposited in the cave. This work

on spatial distribution was also useful to assess the original location of the human bones in the stratigraphy, and it has already been possible to verify the exact provenience of the frontal bone (n°P-XIII-T-288) which was indeed derived, as most of the total series of human bones, from an area where the deposits were highly disturbed and reworked. As shown by the dates obtained on two of the fossils, the disturbed zones actually contain Upper Pleistocene human remains, and we are presently working on the whole collection of human bones to distinguish those which are potentially old based on their state of preservation and mineralization. Preliminary results of the anthropological analysis of the whole collection tend to confirm the presence of two morphotypes, one small and gracile and one large and robust, which seems to be difficult to explain by sexual dimorphism in a single population only. To complete this work and to test this hypothesis, it seems however mandatory to get more solid chronological data on the deposits, as well as on the fossil specimens.

## 2.2. Callao Cave (Peñablanca, Cagayan region, Luzon)

### 2.2.1. Callao cave in the context of the prehistory of the Cagayan region

Callao Cave is located in the “Callao Limestone Formation”, in the municipality of Peñablanca, northeastern Luzon (Cagayan Province, see figure 1). The Cagayan region is famous for its richness in prehistoric sites: caves in the limestone formations and open air sites in the Cagayan Valley. As soon as 1947, several open-air sites of the Cagayan Valley delivered fossils of large mammals now extinct on Luzon (*Rhinoceros*, *Elephas*, *Stegodon*, etc) and tentatively attributed to the Middle Pleistocene (Beyer, 1947; von Koenigswald, 1956). By the end of the 1950s, stone tools - described as the “Cabalwanian pebble tool complex” - as well as tektites were found on the surface of the same sites (von Koenigswald, 1958). Though no conclusive evidences of the actual association of the lithic tools with the old fauna were found, the hypothesis of the presence of *Homo erectus* on Luzon Island (the famous hypothetical “*Homo erectus philippinensis*”) started to be taken very seriously among prehistorians and palaeontologists. At the end of the first six years of the Lipuun Point project in Palawan, Robert Fox realised with the discoveries made in Tabon Cave that the presence of humans in the Philippines was indeed ancient (Fox, 1970). In 1971, Fox and the National Museum decided to launch a new research project in the Cagayan Valley, with the ambition to find new sites and clues of the actual association of the stone tools and the extinct faunas (Fox, 1971). Numerous sites were found and large assemblages of fossil remains and lithic tools were collected, with in fact a majority of flakes rather than pebble tools (Fox, 1973; Fox and Peralta, 1974). Despite numerous efforts made in the 1970s and more recently on the excavation of the major open-air sites of the Cagayan Valley (Espinosa Ranch and Madrigal Ranch for instance) and the development of several geological projects (Lopez, 1972; Vondra and Mathisen, 1978; Mathisen and Vondra, 1983; Bautista and de Vos, 2000; de Vos and Bautista,

2003), no solid evidence has been found until now for the Middle Pleistocene age of the lithic tools, i.e. the presence of humans at this time period in the Philippines (Pawlik and Ronquillo, 2003; Dizon and Pawlik, 2010; Patole-Edoumba et al., 2012).

In 1976, the National Museum extended the Cagayan project to the exploration of the caves of the Callao limestone formation, expecting to find old archaeological layers better preserved than in open-air sites (Ronquillo and Santiago, 1977). Numerous caves and rock shelters have been excavated since the late 1970s, and a rich archaeological record has been obtained for the late Upper Pleistocene and the Holocene (see for instance Ronquillo, 1981, 2000; Mijares, 2005, 2007). While tested in 1979 and 1980 for its archaeological content, new excavations were started in Callao Cave in 2003 under the direction of A.S. Mijares. During this first new field campaign, an archaeological layer containing flake tools and charcoals was radiocarbon dated to 25,968 +/- 373 BP, which was the most ancient date obtained for an *in situ* human occupation layer in northern Luzon (Mijares, 2005). In 2007, a breccia layer containing a dense assemblage of animal teeth, bones and bone fragments was found in square 2, at a depth of c. 270-295 cm below the cave surface (Mijares et al., 2010). Two cervid teeth from the breccia layer gave U-series ages of 52,000 +/-1,400 and 54,300 +/- 1,900 years ago, with a combined ESR/U-series result of 66,000 +11,000/-9,000 years ago for the first one (and no result for the second one). Not a single lithic tool was found in this breccia layer, but cutmarks were securely identified on the surface of at least seven animal bones (Mijares et al., 2010; Manalo, 2011). Among the animal bones, a human right third metatarsal (MT3, Figure 3) was identified and gave a direct U-series age of 66,700 +/-1,000 (Mijares et al., 2010). Observations made on the state of preservation of the faunal remains indicate that the breccia layer probably corresponds to an accumulation of bones and teeth redeposited after water-transport (Mijares et al., 2010). While additional field work and sedimentological analyses are needed to clarify the exact timing and process of deposits corresponding to the breccia layer, such reworking could explain the discrepant ESR/U-series results (Mijares et al., 2010).

Figure 3 about here

#### 2.2.2. Size and shape affinities of the Callao third metatarsal

While showing a clear “human-like” morphology, the overall size of the MT3 is obviously small. It is almost complete, but its distal part is damaged. Examination of micro-CT scan images does not show the presence of a metaphyseal surface. The internal morphology of the distal part would thus better correspond to an adult metatarsal whose head was broken post-mortem. The first series of morphological and metrical comparisons showed that the characteristics of the Callao MT3 are definitely closer to *Homo sapiens* than to other primates



presently found on Luzon Island (*Macaca fascicularis*) or on relatively close islands (*Pongo* and *Hylobates* which are present in Borneo). The main distinctive morphological traits of the Callao MT3 are as follow: the dorsal surface of the shaft is straight; the medial and lateral borders of the shaft are slightly and regularly convergent from posterior to anterior; the proximal articular facet for the lateral cuneiform shows an elongated triangular outline (Mijares et al., 2010). Those features are not found on *Macaca*, *Hylobates* and *Pongo*, and the overall size of the Callao MT3 is clearly larger than *Macaca* and *Hylobates*, and really smaller than *Pongo*. In Mijares (2010), metrical comparisons with two small samples of Philippine Negrito (males and females) showed that the Callao MT3 enters the range of variability of the Négritos for the total length, while the majority of the other dimensions are smaller in the Callao bone (especially the dimensions of the proximal articular facet).

Because the Callao MT3 shows peculiar characteristics in terms of size and shape, we are currently developing a new comparative analysis of the fossil based on 3D geometric morphometric methods (Procrustes analysis), for which we present here the first preliminary results. Procrustes method allows rigorous statistical analyses of size and shape differences and it is now applied frequently in taxonomically oriented palaeoanthropological studies (see for instance Harvati, 2003; Harvati et al., 2004; Slice, 2005; Terhune et al., 2007; Baab, 2008; Bouée and Déroit, 2008, 2010; Zeitoun et al., 2010). The first step of this study is to test the analytical approach on a large comparative sample of third metatarsals, including *H. sapiens* and several Asian mammals for which the morphology and size of the MT3 is relatively close to human. The second step consists in the assessment of the morphometric affinities of the Callao MT3 and to test the results obtained previously in Mijares (2010). The total sample includes 138 third metatarsals of recent adult *Homo sapiens* (Philippine Négritos and other Asian *H. sapiens*), *Pongo*, cercopithecids (*Macaca* and *Nasalis*), hylobatids (*Hylobates* and *Nomascus*), ursids (*Helarctos* and *Ursus*) and *Ailurus*. This sample covers a large spectrum of Asian genus in order to check for all potential confusions in the attribution of the Callao MT3, it should be noticed however that only two of them are present on Luzon Island (*Homo* and *Macaca*). All the third metatarsals were digitized with a Nextengine surface scanner, and the 3D Cartesian coordinates of a total of 20 landmarks (figure 4) were registered for each individual 3D model using Landmark (IDAV visualization and Graphics Research Group, 2007). All Procrustes superimpositions and associated statistics were performed with R (R Development Core Team, 2011), with the package “shapes” (Dryden, 2012) and several functions written by Claude (2008).

Figure 4 about here

The first analysis includes the 20 landmarks for all the specimens, except the Callao MT3 which is incomplete in its distal part. The results of the Principal Components Analysis (PCA) show a clear pattern in the repartition of

the specimens on PC1-PC2, which accounts for more than 55% of the total variation (Figure 5). Shape differences are clearly related to locomotor behaviours and substrate preferences. PC1 distinguishes arboreal individuals (non-human primates and *Ailurus*), which plot on the negative side of the axis, from terrestrial individuals (*H. sapiens* and ursids) which are found on the positive side of the axis. Along PC2, terrestrial plantigrades are separated into quadrupeds (ursids, negative values for PC2) and bipeds (*H. sapiens*, positive values for PC2). From this first analysis, it is clear that shape variations of the third metatarsal are good indicators of locomotor behaviours and thus clearly distinguish human bipeds from other mammals.

Figure 5 about here

The second analysis aims at including the Callao MT3 in the study to assess its shape affinities. Due to the incomplete state of the Callao MT3, the second analysis was made only on the landmarks of the proximal part of the third metatarsals (15 landmarks). The results of the PCA are more subtle than in the previous analysis. But the position of the specimens on PC1-PC2-PC3 (Figure 6), which explains more than 43% of the total variation, is still strongly related with locomotor behaviours and substrate preferences of the different taxonomic groups. In this analysis, the Callao MT3 plots clearly closer to *H. sapiens* than to any other group. The shape of the Callao MT3 definitely corresponds to a bipedal individual, but it is obviously at the margin of the distribution of the *H. sapiens* sample included in this analysis.

Figure 6 about here

Those preliminary results, combined with the results obtained previously, confirm that the Callao MT3 belongs to a bipedal individual (*i.e.* to the genus *Homo*). The small dimensions of the Callao MT3 would align it more firmly with the Philippine Négritos, but it remains obvious that this fossil presents a series of peculiar morphological features. This study needs to be continued to ascertain the affinities of the Callao fossil. Some of the comparative samples need to be enlarged, and fossil specimens of the genus *Homo* should be included. Even though third metatarsals are scarce in the hominin fossil record, including the Liang Bua specimens (Jungers et al., 2009a; Jungers et al., 2009b) appears to be particularly recommended since common characteristics are shared by the sites of Callao and Liang Bua: the age of the fossils, the positions of Flores and Luzon islands across the Wallace line and thus the highly endemic faunas of the two islands (Heaney, 1998; van den Bergh, 1999; de Vos et al., 2007; van den Bergh et al., 2009; Heaney et al., 2011).

### 3. Discussion and concluding remarks

The human fossils found in Tabon and Callao caves are very significant discoveries since they are the oldest human remains known so far from the Philippines and from Island Southeast Asia as a whole, together with the

fossils from Niah Cave in Sarawak, Borneo Island (Harrisson, 1959; Barker, 2005; Gilbertson et al., 2005; Barker et al., 2007). The earliest securely dated archaeological evidences indicate a human presence in Australia at around 40,000 to 45,000 years ago (O'Connell and Allen, 2004), but very few Australian fossils of this antiquity are known until now (Thorne et al., 1999; Brown, 2000; Gillespie and Roberts, 2000; Bowler et al., 2003). The Tabon and Callao fossils are thus particularly relevant to discussions regarding the timing and process of the first arrivals of *Homo sapiens* in Australasia, and the potential contemporaneity of our species with other hominin species (late *H. erectus* in Java, and *H. floresiensis* in Flores: see for instance Brown et al., 2004; Zeitoun et al., 2010).

The results of the anthropological studies of the human fossils from Tabon and Callao presented in this article pointed out several interesting characteristics of their morphology. In particular, some of the fossil specimens from both sites are small and gracile, showing to some extent affinities with Philippine Négritos. The Callao metatarsal is small and definitely closer to Philippine Négritos than to Philippine non-Négritos; while the human fossil assemblage from Tabon Cave is mosaic, including eventually two different morphological groups. However, if the Tabon fossils clearly enter the variation range known for Asian *H. sapiens*, it is not exactly the case until now for the Callao fossil. Even though our results are still preliminary and need further developments of the analyses to be confirmed, it remains possible to hypothesize on plausible explanations for our observations taking into account the particular biogeographical settings of Palawan and Luzon.

Borneo, where the early *H. sapiens* remains of Niah were found, is part of Sundaland and was thus attached to the mainland during Quaternary low sea levels. It was most probably not the case for Palawan Island, and certainly not for Luzon Island (see for instance Voris, 2000). The presence of Upper Pleistocene human fossils on those Philippine islands clearly indicate sea crossing capabilities for the human groups which settled in the area. It also probably implies a quite strong isolation of those pioneer groups, and it is possible that a certain amount of insular endemism could have played an important role in the make-up of those early human populations. A closer look at biogeographical settings shows contrasted situations for the two islands: Palawan is geographically very close to Borneo and their respective faunas are very similar, while Luzon is more remote and presents a highly endemic (“impoverished”) fauna (Heaney, 1998; Heaney et al., 2011). According to the results of the analyses made on the Callao fossil, and taking into account its age in excess of 60,000 years ago, we are considering seriously the possibility that it could belong to a particular - endemic – type of *Homo* (mimicking *H. floresiensis*?). However, we are fully aware that one single bone is clearly not sufficient to support such a hypothesis. For the moment, it is thus reasonable to keep the hypothesis that it belongs to *H.*

*sapiens*, particularly Négritos, as the main hypothesis. Further excavations and researches in Callao cave are promising, and it is expected that new findings could help to test more thoroughly those hypotheses. As far as Tabon cave is concerned, it is necessary to continue the anthropological analysis of the whole assemblage of human bones and to pursue the work on the chronology of human occupations in the cave. With present results, it seems plausible that two morphologically different human populations were living in the Lipuun Point during the Upper Pleistocene time period. While still conditional and depending on the exact age of the two morphotypes, this observation could be accommodated in one of the two models for the origin of the Philippine Négritos: either distinct origins for Négritos and non-Négritos (corresponding to two different migrations into Palawan), or a common origin followed by divergent evolutions. While often described as probably belonging to a sub-adult individual, the Deep Skull from Niah Cave on Borneo Island is small in size and presents a gracile morphology (Brothwell, 1960; Kennedy, 1977; Barker et al., 2007). This fossil specimen dated to 45,000 to 39,000 cal. BP (Barker et al., 2007) presents striking similarities with the gracile morphotype observed in Tabon Cave. Accordingly, the almost contemporaneous human remains recovered from Niah and Tabon probably indicate the presence of a human population of small body-size during part of the Upper Pleistocene time period in “central” island Southeast Asia (*i.e.* Borneo and Palawan islands).

As a concluding remark on the question of the origin of Philippine Négritos, striking observations can be made from the palaeoanthropological and archaeological record of the Philippines. However, the amount of currently available fossils and associated archaeological data is still obviously too meager for pretending to decipher such a complex question as the population (pre-)history of the Philippines. The fossils from Tabon and Callao document some of the earliest arrivals of the genus *Homo* in the Philippine archipelago, but late Upper Pleistocene and early Holocene human remains are almost absent from the Philippine fossil record. Until now, the cremated human remains recovered from Ille Cave (Palawan) and directly dated to c. 9,000-9,500 cal. BP are the only exception (Lewis et al., 2008). This finding documents the earliest intentional cremation from Southeast Asia, with a series of complex mortuary gestures before and after the cremation of the human bones (Lewis et al., 2008). The bones represent a female individual with a short stature (Lewis et al., 2008) and it is expected that future detailed morphological descriptions and comparisons could provide valuable insights on its biological affinities. The evolution of the morphology of the inhabitants of the Philippines through time until the present-day picture thus remains largely unknown. It is however expected that future research efforts, combining palaeoanthropology, linguistics and genetics, will bring new results and arguments in the discussion. Anthropological and genetic work on “recent archaeological” individuals (pre-Hispanic period) found in recent

excavations or already present in the collections could probably help to fill in a part of the gap between very ancient fossils and extant populations.

#### Acknowledgments

We wish to thank P. Endicott and F. Manni for the invitation to take part in the International Workshop “Revisiting the 'Negrito' Hypothesis, An Inter-Disciplinary Synthesis of the Prehistory of Southeast Asia”. We are grateful for the support of the National Museum of the Philippines, especially its director J. Barns, its previous director C. Alvina, as well as the Archaeology Division and its chief W. Ronquillo. We also benefited from the support of several colleagues and students from the Archaeological Studies Program of the University of the Philippines. We acknowledge the support of the Cagayan Provincial Government and the Protected Area Management Board-Peñablanca for fieldwork at Callao Cave. Parts of this research received support from the Wenner-Gren Foundation, the National Geographic Society, Erasmus Mundus Quaternary & Prehistory exchange programs and the PREHSEA European project. We are grateful for the help and support of M. Arzarello, G. Berillon, G. Champion, G. Daver, A. Fort, S.C. Jago-on, W. Jungers, V. Laborde, P. Mennecier, P. Piper, A.-M. Sémah and F. Sémah.

#### Literature Cited

- Abdulla, M.A., Ahmed, I., Assawamakin, A., et al. 2009. Mapping human genetic diversity in Asia. *Science* 326:1541–5.
- Baab, K.L. 2008. The taxonomic implications of cranial shape variation in *Homo erectus*. *Journal of human evolution* 54:827–847.
- Bahuchet, S. 1993. L'invention des Pygmées. *Cahiers d'Etudes Africaines* 33:153–181.
- Barker, G. 2005. The archaeology of foraging and farming at Niah Cave, Sarawak. *Asian Perspectives* 44:90-106.
- Barker, G., Barton, H., Bird, M., et al. 2007. The “human revolution” in lowland tropical Southeast Asia: the antiquity and behavior of anatomically modern humans at Niah Cave (Sarawak, Borneo). *Journal of human evolution* 52:243–61.

- Barrows, D. 1910. The Negrito and Allied Types in the Philippines. *American Anthropologist* 12:358–537.
- Bautista, A.P., and de Vos, J. 2000. Archaeological exploration and excavation at Solana, Cagayan. Progress Report n°4. *Unpublished report of the National Museum of the Philippines* 1-17.
- Bean, R.B. 1910a. *The racial anatomy of the Philippines islanders*. Philadelphia 1 London: J.B. Lippincott Company.
- Bean, R.B. 1910b. Types of Négritos in the Philippine Islands. *American Anthropologist* 12:220–236.
- Becker, N.S., Verdu, P., Hewlett, B., et al. 2010. Can life history trade-offs explain the evolution of short stature in human pygmies? A response to Migliano et al. (2007). *Human biology* 82:17–27.
- Becker, N.S., Verdu, P., Froment, A., et al. 2011. Indirect evidence for the genetic determination of short stature in African Pygmies. *American journal of physical anthropology* 145:390–401.
- Bellwood, P., and Dizon, E. 2005. The Batanes Archaeological Project and the “Out of Taiwan” hypothesis for Austronesian dispersal. *Journal of Austronesian Studies* 1:1–32.
- Bellwood, P. 2011. Holocene Population History in the Pacific Region as a Model for Worldwide Food Producer Dispersals. *Current Anthropology* 52:S363–S378.
- van den Bergh, G.D., Meijer, H.J.M., Due Awe, R., et al. 2009. The Liang Bua faunal remains: a 95k.yr. sequence from Flores, East Indonesia. *Journal of Human Evolution* 57:527-537.
- van den Bergh, G.D., 1999, The Late Neogene elephantoid-bearing faunas of Indonesia and their palaeozoogeographic implications. A study of the terrestrial faunal succession of Sulawesi, Flores and Java, including evidence for early hominid dispersal east of Wallace’s line. *Scripta Geologica* 117:1–419.
- Beyer, H.O. 1947. Outline review of Philippine archaeology by islands and provinces. *Philippine Journal of Science* 77:205–374.
- Blumentritt, F. 1900. *The Philippines. A summary account of their ethnographical, historical and political conditions*. Chicago: Donohue Brothers.

- Bouée, S., and Déroit, F. 2008. Diversité taxonomique des Hominidés fossiles en Asie : de nouvelles méthodes pour une vieille question. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 20:13–31.
- Bouée, S., and Déroit, F. 2010. Morphométrie géométrique et classification phylogénétique, application à la question de l'origine d'*Homo sapiens* en Asie. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 22: 172–184.
- Bowler, J.M., Johnston, H., Olley, J.M., et al. 2003. New ages for human occupation and climatic change at Lake Mungo, Australia. *Nature* 421:837–840.
- Brothwell, D.R. 1960. Upper Pleistocene human skull from Niah caves, Sarawak. *Sarawak Museum Journal* 9:323-350.
- Brown, P., Sutikna, T., Morwood, M.J., et al. 2004. A new small-bodied hominin from the Late Pleistocene of Flores, Indonesia. *Nature* 431:1055–1061.
- Brown, P. 2000. Australian Pleistocene variation and the sex of Lake Mungo 3. *Journal of human evolution* 38:743–749.
- Claude, J. 2008. *Morphometrics with R*. Berlin: Springer.
- Corny, J., and Déroit, F. 2010. Les ossements humains de la grotte de Tabon (Palawan, Philippines) : Répartition spatiale et étude d'une collection d'ossements inédite. *Annali dell'Università di Ferrara Museologia Scientifica e Naturalistica* 6:77–84.
- Corny, J. 2008. *Les restes humains de la grotte de Tabon (Palawan, Philippines) : répartition spatiale et étude d'une collection d'ossements inédite*. Unpublished Master thesis, Paris: Muséum national d'Histoire naturelle 1-117.
- Curnoe, D., Xueping, J., Herries, A.I.R., et al. 2012. Human Remains from the Pleistocene-Holocene Transition of Southwest China Suggest a Complex Evolutionary History for East Asians. *PLoS ONE* 7:e31918.

- Delfin, F., Salvador, J.M., Calacal, G.C., et al. 2011. The Y-chromosome landscape of the Philippines: extensive heterogeneity and varying genetic affinities of Negrito and non-Negrito groups. *European journal of human genetics* 19:224–230.
- Dizon, E.Z., Déroit, F., Sémah, F., et al. 2002. Notes on the morphology and age of the Tabon Cave fossil *Homo sapiens*. *Current Anthropology* 43:660–666.
- Dizon, E.Z., and Pawlik, A.F. 2010. The lower Palaeolithic record in the Philippines. *Quaternary International* 223-224:444–450.
- Dryden, I. 2012. *shapes package*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Contributed package. URL <http://www.R-project.org>.
- Déroit, F., Dizon, E.Z., Falguères, C., et al. 2004. Upper Pleistocene *Homo sapiens* from the Tabon cave (Palawan, The Philippines): description and dating of new discoveries. *Comptes Rendus Palevol* 3:705–712.
- Eder, J. 1977. Portrait of a dying society: Contemporary demographic conditions among the Batak of Palawan. *Philippine quarterly of culture and society* 5:12–20.
- Flower, W. 1880. On the osteology and affinities of the natives of the Andaman Islands. *The Journal of the Anthropological Institute of Great Britain and Ireland* 9:108–135.
- Fox, R.B. 1962. First progress report of excavation in the Alfonso XIII caves, Palawan. *Unpublished report of the National Museum of the Philippines* 1-17.
- Fox, R.B. 1970. *The Tabon Caves*. Manila: Monograph of the National Museum.
- Fox, R.B. 1971. Ancient Man and Pleistocene Fauna in Cagayan Valley, Northern Luzon, Philippines. *Unpublished report of the National Museum of the Philippines* 1-17.
- Fox, R.B. 1973. The Philippine Palaeolithic. *Unpublished paper presented at the Conference on the Early Palaeolithic of East Asia, Montreal, Canada, August 28-31, 1973*. 1–24.
- Fox, R.B., and Peralta, J.T. 1974. Preliminary report on the Palaeolithic archaeology of Cagayan Valley, Philippines, and the Cabalwanian industry. In: *Proceedings of the first regional seminar on Southeast*



*Asian prehistory and archaeology June 26-July 4, 1972 Manila*. Manila: National Museum of the Philippines 100–147.

Gilbertson, D.D., Bird, M., Hunt, C., et al. 2005. Past human activity and geomorphological change in a guano-rich tropical cave mouth: initial interpretations of the Late Quaternary succession in the Great Cave of Niah, Sarawak. *Asian Perspectives* 44:16–41.

Gillespie, R., and Roberts, R.G. 2000. On the reliability of age estimates for human remains at Lake Mungo. *Journal of human evolution* 38:727–732.

Griffin, P.B., and A. Estioko-Griffin, eds. 1985. *The Agta of Northeastern Luzon*. Cebu City: University of San Carlos.

Gunnarsdóttir, E.D., Li, M., Bauchet, M., et al. 2011. High-throughput sequencing of complete human mtDNA genomes from the Philippines. *Genome research* 21:1–11.

Hamy, E. 1876. Les Négritos à Bornéo. *Bulletins de la Société d'Anthropologie de Paris* 11 (2<sup>e</sup> série):113–120.

Harrison, T. 1959. New Archaeological and Ethnological Results from Niah Caves, Sarawak. *Man* 59:1–8.

Harvati, K., Frost, S.R., and McNulty, K.P. 2004. Neanderthal taxonomy reconsidered: implications of 3D primate models of intra- and interspecific differences. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101:1147–1152.

Harvati, K. 2003. The Neanderthal taxonomic position: models of intra- and inter-specific craniofacial variation. *Journal of Human Evolution* 44:107–132.

Heaney, L., Piper, P., and Mijares, A.S.B. 2011. The first fossil record of endemic murid rodents from the Philippines: A late Pleistocene cave fauna from northern Luzon. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 124:234–247.

Heaney, L.R. 1998. A synopsis of the Mammalian fauna of the Philippines Islands. *Fieldiana Zoology* 88:1–61.

Hill, C., Soares, P., Mormina, M., et al. 2006. Phylogeography and ethnogenesis of aboriginal Southeast Asians. *Molecular biology and evolution* 23:2480–2491.

- Hung, H., Carson, M.T., Bellwood, P., et al. 2011. The first settlement of Remote Oceania: the Philippines to the Marianas. *Antiquity* 85:909–926.
- Hung, H.-C., Iizuka, Y., Bellwood, P., et al. 2007. Ancient jades map 3,000 years of prehistoric exchange in Southeast Asia. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104:19745–19750.
- IDAV visualization and Graphics Research Group. 2007. *Landmark 3.0*. University of California, Davis. <http://graphics.idav.ucdavis.edu/research/EvoMorph>.
- Jago-on, S.C.B. 2007. Analysis of the lithic materials recovered during the 2000-2001 archaeological excavations of Tabon Cave, Palawan Island, Philippines. *Proceedings of the Society of the Philippine Archaeologists* 5:24–34.
- Jungers, W.L., Harcourt-Smith, W.E.H., Wunderlich, R.E., et al. 2009. The foot of *Homo floresiensis*. *Nature* 459:81-84.
- Jungers, W.L., Larson, S.G., Harcourt-Smith, W., et al. 2009. Descriptions of the lower limb skeleton of *Homo floresiensis*. *Journal of Human Evolution* 57:538-554.
- Kennedy, K.A.R. 1977. The deep skull of Niah: an assessment of twenty years of speculation concerning its evolutionary significance. *Asian Perspectives* 20:32-50.
- Kneeland, S. 1883. The Négritos of Luzon. *Science* 1:415–417.
- von Koenigswald, G.H.R. 1956. Fossil mammals from the Philippines. In: *Proceedings of the Fourth Far-Eastern Prehistory and the Anthropology Division of the 8th Pacific Science Congresses combined*. Quezon City: National Research Council of the Philippines 339–369.
- von Koenigswald, G.H.R. 1958. Preliminary report on a newly-discovered stone age culture from Northern Luzon. *Asian Perspectives* 2:69–70.
- Lewis, H., Johnson, K., and Ronquillo, W. 2008. Preliminary results of speleothem dating from Tabon Cave, Palawan, Philippines: moisture increase at the Last Glacial Maximum. *Hukay* 12:35–50.
- Lewis, H. 2007. Preliminary soil micromorphology studies of landscape and occupation history at Tabon Cave, Palawan, Philippines. *Geoarchaeology* 22:685–708.

- Lewis, H., Paz, V., Lara, M., et al. 2008. Terminal Pleistocene to mid-Holocene occupation and an early cremation burial at Ille Cave, Palawan, Philippines. *Antiquity* 82:318-335.
- Lopez, S.M. 1972. Contributions to the Pleistocene geology of Cagayan Valley, Philippines I. Geology and Paleontology of Liwan plain. *Unpublished paper presented at the Seminar on Southeast Asian Prehistory and Archaeology*. Manila: National Museum of the Philippines 1–16.
- Manalo, K. 2011. *Preliminary identification of cutmarks morphology on animal bones. Methods and applications*. Unpublished Master thesis, Manila: Archaeological Studies Program, University of the Philippines Diliman.
- Mathisen, M., and Vondra, C. 1983. The fluvial and pyroclastic deposits of the Cagayan Basin, Northern Luzon, Philippines—an example of non-marine volcanoclastic sedimentation in an interarc basin. *Sedimentology* 30:369–392.
- Meyer, A. 1899. *The distribution of the Négritos in the Philippine Islands and elsewhere*. Dresden: Stengel & Co.
- Migliano, A.B., Vinicius, L., and Lahr, M.M. 2007. Life history trade-offs explain the evolution of human pygmies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 104:20216–20219.
- Migliano, A.B., Vinicius, L., and Lahr, M.M. 2011. Why Are Pygmies So Short? A Defense of Migliano’s Hypothesis. *Human Biology* 82:109–113.
- Mijares, A.S. 2005. The Archaeology of Peñablanca Cave Sites , Northern Luzon, Philippines. *Journal of Austronesian Studies* 1:65–93.
- Mijares, A.S. 2006. The early Austronesian migration to Luzon: perspectives from Peñablanca cave sites. *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 26:72–78.
- Mijares, A.S. 2007. *Unearthing Prehistory. The Archaeology of Northeastern Luzon, Philippine Islands*. Oxford: British Archaeological Research International Series 1613.
- Mijares, A.S., Détroit, F., Piper, P., et al. 2010. New evidence for a 67,000-year-old human presence at Callao Cave, Luzon, Philippines. *Journal of human evolution* 59:123–132.

- Montano, J. 1886. *Voyage aux Philippines et en Malaisie*. Paris : Librairie Hachette et Cie.
- O'Connell, J., and Allen, J. 2004. Dating the colonization of Sahul (Pleistocene Australia–New Guinea): a review of recent research. *Journal of Archaeological Science* 31:835–853.
- Patole-Edoumba, E., Pawlik, A.F., and Mijares, A.S. 2012. Evolution of prehistoric lithic industries of the Philippines during the Pleistocene. *Comptes Rendus Palevol* 11:213–230.
- Patole-Edoumba, E. 2009. A typo-technological definition of Tabonian industries. *Bulletin of the Indo-Pacific Prehistory Association* 29:21–25.
- Pawlik, A., and Ronquillo, W.P. 2003. The Palaeolithic in the Philippines. *Lithic Technology* 28:79–93.
- Perry, G.H., and Dominy, N.J. 2009. Evolution of the human pygmy phenotype. *Trends in ecology & evolution* 24:218–225.
- Pickering, C. 1850. *The races of Man and their geographical distribution*. London: H.G. Bohn, York Street, Covent Garden.
- Pycraft, W. 1925. Diagnoses of Four Species and One Sub-Species of the Genus *Homo*. *Man* 25:162–164.
- de Quatrefages, A. 1887. *Les pygmées*. Paris : Librairie J.-B. Baillière et Fils.
- R Development Core Team. 2011. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>.
- Ronquillo, W.P., and Santiago, R. 1977. Archaeological caves and open sites explorations at Penablanca Cagayan province. *Unpublished report of the National Museum of the Philippines* 1–30.
- Ronquillo, W.P. 1981. *The Technological and Functional Analyses of Lithic Flake Tools from Rabel Cave, Northern Luzon, Philippines*. Manila: Anthropological Paper of the National Museum.
- Ronquillo, W.P. 2000. State of Archaeological Research in Cagayan Valley, Northern Luzon, Philippines. *The Journal of History* 46:23–34.
- Schmidt, P. 2008. Characterization and Geological Provenance of Jasper that was used for Debitages in the Archaeological Site of Tabon Cave, Philippines. *Hukay* 14:3–12.

Scholes, C., Siddle, K., Ducourneau, A., et al. 2011. Genetic diversity and evidence for population admixture in Batak Négritos from Palawan. *American journal of physical anthropology* 146:62–72.

Slice, D.E. ed. 2005. *Modern Morphometrics in Physical Anthropology*. New York, Boston, Dordrecht, London, Moscow: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Stoneking, M., and Delfin, F. 2010. The human genetic history of East Asia: weaving a complex tapestry. *Current biology* 20:188–193.

Terhune, C.E., Kimbel, W.H., and Lockwood, C.A. 2007. Variation and diversity in *Homo erectus*: a 3D geometric morphometric analysis of the temporal bone. *Journal of human evolution* 53:41–60.

Thangaraj, K., Chaubey, G., Reddy, A.G., et al. 2006. Unique origin of Andaman Islanders: insight from autosomal loci. *Journal of human genetics* 51:800–804.

Thangaraj, K., Singh, L., Reddy, A.G., et al. 2003. Genetic Affinities of the Andaman Islanders, a Vanishing Human Population. *Current Biology* 13:86–93.

Thorne, A., Grün, R., Mortimer, G., et al. 1999. Australia's oldest human remains: age of the Lake Mungo 3 skeleton. *Journal of Human Evolution* 36:591–612.

Vondra, C., and Mathisen, M. 1978. Pleistocene studies in the cagayan valley, Northern Luzon, Philippines. *Unpublished preliminary report of the Iowa State University and National Museum of the Philippines*. 1-20.

Voris, H.K. 2000. Maps of Pleistocene Sea Levels in South East Asia: Shorelines, River Systems, Time Durations. *Journal of Biogeography* 27:1153–1168.

de Vos, J., and Bautista, A.P. 2003. Preliminary notes on the vertebrate fossils from the Philippines. *Proceedings of the Society of Philippine Archaeologists* 1:42–62.

de Vos, J., Ostende, L., and Bergh, G. 2007. Patterns in insular evolution of mammals: a key to island palaeogeography. In *Biogeography, time, and place: distributions, barriers, and islands*, W. Renema, ed. Dordrecht: Springer, 315-345.

Xhaufclair, H., and Pawlik, A. 2010. Usewear and residue analysis: contribution to the study of the lithic industry from Tabon Cave, Palawan, Philippines. *Annali dell'Università di Ferrara Museologia Scientifica e Naturalistica* 6:147–154.

Zeitoun, V., Déroit, F., Grimaud-Hervé, D., et al. 2010. Solo man in question: Convergent views to split Indonesian *Homo erectus* in two categories. *Quaternary International* 223-224:281–292.

Figure 1: Location of Tabon Cave (Palawan, Philippines) and Callao Cave (Cagayan Province, Luzon, Philippines). Approximated paleoshorelines of the lowest sea-levels in the Quaternary are shown in grey.

Figure 2: The human frontal bone recovered from Tabon Cave (n° P-XIII-T-288)

Figure 3: The human right third metatarsal recovered from Callao Cave

Figure 4: Location of the 20 landmarks registered on each individual 3D model (from left to right: proximal, dorsal and medial views)

Figure 5: Procrustes analysis of 20 landmarks on complete right third metatarsals: scatterplot of PC1 vs. PC2; and visualization of shape changes along PC1 and PC2.

Figure 6: Procrustes analysis of 15 landmarks on the proximal part of right third metatarsals: scatterplot of PC1 vs. PC2 and PC3 vs. PC2; and visualization of shape changes along PC1, PC2 and PC3.

Figure 1:

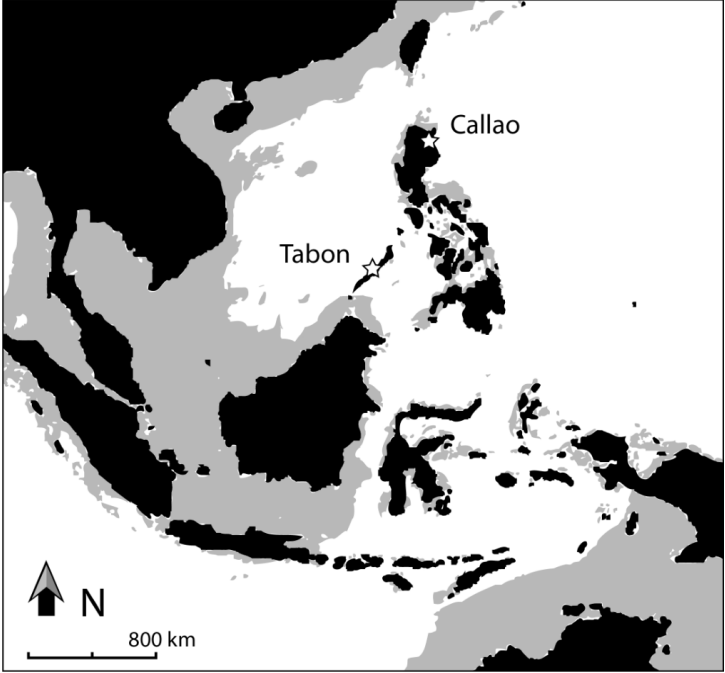


Figure 2:

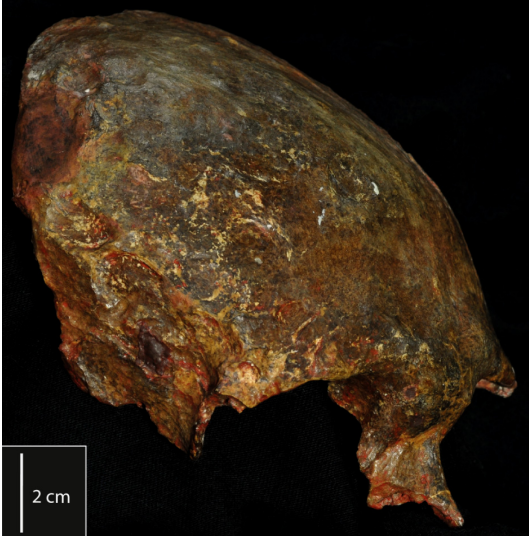


Figure 3:

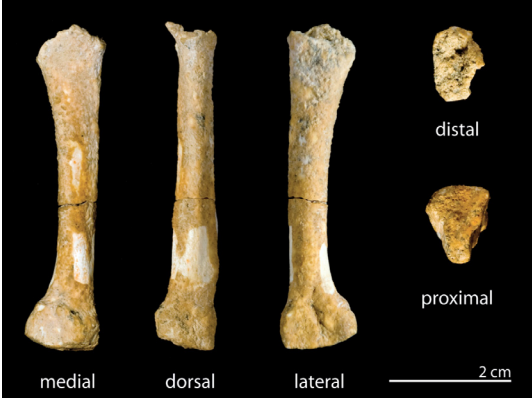


Figure 4:



Figure 5:

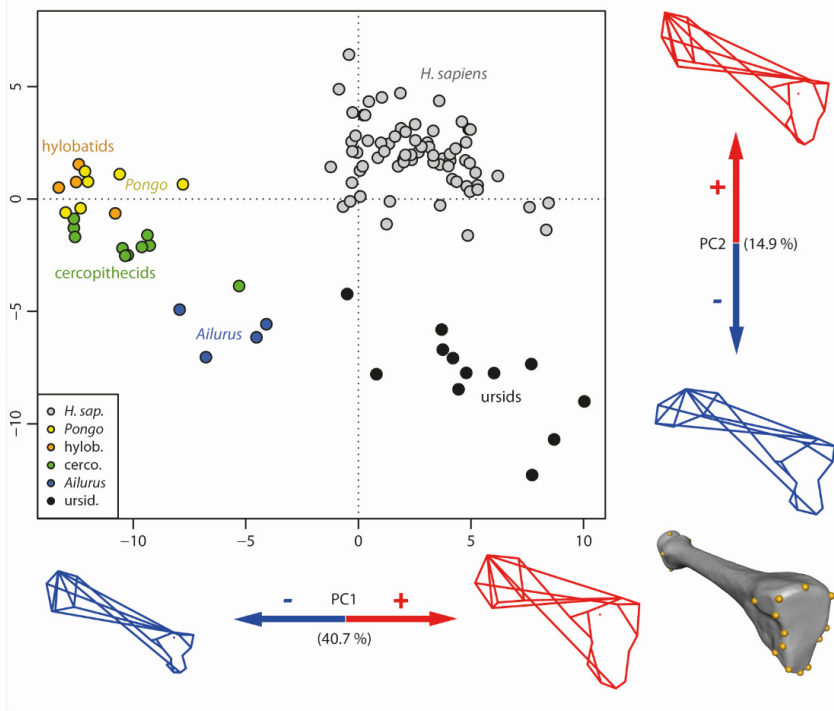
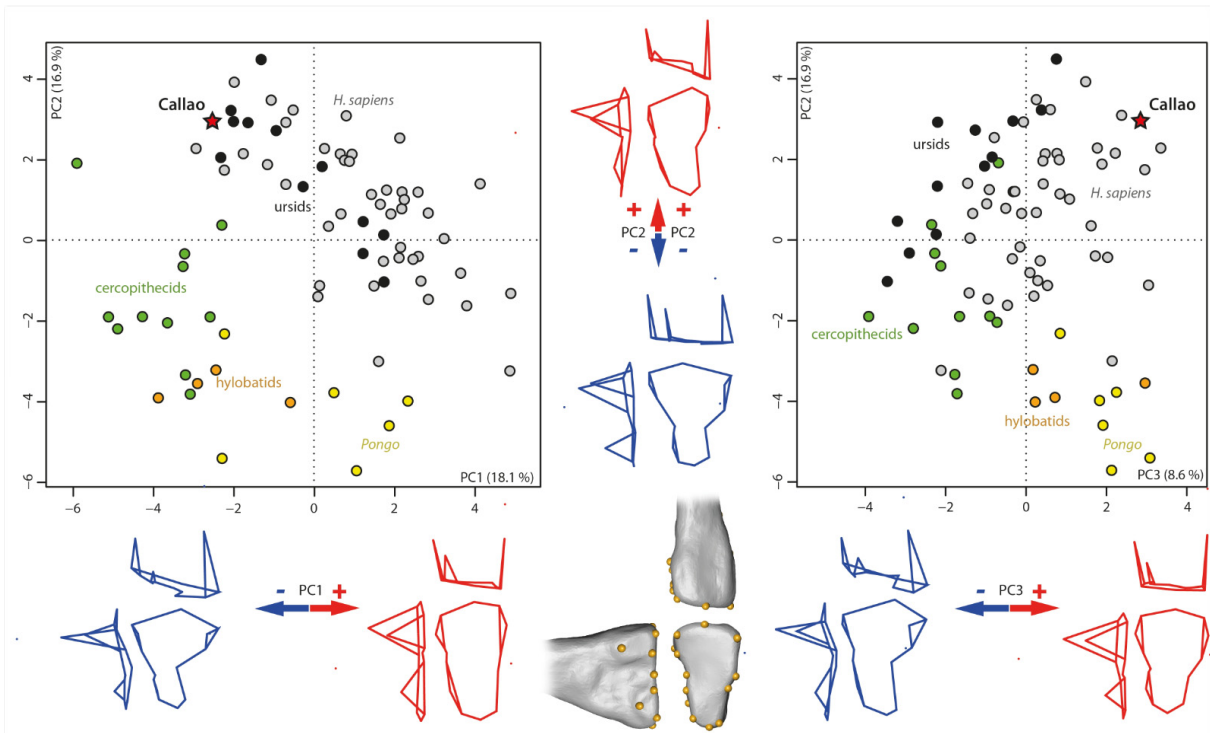


Figure 6:





## ANNEXE 5

---

### RAPPORT INTERNE POUR LE *NATIONAL MUSEUM OF THE PHILIPPINES*



**Study of the collections of prehistoric human teeth  
from the Philippines preserved under the care of the  
National Museum of the Philippines  
(December 2009 - February 2010)**

**Activity report for the National Museum of the Philippines,  
Manila, June 2010**

**Julien Corny**

**Università degli Studi di Ferrara, Dipartimento di Biologia ed Evoluzione  
Muséum national d'Histoire naturelle, Département de Préhistoire**

## **INTRODUCTION**

I went to the Philippines from November 25<sup>th</sup> to February 24<sup>th</sup> to analyse prehistoric human teeth from the Philippines in the frame of my PhD researches.

The first three weeks was dedicated to a fieldwork in Tabon Cave (collaboration between the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines and the department of prehistory of the *Muséum national d'Histoire naturelle*). Our team was composed by Dr. Eusebio Z. Dizon, Xavier Gallet and Sheldon Clyde B. Jago-on. The goal of this mission was a better understanding of the history of the deposits of the layers through descriptions of stratigraphical sections still preserved in the cave (soils were already sampled during the 2007 fieldwork).

Then, from December 2009 to February 2010, I looked for collections of prehistoric human teeth preserved under the care of the National Museum of the Philippines.

The material that I consulted is preserved in 3 storages:

- The Palawan Branch Museum in Quezon (from 26 January to 2 February 2010). I had enough time to look almost the entirety of the collections of human bones. When plastic bags were poorly preserved I rebagged the specimens. Finally, 37 teeth from 6 sites were analysed.
- The Peñablanca Museum Station, Cagayan Valley, Northern Philippines (from 8 to 15 February 2010). 15 teeth from 3 sites were analysed.
- The holding of the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines. 23 teeth from 6 sites were analysed.

## **RESEARCH SUBJECT, PROBLEMATIC AND METHOD**

My PhD researches deal with the peopling of Southeast Asia by *Homo sapiens* during Holocene with a focus on the origin and spread of Neolithic in Southeast Asia.

Several models are proposed to explain the origin and spread of the Neolithic in Southeast Asia. To summarize, the hypotheses are based on:

- Migrations:
  - o The Out of Taiwan model (the most accepted): populations (assumed as Austronesian-speaking people) moved out of Taiwan around 5000/6000 BP and brought new economic system and new culture (beginning of Neolithic) in Southeast Asia and Pacific (see for example Bellwood, 1997)
  - o Constant population movements during Upper Pleistocene and Holocene (not only a major Neolithic wave). (Détroit, 2002; Hill *et al.*, 2007)
- Indigenous development of Neolithic life-style and origin of Austronesian languages proposed in Island Southeast Asia (Oppenheimer, 2004; Solheim, 1996)

Major questions to resolve

- From a cultural point of view:

# **PREHISTORIC HUMAN TEETH FROM THE PHILIPPINES ANALYSED IN THE FRAME OF THESE RESEARCHES**

## **Method**

Quantity of teeth found in the storages was not included in the analyses for one or several of the following reasons:

- No individual access number
- No information about the context of discovery
- Poor state of preservation
- Occlusal wear stage too advanced

I looked for information about the context of discovery for every teeth:

- In the inventory records preserved in the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines in Manila and in the storage of the National Museum Station of Peñablanca. The records preserved in Peñablanca are from: Lattu-Lattuc cave, Rabel cave, Minori cave, Arku cave, Musang cave, Malanos, Pagulayan, Callao (old and recent excavations), Laurente cave, Eme Cave, Ragelio Gaerlan property (shell midden site, Dummun, Gattaran, Cagayan Valley).
- In the internal reports classified in the Archaeology Division and/or in published articles.

The human molars used for this work are presented in tables. Abbreviations used in the tables are:

- LLM = Lower Left Molar
- LRM = Lower Right Molar
- ULM = Upper Left Molar
- URM = Upper Right Molar
- % id. = Estimation of the security of the identification of the tooth
- NMPM: The holding of the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines in Manila.

Sometimes several teeth have the same access number so a number between parentheses was written in the tables to differentiate them. I added also sometimes the number of the burial at the end of the access number (“B”=burial in the tables).

Often, the teeth are bagged in boxes, then in bags (called “main bag” in the tables), then in smaller bags (called “individual bags” in the tables).

In this report, the teeth analysed in the collections preserved in several places in the Philippines will be presented first by geographic origin and then by sites.

## Material:

### *PALAWAN ISLAND*

#### Guri Cave

Near 250 bone fragments from Guri Cave are preserved in the storage of the Palawan branch Museum in Quezon.

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identification	% id.	Remarks
62-P-538	Palawan Branch Museum, Quezon	"Guri Cave, P-XIII-G, Bones, 193 pcs"	"Guri Cave, 1962-P, Teeth fragments, 14 pcs"	LRM1	95	
62-P-503	Palawan Branch Museum, Quezon	"Guri Cave, P-XIII-G, Bones, 193 pcs"	"Guri Cave, 1962-P, Teeth fragments, 14 pcs"	LLM2	90	Access number close to be not visible, maybe "603" or "533"
62-P-557	Palawan Branch Museum, Quezon	"Guri Cave, P-XIII-G, Bones, 193 pcs"	"Guri Cave, 1962-P, Teeth fragments, 14 pcs"	LRM2	100	Access number close to be not visible, maybe "550" or "537" or "530"
490	Palawan Branch Museum, Quezon	"Guri Cave, P-XIII-G, Bones, 193 pcs"	"Guri Cave, 1962-P, Teeth fragments, 14 pcs"	LRM2	100	

Other bones from Guri Cave are preserved in the holding of the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines:

- Box "Guri Cave, Quezon, Palawan"

The access number type of the bones is "62-P-...". Most of the bones contained in this bag have an individual access number.

#### Bato-Puti Cave

Decades of bags of human bone remains are preserved in the Palawan branch of the National Museum but very few have individual access number. That is the same situation for the teeth.

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identification	% id.	Remarks
P-XIII-BP-SQ6	Palawan Branch Museum, Quezon	No inscription on the main bag	"Bato Puti Cave, Lipuun Point, quezon, Palawan, Sq(6?)-4, 51-61 cm, P-XIII-T-BP, Human Tooth, 1pc"	LRM1	100	No access n° written on the tooth (only on the bag)
BP-T-S-45	Palawan Branch	No inscription on the main	"P-XIII-BP-t-s, human tooth, 1pc"	LLM1	100	

	Museum, Quezon	bag				
P-XIII-BP-414 (1)	Palawan Branch Museum, Quezon	No inscription on the main bag	<i>"Bato Puti Cave, Sq 3B, P-XIII-BP-414, 20 to 30cm, teeth (human), 14 pcs"</i>	LRM1	70	- Not sure about the lateralisation of the tooth, also for the rank of the molar. - No access n° written on the tooth (only on the bag)
P-XIII-BP-381 (1)	Palawan Branch Museum, Quezon	No inscription on the main bag	2 papers in the bag: - <i>"P-XIII-BP-381, 25-35cm, human teeth (w/o ind acc n°), 10 pcs"</i> - <i>" P-XIII-Bato Puti Sq 3-A, 25 to 35cm, screening, P-XIII-T-381"</i>	LLM1	100	- No access n° written on the tooth (only on the bag)
P-XIII-BP-3A-1	Palawan Branch Museum, Quezon	<i>"Bato Puti Cave, Lipuun Point, Quezon, P-XIII-BP, Sq 3A, DP 36 to 50, Human teeth, 8 pcs"</i>		LLM1	100	- No access n° written on the tooth (only on the bag)
P-XIII-BP-TS2-45-2	Palawan Branch Museum, Quezon	<i>"P-XIII-BP-T-S-45, human skull (restorable), 60 pcs"</i>		URM1	90	Only "BP" is written on the tooth
P-XIII-BP-362	Palawan Branch Museum, Quezon	No inscription on the main bag	<i>"P-XIII-BP-362 Human tooth, w/o individual access n°"</i>	LRM2	100	
P-XIII-BP-381 (2)	Palawan Branch Museum, Quezon	No inscription on the main bag	- <i>"P-XIII-BP-381, 25-35cm, human teeth (w/o ind acc n°), 10 pcs"</i> - <i>" P-XIII-Bato Puti Sq 3-A, 25 to 35cm, screening, P-XIII-T-381"</i>	LLM2	60	- No access n° written on the tooth (only on the bag) - Not sure about rank of the molar because there are 5 cusps, so it could be ULM1
P-XIII-BP-381 (4)	Palawan Branch Museum, Quezon	No inscription on the main bag	- <i>"P-XIII-BP-381, 25-35cm, human teeth (w/o ind acc n°), 10 pcs"</i> - <i>" P-XIII-Bato Puti Sq 3-A, 25 to 35cm, screening, P-XIII-T-381"</i>	LRM2	95	- No access n° written on the tooth (only on the bag)
P-XIII-BP-345 (1)	Palawan Branch Museum,	<i>"Bato Puti Cave, Lipuun Point,</i>		LLM2	100	

	Quezon	<i>Quezon, Palawan, P-XIII-BP-345, Human teeth, 11 pcs</i>				
P-XIII-BP-TS2-45 (1)	Palawan Branch Museum, Quezon	No inscription on the main bag but paper inside: <i>"P-XIII-BP-T-S-45, human skull (restorable), 60 pcs"</i>		LRM2	100	Only "BP" is written on the tooth
P-XIII-T-414 (2)	Palawan Branch Museum, Quezon	No inscription on the main bag	<i>"Bato Puti Cave, Sq 3B, P-XIII-BP-414, 20 to 30cm, teeth (human), 14 pcs"</i>	URM2	60	- No access n° written on the tooth (only on the bag) - Not sure about lateralisation and rank of the molar
P-XIII-BP-381 (3)	Palawan Branch Museum, Quezon	No inscription on the main bag	<i>-"P-XIII-BP-381, 25-35cm, human teeth (w/o ind acc n°), 10 pcs" -" P-XIII-Bato Puti Sq 3-A, 25 to 35cm, screening, P-XIII-T-381"</i>		50	- No access n° written on the tooth (only on the bag) - Maybe M3
P-XIII-BP-3A (3)	Palawan Branch Museum, Quezon	No inscription on the main bag	<i>"Bato Puti Cave, Lipuun Point, Quezon, P-XIII-BP, Sq 3A, DP 36 to 50, Human teeth, 8 pcs"</i>	URM2	90	
P-XIII-BP-3A (2)	Palawan Branch Museum, Quezon	No inscription on the main bag	<i>"Bato Puti Cave, Lipuun Point, Quezon, P-XIII-BP, Sq 3A, DP 36 to 50, Human teeth, 8 pcs"</i>	ULM2	90	

Information from the inventory record of Bato-Puti about the context of discovery of the teeth that I analysed (preserved in the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines):

- *"P-XIII-T-381, Sq 3A, 25 to 35cm, screening"*
- *"P-XIII-T-414, Sq 3B, +30 to +20cm, excavated"*
- *"P-XIII-T-362, Sq 6, -60 to -70cm, excavated"*
- *"P-XIII-T-345, Sq 23, 0 to -10cm, excavated"*



### Pilandok Cave

A huge quantity of bones and lithic artefacts are preserved in the storage of the Palawan branch Museum of Quezon (near 10000 bone fragments). The bones are very fragmented. Part of the collection has individual access numbers.

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identification	% id.	Remarks
63M 277 10G (1)	Palawan Branch Museum, Quezon	"Pilandok, 1963-M, 159 pcs"	"1963-M, Teeth fragments, 7pcs"	LLM1	100	
63M 277 10G (3)	Palawan Branch Museum, Quezon	"Pilandok, 1963-M, 159 pcs"	"1963-M, Teeth fragments, 7pcs"	LRM1	100	
63M 277 10G (2)	Palawan Branch Museum, Quezon	"Pilandok, 1963-M, 159 pcs"	"1963-M, Teeth fragments, 7pcs"	ULM1	50	

Information from the inventory record of Pilandok Cave about the context of discovery of the teeth that I analysed (preserved in the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines):

- Inventory record: "*Pilandok (30-XII-69) – J. Kress*":  
"*63-M-277, 10G, Human teeth*"

### Duyong Cave

I tried to find the human bones from the Neolithic burial in the storage of the Palawan Branch Museum in Quezon. Unfortunately, I found only 3 portions of diaphysis and 1 metacarpal with the inscription "*Neolithic burial*" directly written on the bones.

According to the information about the material associated to the grave ("*shell adze*", "*shell ear ring*") in the inventory record of Duyong Cave (preserved in the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines), the burial would have been unearthed in the squares 12 and 16. The two teeth that I analysed are coming from square 7 and 8. Moreover, despite the two teeth are preserved in a bag called "Duyong Cave", I am not sure that the teeth are coming from Duyong cave because I think their access number ("*PBP*") refers to Puu't Batu (Pildas).

Almost 200 bone fragments (one bag with human teeth) from Duyong cave are preserved in the storage of the Palawan branch Museum of Quezon.

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identification	% id.	Remarks
I-PBP-18	Palawan Branch Museum, Quezon	"Duyong Cave, 1963- G, Bones teeth"	"P-I-PBP, Human teeth, 10 pcs"	LLM1	100	
63-G-879	Palawan Branch Museum, Quezon	"Duyong cave, 1963-G, Bones teeth"	"P-I-PBP, Human teeth, 10 pcs"	LRM2	100	

Information from the inventory record of Duyong Cave about the context of discovery of the teeth that I analysed (preserved in the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines):

- Inventory record “*Duyong cave, Puu’t Batu (Pildas), Iwaig, Palawan*”:
  - o “*P-I-PBP-879, 1 bag:sherds, shells, bones, chert, etc..., Sq 7, 0 to 10 cm depth*”
  - o “*P-I-PBP-18, crab pincer, human tooth, etc..., 40-60cm, Sq 8, datum:-30cm*”

#### Sa’gung rockshelter

This is a very important site which provided 11 burials (2 pre-neolithic burials and three Neolithic burials; Kress, 2004). Unfortunately, only a very partial inventory record (“*1966-1966-L, 1 to 29, Sa’gung Shelf, interior Maasim*”) is still preserved in the Archaeology division of the National Museum of the Philippines in Manila. There is no indication about the burials in this inventory record. Not one tooth that I analysed is recorded in the inventory record.

Around 25000 bone fragments (human and animal bones) are preserved in the Palawan branch Museum of Quezon. The bones are very fragmented. An important part has individual access numbers.

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identification	% id.	Remarks
66-L 7D 27	Palawan Branch Museum, Quezon	"172 pcs"	"66-L, Tooth, 1 pc"	LRM1	100	
66-59	Palawan Branch Museum, Quezon	"Sa'gung shelf, 1966-L, Teeth 478 pcs"	"1966-L 6E, Human teeth, 5 pcs"	LRM1	100	Access n° is maybe "6C-59".
66-L 9E 212	Palawan Branch Museum, Quezon	"teeth Sa'gung Shelf, 187 pcs"	"1966-L 9E 212"	LLM1	100	Not sure about the access number
66-L 7D 267	Palawan Branch Museum, Quezon	"teeth, Sa'gung Shelf, 187 pcs"	"1966-L, Animal and human teeth, 5 pcs"	LRM1	100	
66-L 9E 111	Palawan Branch Museum, Quezon	"Sa'gung Shelf, 1966-L, Teeth, 478 pcs"	"1963-M, Teeth fragments, 7pcs"	ULM1	80	
66-L 5D 240	Palawan Branch Museum, Quezon	"Mixed Specimens, 83 pcs"	"66-L, dentition, 9 pcs"	LLM2	100	
66-L 65 8	Palawan Branch Museum, Quezon	"350 pcs"	"1966-L, Human tooth, 4 pcs"	LRM2	100	Not sure about the access number
66-L 9E n°5N	Palawan Branch Museum, Quezon	"Sa'gung Shelf, 1966-L, Teeth, 478 pcs"	"1966-L, Human teeth, 8 pcs"	LRM2	100	
66-L 6D 358	Palawan Branch Museum, Quezon	"teeth, Sa'gung Shelf, 187 pcs"	"1966-L, Teeth fragments, 16 pcs"	LRM2	100	

66-L 6D 197	Palawan Branch Museum, Quezon	"teeth, Sa'gung Shelf, 187 pcs"	"1966-L, Teeth fragments, 12 pcs"	URM2	90	Access n° is maybe "66-L 6D 147" Not sure about rank of the molar, maybe M1
66-L 7D 146	Palawan Branch Museum, Quezon	"Sa'gung Shelf, 1966-L, Teeth, 478 pcs"	"1966-L, Human teeth, 8 pcs"	ULM2	100	

### Bubulongon Cave

Around 2000 bone fragments are preserved in the Palawan branch Museum of Quezon. Large part of the bones got an individual access number. Some teeth are preserved in the collection but they do not have individual access number or it is not readable. Only 2 teeth can be used.

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identificat ion	% id.	Remarks
1962-L 101	Palawan Branch Museum, Quezon	"Bubulongon Cave, P-XIII- B"	"1962-L, Teeth fragments, w/o indivi accession n°, 21 pcs"	LLM1	100	Not 100% sure about the access number
1962-L- 131	Palawan Branch Museum, Quezon	"Bubulongon Cave, P-XIII- B"	"1962-L, Teeth fragments, w/o indivi accession n°, 21 pcs"	ULM1	100	

Information from the inventory record of Bubulongon Cave about the context of discovery of the teeth that I analysed (preserved in the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines):

*"1962-L-101, Chamber A, surface find"*

### Leta-Leta Cave

Very fragmented human bones from burial 2 were found in a small bag inside the box 1081 preserved in the holding of the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines. These bones are important because they are part of the very few human bones from Philippines which are coming from early Neolithic context (Fox, 1970; Fox, 1977). I put each bone in an individual bag and put it back in their original main bag and box.

According to the inventory record of Leta-Leta cave located in the Archaeology Division of the National Museum, the material associated to burial 2 is:

- 65-L-334: *"Shell pendant (put on the neck of the died)"*
- 65-L-335: *"Shell earring (on the right ear of skull)"*
- 65-L-336: *"Shell earring (on the left ear of skull)"*
- 65-L-337: *"Egneus pebble (on the foot of grave)"*
- 65-L-338: *"Flake primary (on the foot of grave)"*
- 65-L-339: *"Flake core (on the foot of grave)"*
- 65-L-375: *"Radiocarbon sample, human bone with hematite"*

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identification	% id.	Remarks
Leta-Leta burial 2 (1)	NMPM	Box: 1081	Bag "65-L-376, Burial n°2, Shelf "C", Fragments of # 65-L-375, Human Bones with rodent or animal teeth marks, human teeth, and two bivalves"	LLM2	100	
Leta-Leta burial 2 (2)	NMPM	Box: 1081	Bag "65-L-376, Burial n°2, Shelf "C", Fragments of # 65-L-375, Human Bones with rodent or animal teeth marks, human teeth, and two bivalves"	LRM2	100	

### Ille Cave

Human bones from 2 burials are preserved in the holding of the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines. Teeth from burial 1 were impossible to analyse because the occlusal wear stages were too advanced.

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identification	% id.	Remarks
Ille Cave B2	NMPM	Box: "Ille Cave, New Itbajay, El Nido, Palawan, IV-98-P-1092, Burial N°2"	"Ille Cave, New Itbajay, El Nido, Palawan, N2W12, IV-98-P-1092, DP:28, Skull, Burial n°2, D. Posadas, 1.28.99"	LRM2	70	Possibility to be LRM3

According to the inventory record of Ille cave located in the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines in Manila, the material associated to the burial 2 is:

*"Sherds, porcelain sherd, bivalve shells, univalve shells, bone fragments (7587), teeth (7588), tradeware ceramics, clay/hematite lumps, human teeth (P-1088), iron implement (N3W12, 45cm depth, found at the right ribs, glass beads, clay bead, gold? bead, human skeletal remains (P-1092) N3W12"*

### Collections from Palawan sites that can not be used for the analyses:

Sites from the Tabon Caves Complex in the Lipuun Point (every bones are preserved in the Palawan branch Museum):

- Lungon (1963-Z): One bag with 240 human bone fragments. No individual access number.
- Bising (1963-F): 1200 fragments. Some have individual access numbers. No tooth.

- Puut Bato Pidlas (P-B-P): Numerous bags contain bones for a total of bones of around 750 pieces. Most of them possess individual access number. Only one tooth (incisive).
- Tadyaw cave (IV-80-H and 1966-T-T): only one bag with few human bones. There are 6 teeth but they can not be used for analyses because they are not all molars and/or because the state of preservation is bad.
- Rito Fabian cave (1966-V): around 30 bags contain human bones. Few bones have an individual access number. Around 30 molars were found in the collection but they do not have access numbers.
- Manunggul cave (1964-M): 4 bags contain bone fragments for a total of around 1600 pieces. They do not have individual access number. The only indication is “*Chamber A*” or “*Chamber B*”.
- Ngipet Duldug (P-XIII-NG and 1962-X): hundreds of bone fragments without individual access number.
- Diwata cave (P-XIII-D and 1962-J): 3 very fragmented bones.
- Liyang cave (P-XIII-L and 1962-O): there is only one bag containing material from this cave inside the storage of the Palawan Branch Museum, but it does not contain any bone. There is one box (“1059”) preserved in the holding of the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines which contain one mandible from this site. The first molar is preserved on the mandible but the access number (“1962-Q-70L”) is not accurate enough to be found in the inventory record.

Sites located in northern Palawan:

- Abiog Cave (1966-S): Bones are preserved in the holding of the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines. There is one box (“1085”) which contains teeth and one mandible (6 molars). However, no inventory record about this site was found in the Archaeology Division of the National Museum, therefore it was not possible to incorporate the teeth in the sample.
- Busuanga Cave (1963-PBB): The box “1066” preserved in the holding of the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines contains one mandible with a lower secondary molar that would be interesting for my corpus. However, according to the internal report of the National Museum n°1-1963, the material from this cave is constituted by surface discoveries (probably Metal Age) so it was difficult to incorporate it in the analyses.
- Paredes grottos (1965-W): Box “1076” preserved in the holding of the Archaeology Division of the National Museum contains one mandible (1965-W4-4) and one fragment of mandible (65-W..?) with first, second and third molars. According to the inventory record of this site, the discoveries are coming from surface of the cave (probably 17<sup>th</sup> century).

- One box (“*Quezon, Palawan, IV-1967-QB*”) preserved in the holding of the Archaeology Division of the National Museum contains several bags with skull fragments and teeth but I was not able to find out where they are coming from (the only indication is “*Quezon Province*”)

## NORTHERN LUZON

### Callao Cave

The human teeth from Callao cave analysed for this work were unearthed during the 2003 excavations. Previous excavations during 1970s’ provided molars as well, but I did not find enough information about the context of discovery to include them in the sample.

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identification	% id.	Remarks
Callao 1256	Peñablanca, National Museum Station	- Box: " <i>Callao II-77-J3 2003</i> ". - Main bag : no inscription	" <i>Callao Cave, II-77-J3-1256, Sq1, Spit3, teeth</i> "	LRM1	90	
Callao 7317 (1)	Peñablanca, National Museum Station	- Box: " <i>Callao II-77-J3 2003</i> " - Main bag : no inscription	" <i>Callao Cave, II-77-J3-7317, Sq2, Spit3 (Rubblly layer) teeth</i> " and " <i>n°37</i> "	LLM1	90	
Callao 7333 (1)	Peñablanca, National Museum Station	- Box " <i>Callao II-77-J3 2003</i> " - Main bag : no inscription	" <i>Callao Cave, II-77-J3-7333, Sq2, Spit4, teeth</i> " and " <i>n°35</i> "	LLM1	100	
Callao 7317 (2)	Peñablanca, National Museum Station	- Box: " <i>Callao II-77-J3 2003</i> " - Main bag : no inscription	" <i>Callao Cave, II-77-J3-7317, Sq2, Spit3 (Rubblly layer) teeth</i> " and " <i>n°37</i> "	URM1	90	
Callao 7365 (2)	Peñablanca, National Museum Station	- Box: " <i>Callao II-77-J3 2003</i> " - Main bag : no inscription	" <i>Callao Cave, II-77-J3-7365, Sq2, Spit5, teeth</i> " and " <i>n°18</i> "	ULM1	80	Possibility of an ULM2
Callao 7333 (2)	Peñablanca, National Museum Station	- Box " <i>Callao II-77-J3 2003</i> " - Main bag : no inscription	" <i>Callao Cave, II-77-J3-7333, Sq2, Spit4, teeth</i> " and " <i>n°35</i> "	LLM2	100	
Callao 7365 (1)	Peñablanca, National Museum Station	- Box " <i>Callao II-77-J3 2003</i> " - Main bag : no inscription	" <i>Callao Cave, II-77-J3-7365, Sq2, Spit5, teeth</i> " and " <i>n°18</i> "	LRM2	90	

### Musang Cave

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identification	% id.	Remarks
Musang 53 (1)	Peñablanca, National Museum Station	- Box 993: "77-J4, Musang Cave, Bo. Quibal, Peñablanca, Cagayan, Sq14, Mixed Specimens" - Main bag : no inscription	"Musang Cave G4, Layer I 7, human bones, 76-L-53"	LLM1	100	
Musang I6 (1)	Peñablanca, National Museum Station	- Box 993: "77-J4, Musang Cave, Bo. Quibal, Peñablanca, Cagayan, Sq14, Mixed Specimens" - Main bag : no inscription	"Musang Cave G4, Layer I 6, human teeth"	ULM1	85	
Musang 11515	Peñablanca, National Museum Station	Box 980: "77-J4 Musang Cave, Quibal, Peñablanca, Cagayan, Sq7, Mixed specimens"	"Musang Cave 77-J4-11515, Sq9, Jaws, NS:103, EW:79, DP:25cm, 04/05/79"	LRM2	100	
Musang 53 (2)	Peñablanca, National Museum Station	- Box 993: "77-J4, Musang Cave, Bo. Quibal, Peñablanca, Cagayan, Sq14, Mixed Specimens" - Main bag : no inscription	"Musang Cave G4, Layer I 7, human bones, 76-L-53"	LLM2	100	
Musang I6 (2)	Peñablanca, National Museum Station	- Box 993: "77-J4, Musang Cave, Bo. Quibal, Peñablanca, Cagayan, Sq14, Mixed Specimens" - Main bag : no inscription	"Musang Cave G4, Layer I 6, human teeth"	URM2	90	

### Lattu-Lattuc

More than 10 boxes contain material. We found several human teeth in the collections but only 3 can be used for the analyses.

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identification	% id.	Remarks
Lattu-Lattuc 3765	Peñablanca, National Museum Station	Box 867: "77-J5-Square 108, Lattu-Lattuc Cave, Bo Quibal, Peñablanca, Cagayan, Mixed Specimens"	"Lattu-Lattuc Cave, 1977-J5-3765, Sq 108, NS:174,EW:150, LDP:36,5, Dec/1/78"	LRM1	90	
Lattu-Lattuc 8287	Peñablanca, National Museum Station	Box 862: "77-J5-Square 3, Lattu-Lattuc Cave, Bo Quibal, Peñablanca, Cagayan, Mixed Specimens"	"Lattu-Lattuc Cave, 1977-J5-8284-8296, Sq3, tooth, LDP:71-80,7/9/79"	LLM1	100	
Lattu-Lattuc 3444	Peñablanca, National Museum Station	Box 867: "77-J5-Square 108, Lattu-Lattuc Cave, Bo Quibal, Peñablanca, Cagayan, Mixed Specimens"	"Lattu-Lattuc Cave 1977-J5-3444, Sq 108, Tooth, Sreening, Depth from LDP:20-30, Nov/25/78"	LRM2	80	

Siriban Site, San Lorenzo III, Lal-lo

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identification	% id.	Remarks
San Lorenzo III B1 (1)	NMPM	Wooden box: "Siriban site, San Lorenzon III, San Lorenzon, Lal-lo, Cagayan, II-96-U2, Burial n°1"	Mandible inside a plastic bag with a paper : "Ancient DNA, Siriban site"	LRM1	100	
San Lorenzo III B1 (3)	NMPM	Wooden box: "Siriban site, San Lorenzon III, San Lorenzon, Lal-lo, Cagayan, II-96-U2, Burial n°1"		ULM1	100	
San Lorenzo III B1 (2)	NMPM	Wooden box: "Siriban site, San Lorenzon III, San Lorenzon, Lal-lo, Cagayan, II-96-U2, Burial n°1"	Mandible inside a plastic bag with a paper : "Ancient DNA, Siriban site"	LLM2	100	
San Lorenzo III B1 (4)	NMPM	Wooden box: "Siriban site, San Lorenzon III, San Lorenzon, Lal-lo, Cagayan, II-96-U2, Burial n°1"		ULM2	100	

Another wooden box containing human long bone fragments from Siriban site, San Lorenzo III is also preserved in the holding of the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines.

According to the inventory record located in the Archaeology Division of the National Museum in Manila, glass beads were associated to the burial jar n°1 (N21 E23):

- Inventory record: "II-95-0, 1997 excavations (8185-13039)":
  - o "12693, beads glass, N6W7 (NS=272; EW=326; depth=101), from burial 1"

Clemente Irigayen Site, Santa Maria, Lal-lo

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identification	% id.	Remarks
Irigayen 1 (1)	NMPM	Wooden box: "Clemente Irigayen Site, Sta Maria, Lal-lo, Cagayan, II-95-O, Burial n°1"		LLM1	100	
Irigayen 1 (2)	NMPM	Wooden box: "Clemente Irigayen Site, Sta Maria, Lal-lo, Cagayan, II-95-O, Burial n°1"		LRM2	100	

2 other wooden boxes containing very fragmented human bones from the Clement Irigayen site are preserved in the holding of the Archaeology Division of the National Museum.

3 other boxes containing material from Irigayen site are preserved in the National Museum Station of Peñablanca. They only contain sherds.



San Lorenzo

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identification	% id.	Remarks
San Lorenzo B1 (1)	NMPM	Box: "Diego Mirafuente, Prop. Site, San Lorenzo, Lal-lo, Cagayan, Burial 1 Main bag: "Diego Mirafuente prop site, San Lorenzo, Lallo, Cag, Spit-2, S2W1 (NE Q), 20-40cm (LDP) 18 sept. 2000, Cluster"	"Teeth, Diego Mirafuente, San Lorenzo, Lal-lo, Cag, Burial, Bone, S2E1 (NW Q), Bone, 22 sept. 2000"	LLM1	100	
San Lorenzo B1 (2)	NMPM	Box: "Diego Mirafuente, Prop. Site, San Lorenzo, Lal-lo, Cagayan, Burial 1 Main bag: "Diego Mirafuente prop site, San Lorenzo, Lallo, Cag, Spit-2, S2W1 (NE Q), 20-40cm (LDP) 18 sept. 2000, Cluster"	"Teeth, Diego Mirafuente, San Lorenzo, Lal-lo, Cag, Burial, Bone, S2E1 (NW Q), Bone, 22 sept. 2000"	LRM2	100	
San Lorenzo B1 (3)	NMPM	Box: "Diego Mirafuente, Prop. Site, San Lorenzo, Lal-lo, Cagayan, Burial 1 Main bag: "Diego Mirafuente prop site, San Lorenzo, Lallo, Cag, Spit-2, S2W1 (NE Q), 20-40cm (LDP) 18 sept. 2000, Cluster"	"Teeth, Diego Mirafuente, San Lorenzo, Lal-lo, Cag, Burial, Bone, S2E1 (NW Q), Bone, 22 sept. 2000"	ULM2	100	

Catugan

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identification	% id.	Remarks
Catugan 1 (1)	NMPM	Box : "M. Dumbrique Property site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, II-95-Q4" Main bag : "II-95-Q4-301-399, Osteo collection"	"Dumbrique site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, II-95-Q4-356, (n°1), layer2., 20-30cm, bones and teeth , Kazu Tanaka, 8.14.96"	LRM1	100	
Catugan B1 (1)	NMPM	Box: "Dumbrique site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, II-95-Q4"	Bag: "M. Dumbrique Property site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, N2E8, II-1995-Q4-3011-B, (jar burial n°1), teeth, 13 sept. 2001"	ULM1	100	
Catugan B1 (3)	NMPM	Box: "Dumbrique site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, II-95-Q4"	Bag: "M. Dumbrique Property site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, N2E8, II-1995-Q4-2989, (jar burial n°1), human skull(s), jaw bones&teeth, 13 sept.2001"	ULM1	100	
Catugan	NMPM	Box: "Dumbrique	Bag: "M. Dumbrique	URM1	100	

B1 (5)		<i>site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, II-95-Q4"</i>	<i>Property site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, N2E8, II-1995-Q4-2989, (jar burial n°1), human skull(s), jaw bones&amp;teeth, 13 sept.2001"</i>			
Catugan B1 (7)	NMPM	Box: <i>"Dumbrique site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, II-95-Q4"</i>	Bag: <i>"M. Dumbrique Property site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, N2E8, II-1995-Q4-2989, (jar burial n°1), human skull(s), jaw bones&amp;teeth, 13 sept.2001"</i>	ULM1	100	
Catugan 1 (2)	NMPM	- Box: <i>"M. Dumbrique Property site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, II-95-Q4"</i> - Main bag: <i>"II-95-Q4-301-399, Osteo collection"</i>	<i>"Dumbrique site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, II-95-Q4-356, (n°1), layer2,, 20-30cm, bones and teeth Kazu Tanaka, 8.14.96"</i>	LRM2	100	
Catugan B1 (2)	NMPM	Box: <i>"Dumbrique site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, II-95-Q4"</i>	Bag: <i>"M. Dumbrique Property site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, N2E8, II-1995-Q4-3011-B, (jar burial n°1), teeth, 13 sept. 2001"</i>	ULM2	100	
Catugan B1 (4)	NMPM	Box: <i>"Dumbrique site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, II-95-Q4"</i>	<i>"M. Dumbrique Property site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, N2E8, II-1995-Q4-2989, (jar burial n°1), human skull(s), jaw bones&amp;teeth, 13 sept.2001"</i>	ULM2	100	
Catugan B1 (6)	NMPM	Box: <i>"Dumbrique site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, II-95-Q4"</i>	<i>"M. Dumbrique Property site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, N2E8, II-1995-Q4-2989, (jar burial n°1), human skull(s), jaw bones&amp;teeth, 13 sept.2001"</i>	URM2	100	
Catugan B1 (8)	NMPM	Box: <i>"Dumbrique site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, II-95-Q4"</i>	<i>"M. Dumbrique Property site, Catugan, Lal-lo, Cagayan, N2E8, II-1995-Q4-2989, (jar burial n°1), human skull(s), jaw bones&amp;teeth, 13 sept.2001"</i>	ULM2	100	

Catayuan

Access n°	Storage	Main bag	Individual bag	Identification	% id.	Remarks
Catayuan B3	NMPM	Box: " <i>Conciso Prop., shell midden site, Catayuan, Lal-lo, Cagayan, II-1996-V2</i> " Main bag: " <i>N6E2, burial n°3, tooth</i> "	In aluminium with no indication	ULM1	100	
Catayuan B1	NMPM	Box: " <i>Conciso Prop., shell midden site, Catayuan, Lal-lo, Cagayan, II-1996-V2</i> " Main bag: " <i>N6E2, burial n°3, tooth</i> "	" <i>Conciso property, Burial n°1, 9/2, M2</i> "	ULM2	100	

According to the inventory record preserved in the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines, the following material was associated to the burials was:

- Burial 1
  - o "*II-96-V2-6337, Charcoal sample, N6E2, Burial 1, depth=198*"
  - o "*II-96-V2-6352, Bead, N6E2, Burial 1, depth=198, Right foot/light green*"
  - o "*II-96-V2-6353, Bead?, N6E2, Burial 1, depth=198, Clay?fragmented*"
  - o "*II-96-V2-6354, Burial 1, N6E2/E3, depth=178-200, Human skeleton (got some parts for collagen analyses)*"
- Burial 3
  - o "*II-96-V2-6338 to 49, Bead, N6E2, Burial 3, depth=143, Orange, blue, blue-green, yellow, agate, reddish color, bone, clay?*"

Other numerous boxes containing material from Catayuan are also preserved in the holding of the Archaeology Division of the National Museum but I did not have enough time to check them. I saw that at least two of them contain human bones ("*Site Catayuan, Lal-lo, Cagayan, II-1996-V2, burial n°1, N6E2*" and "*Conciso prop., shell midden, Catayuan site, Lal-lo, Cagayan, II-96-V2*").

Collections from northern Luzon preserved in the National Museum station of Peñablanca that can not be used for the analyses:

- Arku Cave: this is a very important site because of the quantity of human bone remains excavated during 1980s' coming from Neolithic and Metal Age contexts (Thiel, 1986). Several boxes in the storage contained human bone remains. The bags inside the box were poorly preserved so we rebagged most of them. Unfortunately, for some of the bags, the papers which indicated the access number and the location of the discoveries were more or less disintegrated, so information was lost. Despite this, most of the bag still contained the information about the context of discoveries, so it is still possible to find in the collections the human bones which are coming from the burials described by B. Thiel (1987). Thousands of human bones were excavated from this site, unfortunately we did not find any tooth in the collection.

The original version of the inventory record of Arku Cave is located in the National Museum Station of Peñablanca, no copy is preserved in the Archaeology Division of the National Museum.

- Dilan Serkot Cave: only one box, no human bones.

- Nagsabaran (I looked only for material coming from the old excavations because I did not ask the authorization for the material newly discovered): 5 boxes which do not contain any human bones (only sherds and ashes samples for C14 dates).

- Rabel Cave: huge quantity of material was unearthed from this site during 1970s'. We did not have enough time to check the presence of teeth in every box, so we just checked inside the 2 boxes written "*Rabel Cave, bones*". It was only fragmented animal bones (a lot of small mammal bones). We did not check inside the 15 boxes written "*Rabel Cave, mixed specimens*". There is also one box ("*Rabel cave, chamber 1, Peñablanca, Cagayan, II-1977-II*") preserved in the holding of the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines which contains hundreds of small mammals bones.

- Laurente Cave: More than 10 boxes contain material from this cave. But no human bones, only shells, flakes, earthenware, animal teeth. There is also one bag which contains animal bones in the holding of the Archaeology Division of the National Museum. This bag is in the box "*Rabel cave, chamber 1, Peñablanca, Cagayan, II-1977-II*".

- Minori Cave: Few human bone remains and no human tooth. A lot of flakes are also preserved. Some boxes are also preserved in the holding of the Archaeology Division but there is no human bone.

- 2 boxes "*Cagayan Valley, specimens from different sites*" are stored in the National Museum of the Philippines in Manila. It contains material from Catayauan, Catugan, Callao cave and Malano cave. There are few human bones and few teeth. Moreover, their context of discovery is not precisely recorded. I did not have enough time to check the bags from Malano cave.

### **Some collections that I did not have time to see:**

In the holding of the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines:

- Pamittan site (II-1993-O): around 10 boxes but I think that no human bones were unearthed from this site.
- San Lorenzo III (II-1996-U2): one box ("*San Lorenzo III, Siriban site, San Lorenzo, Lal-lo, Cagayan, II-1996-U2*") is full of diverse type of material. I saw skull fragments but I did not have enough time to check in details. Dozen of other boxes containing material from San Lorenzo III and Irigayan site were quickly checked: I did not find any human bones.
- 2 boxes from Andrarayan, Solana, Cagayan, II-1993-P. But I do not think that any human bones were recovered from this site.
- More than 20 boxes containing material from Batanes islands: Ivuhos, Iuhos. There is also one box (small blue box) which contains grave 1 from Chuhangin (*II-95-S-Batanes*). The material seems coming from recent archaeological contexts.
- 6 boxes from Magapit.
- Bas Daku, Anda, Bohol: burial site, 1 box
- Big-Ot Cave, Anda, Bohol, 2 boxes
- Tinukod cave, 1 box
- Pununlundan cave

- Bulawitan site, Solana
- Gattaran, Cagayan
- Carig site
- Leon property, Dugo, Camalaniugan
- Centro, Lal-lo, northern Luzon

In the National Museum station of Peñablanca:

- Magapit: around 20 boxes
- Numerous boxes from San Lorenzo III
- Property Dugo, Camalaniugan, Rozalio Cortez: 3 boxes
- Property Fabrica, Conrado Pascua, Lal-lo: 1 box
- Eme cave
- Rabel cave: boxes written ‘*mixed specimens*’

#### **Tabon Cave :**

I think it is important to tell few words about the material from Tabon Cave preserved in the storages. The collections are dispersed in several places in the Philippines. Looking for some teeth to analyse for my PhD researches, I found accidentally bones from Tabon Cave in the holding of the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines:

- Box “Guri Cave, Quezon, Palawan”
  - Bag : « *Tabon Cave, Palawan, Access N° IV-2000-T* »
    - One dark brown bone fragment, human?  
“S8E2, IV-2000-T-35, NS=5cm/EW=87cm, Depth=85cm (DP), 30cm (surface), recorder: A. Orogo (05/23/00)”.
  - Bag with numerous flakes. The access numbers are different, that’s access numbers from 1960s’ excavations.
- Box “*Palawan specimens from different sites*”
  - Bag “*Tabon Cave Bone fragments (2000)*”  
The access numbers are: IV-2000-T-49-50-51-52-54-55-56-61-64-65-66-91-92-93-95-96-97

From our knowledge until now, the Tabon Cave collections are located:

- In the National Museum of the Philippines, Manila (some inside the Archaeology Division and some inside the holdings).
- In the University of the Philippines of Baguio
- In the Palawan Museum Branch in Quezon

Details about the repartition, description and analyses of these bones will be published in the future Tabon Cave monograph.

## **ACKNOWLEDGMENTS**

I would like to thank Director Corazon Alvina, Wilfredo P. Ronquillo and Eusebio Z. Dizon who gave me full access to the collections preserved throughout the Philippines. I am also very grateful for their help and advices. I would like also to thank the members of the Archaeology Division for their help, hospitality and time.

In the Palawan Museum Branch in Quezon: I would like to thank Nida Radam, Alejandro S. Sta. Iglesia, Rogelio E. Fernandez.

In the National Museum station of Peñablanca: I am very grateful to Domeng Pagulayan, in charge of the station, and Nida Pagulayan for their help, hospitality and kindness, as well as Pablo Pagulayan, Bonifacio Pacion and Lolito Soriano Jr. It would not have been possible to constitute the sample without their help.

In the holding of the Archaeology Division of the National Museum of the Philippines in Manila: I would like to thank Hazel Bautista, Rose Fernandez and my brother Jimmy for their help and patience!

## ANNEXE 6

---

### PROGRAMMATION DE FONCTIONS AVEC LE LOGICIEL R

- **Fonction "arrayTOefa"**

Fonctions requises:

- fonctions de Julien Claude (Claude, 2008) : "centcoord", "efourier", "iefourier", "NEF" ("iefourier" est incluse directement dans la fonction car elle a été légèrement modifiée)
- "procGPA" et "bookstein2d" du package "shapes" (Dryden, 2012).

**Objectif:** Exécuter des analyses de Fourier elliptiques sur des contours fermés.

La fonction permet de choisir parmi plusieurs méthodes de normalisation des coefficients de Fourier elliptiques. Il s'agit d'une compilation de fonctions déjà existantes combinée à notre méthode « EFAproc » (cf. 3-2-3).

Tous les contours doivent avoir le même nombre de points. Les points doivent être équidistants.

La fonction fournit une liste composée comprenant:

- la matrice des coefficients normalisés ou non de chaque harmonique
- la puissance cumulée d'un contour moyen ou d'un individu précis
- des coordonnées X et Y issues de la transformée de Fourier elliptique inverse sur le contour moyen ou sur un individu précis
- une représentation de la transformée de Fourier elliptique inverse du contour moyen ou d'un individu précis selon le nombre d'harmoniques souhaité.

Remarques:

- Le dernier point du contour doit être différent du premier point.
- Les coordonnées des points de contour doivent être organisées dans un *array* regroupant tous les individus [,i] avec pour chaque individu les coordonnées X et Y de chaque point de contour en ligne.

Exemple de présentation d'un *array*:

```

,,1      (1er individu)
  [,1] [,2]
[1,] X1 Y1
[2,] X2 Y2
[3,] X3 Y3
[i,] Xi Yi (i = points de contour)

```

```

,,2      (2eme individu)
  [,1] [,2]
[1,] X1 Y1
[2,] X2 Y2
[3,] X3 Y3
[i,] Xi Yi

```

```

,,n      (n= individus)

```

Arguments:

x = *array* contenant les coordonnées de tous les individus. Dans le cas d'une normalisation par la "baseline", les deux points homologues doivent être les deux premiers points.

pc = nombre de points de contours (plus les deux points homologues dans le cas d'une normalisation par "la baseline").

meth.norm =

- par défaut = FALSE: pas de normalisation
- "NEFstart" = NEF avec point de départ
- "NEFnostart" = NEF sans point de départ
- "baseline" = normalisation avec deux points homologues (utilise la fonction "bookstein2d" du package "shapes")
- "proc" = normalisation avec la superposition Procrustes des points de contour (utilise la fonction "procGPA" du package "shapes")



- power = par défaut = "meanshape". Donc par défaut, la puissance cumulée du contour moyen, sinon préciser le numéro du spécimen souhaité.
- numief = Pour préciser le spécimen pour lequel on veut avoir la transformée de Fourier elliptique inverse. Par défaut = "meanshape". Donc par défaut, reconstitution avec la transformée de Fourier elliptique inverse du contour moyen, sinon préciser le numéro de spécimen souhaité.
- harmief = Pour préciser le nombre d'harmoniques souhaité. Par défaut = "pc/2", c'est à dire le nombre total d'harmoniques.

```
#####
```

```
arrayTOefa<-function(x, pc, meth.norm= FALSE, power= "meanshape", numief= "meanshape", harmief= harm)
{
  input <- x

  # Normalisation

  if (meth.norm=="proc") {
    n <- length(input[1,,])/2
    proc <- procGPA(x)
    input <- proc$rotated
    names = dimnames(x)[[3]]
    dimnames(input) <- list(c(1:pc),c("X","Y"),c(dimnames(x)[[3]]))

  } else if (meth.norm=="baseline") {
    pc <- pc-2
    baseline <- bookstein2d(x)
    resbaseline <- baseline$bshpv
    n <- length(resbaseline[1,,])/2
    input <- array(NA,c((length(resbaseline[,1][,1])-2),2,n))
    for (i in 1:n) {
      input[,i] <- resbaseline[,i][-c(1,2),] }
    names = dimnames(x)[[3]]
    dimnames(input) <- list(c(1:pc),c("X","Y"),c(dimnames(x)[[3]]))

  } else if (meth.norm==FALSE) {
    input <- x
    n <- length(input[1,,])/2
    names = dimnames(x)[[3]]
    dimnames(input) <- list(c(1:pc),c("X","Y"),c(dimnames(x)[[3]]))

  } else if (meth.norm=="NEFstart") {
    input <- x
    n <- length(input[1,,])/2
    names = dimnames(x)[[3]]
    dimnames(input) <- list(c(1:pc),c("X","Y"),c(dimnames(x)[[3]]))

  } else if (meth.norm=="NEFnostart") {
    input <- x
    n <- length(input[1,,])/2
    names = dimnames(x)[[3]]
    dimnames(input) <- list(c(1:pc),c("X","Y"),c(dimnames(x)[[3]]))
  }

  # Détermination du nombre d'harmoniques pour un nombre de points de contour paire ou impaire

  if (pc%%2==0){
```

```

harm <- pc/2
} else {
harm <- (pc-1)/2
}

### Application des fonctions de Fourier elliptiques

# Fonction iefourier de Julien Claude
iefourier<-function(an,bn,cn,dn,k,n,ao=0,co=0) {
theta <- seq(0,2*pi, length=n)      # légèrement modifiée pour que le contour soit fermé
harmx <- matrix (NA, k, n)
harmy <- matrix (NA, k, n)
for (i in 1:k){
harmx[i,] <- an[i]*cos(i*theta)+bn[i]*sin(i*theta)
harmy[i,] <- cn[i]*cos(i*theta)+dn[i]*sin(i*theta)}
x <-(ao/2) + apply(harmx, 2, sum)
y <-(co/2) + apply(harmy, 2, sum)
list(x=x, y=y)
}

n <- length(input[1,,])/2
Fourier <- array(NA,c(1,((harm*4)+2),n))

if (meth.norm=="NEFstart") {
for (i in 1:n) {
ef <- NEF(input[,i],start=T)
Fourier[,i] <- c(ef$ao,ef$co,ef$A,ef$B,ef$C,ef$D)
}
} else if (meth.norm=="NEFstart") {
for (i in 1:n) {
ef <- NEF(input[,i],start=F)
Fourier[,i] <- c(ef$ao,ef$co,ef$A,ef$B,ef$C,ef$D)
}
} else {
for (i in 1:n) {
ef<-iefourier(input[,i])
Fourier[,i]<-c(ef$ao,ef$co,ef$an,ef$bn,ef$cn,ef$dn)
}
}

coefellip <- matrix(Fourier,n,((harm*4)+2),byrow= TRUE)
row.names(coefellip) <- names
anbncndn <- as.vector(rep(c("an.", "bn.", "cn.", "dn."),times=c((pc/2),(pc/2),(pc/2),(pc/2))))
anbncndn <- paste(anbncndn,1:(pc/2),sep="")
total_col <- as.vector(c("ao","co",anbncndn))
colnames(coefellip) <- total_col

#### Calcul de la puissance

# Partage des coefficients
coefellip2 <- coefellip[,-c(1,2)]
coefellip_an <- as.data.frame (coefellip2 [,1:harm])
coefellip_bn <- as.data.frame (coefellip2 [,c((harm+1):(2*harm))])
coefellip_cn <- as.data.frame (coefellip2 [,c((2*harm)+1):(3*harm)])
coefellip_dn <- as.data.frame (coefellip2 [,c((3*harm)+1):(4*harm)])

```

```

# Calcul de la puissance
if (power=="meanshape") {
  Powertotalspe <-
  (apply(coefellip_an,2,mean)^2 +
  apply(coefellip_bn,2,mean)^2 +
  apply(coefellip_cn,2,mean)^2 +
  apply(coefellip_dn,2,mean)^2)/2
  power1 <- as.numeric(round ((( cumsum(Powertotalspe)/sum (Powertotalspe))*100),4))
  power2 <- as.numeric(round ((( cumsum(Powertotalspe[-1])/sum (Powertotalspe[-1]))*100),4))

} else {
  Powertotalspe <-
  ((as.numeric (coefellip_an[power,])^2) + (as.numeric(coefellip_bn[power,])^2)+
  as.numeric (coefellip_cn[power,])^2) + (as.numeric(coefellip_dn[power,])^2) /2
  power1 <- round (((cumsum (Powertotalspe)/sum (Powertotalspe))*100),4)
  power2 <- round (((cumsum (Powertotalspe[-1])/sum (Powertotalspe[-1]))*100),4)
}

ao <- as.data.frame (coefellip[,1])
  colnames(ao)<-"ao"
co <- as.data.frame (coefellip[,2])
  colnames(co)<-"co"
an <- as.data.frame (coefellip2 [,1:harmief])
bn <- as.data.frame (coefellip2 [,((harm+1):(harm+harmief))])
cn <- as.data.frame (coefellip2 [,((2*harm)+1):(2*harm+harmief)])
dn <- as.data.frame (coefellip2 [,((3*harm)+1):(3*harm+harmief)])

# Transformée de Fourier elliptique inverse

if (numief=="meanshape") {
  an2= as.numeric (apply(an,2,mean))
  bn2= as.numeric (apply(bn,2,mean))
  cn2= as.numeric (apply(cn,2,mean))
  dn2= as.numeric (apply(dn,2,mean))
  main="mean shape"
} else {
  an2= as.numeric(an[numief,])
  bn2= as.numeric(bn[numief,])
  cn2= as.numeric(cn[numief,])
  dn2= as.numeric(dn[numief,])
  main=rownames(coefellip)[numief]
}

if (harmief==1) {
  harmoniques<-"harmonique"
} else {
  harmoniques<-"harmoniques"
}

ief <- iefourier (an2,bn2,cn2,dn2,harmief,pc)

if (meth.norm=="NEFstart" | meth.norm=="NEFnostart") {
  coordx<-ief$x*-1
  coordy<-ief$y*-1
} else {
  coordx<-ief$x

```

```

  coordy<-ief$y
}

centroid<- centcoord(cbind(coordx,coordy))
coordx2<- coordx - centroid [1]
coordy2<- coordy - centroid [2]
centroid2<- c(centroid[1] - centroid[1],centroid[2] - centroid[2])

plot (coordx2,coordy2,type="l",asp=1,main=main,
      sub=paste(harmief,harmoniques),xaxt="n",xlab="",ylab="",yaxt="n",frame=F,)
points (centroid2[1],centroid2[2],pch=3)

# Donnees finales
if (meth.norm=="NEFstart" | meth.norm=="NEFnostart") {
  final<-
list(coefellip=cbind(ao,co,an,bn,cn,dn),power=power2,coord_invfourier=cbind(coordx,coordy),centroid=centroi
d2)
} else {
  final<-
list(coefellip=cbind(ao,co,an,bn,cn,dn),power=power1,coord_invfourier=cbind(coordx,coordy),centroid=centroi
d2)
}
}

```

- **Fonction iefaPCA**

Fonction requise: "lm".

Objectif: Calcul de la transformée de Fourier elliptique inverse aux extrêmes des axes d'une ACP (faite dans "prcomp"). On obtient le graphique et un objet avec les coordonnées.

Remarque: l'ACP est à faire avant d'exécuter la fonction.

Arguments:

x = coefficients de Fourier elliptique 2D. Doit être de classe "matrix" avec objets en lignes et coefficients en colonnes dans ce format: an1,an2,..bn1,bn2,..cn1,cn2,..dn1,dn2..

PCA= Mettre directement le nom de l'objet contenant les résultats de l'ACP faite avec "prcomp" (une liste) et la fonction ira chercher les scores à l'intérieur.

n = numéro de l'axe pour lequel on veut obtenir la conformation.

ext = "max" ou "min".

"max" si on veut la conformation maximale de l'axe,

"min" si on veut la conformation minimale de l'axe.

#####

```
iefaPCA<-function (x,PCA,n,ext) {
```

```
harm<-ncol(x)/4
```

```
if (harm%%2==0) {
  pc2<- harm*4
} else {
  pc2<- (harm*4)+2
}
```

```
if (ext=="max") {
  a <- which.max(PCA$x[,n])
  interceptsPC <- lm(as.matrix(x)~PCA$x[,n])$fitted.values
  MaxPC <- interceptsPC[a,]
  coord <- iefourier(MaxPC[(1:harm)],
    MaxPC[(harm+1):(2*harm)],
    MaxPC[((2*harm)+1):(3*harm)],
    MaxPC[((3*harm)+1):(4*harm)],
    harm,pc2)
```

```
centroid<-centcoord(cbind(coord$x,coord$y))
coordx<- coord$x - centroid [1]
coordy<- coord$y - centroid [2]
centroid2<- c(centroid[1] - centroid[1],centroid[2] - centroid[2])
plot(coordx,coordy,type="l",asp=1,col="red",lwd=2,cex.main=1.1,main=paste("Confo max
axe",n),xlab="",ylab="",axe=F)
points(centroid2[1],centroid2[2],pch=3)
```

```
} else if (ext=="min") {
  a <- which.min(PCA$x[,n])
  interceptsPC <- lm(as.matrix(x)~PCA$x[,n])$fitted.values
  MinPC <- interceptsPC[a,]
  coord <- iefourier(MinPC[(1:harm)],
    MinPC[(harm+1):(2*harm)],
    MinPC[((2*harm)+1):(3*harm)],
    MinPC[((3*harm)+1):(4*harm)],
    harm,pc2)
```

```
centroid<-centcoord(cbind(coord$x,coord$y))
coordx<- coord$x - centroid [1]
coordy<- coord$y - centroid [2]
centroid2<- c(centroid[1] - centroid[1],centroid[2] - centroid[2])
plot(coordx,coordy,type="l",asp=1,col="red",lwd=2,cex.main=1.1,main=paste("Confo min
axe",n),xlab="",ylab="",axe=F)
  points(centroid2[1],centroid2[2],pch=3)
}
return(list(coord_invFour=cbind(coordx,coordy),centroid=centroid2))
}
```

- **Fonction iefaLDA**

Fonction requise: "lda".

**Objectif** : permettre de calculer la transformée de Fourier elliptique inverse aux extrêmes des axes de la LDA, ou la forme moyenne des groupes de la LDA.

Remarque : Les scores de l'ACP doivent être obtenus au préalable avec "prcomp".

Arguments :

x = coefficients de Fourier de tous les individus (sans les  $a_0$  et  $c_0$ ) en format "matrix" avec objets en lignes et coefficients en colonnes dans ce format: an1,an2,..bn1,bn2,..cn1,cn2,..dn1,dn2..

data = "coef" ou "PCA" (préciser "coef" si on veut faire la lda directement sur les coefficients de Fourier, "PCA" si la lda doit être faite sur les scores de l'ACP).

PCA = Mettre les scores de l'ACP (matrice avec individus en lignes et variables en colonnes)

factor = facteur de la lda.

type = "axes" or "groups"

n = numéro de l'axe ou du groupe

ext = si type = "axes", il faut préciser "max" ou "min",  
si type = "groups", laisser "FALSE" par défaut.

#####

```
iefaLDA<-function (x,data="PCA",PCA,factor,type="groups",n,ext=FALSE) {
```

```
  # Nombre d'harmoniques
```

```
  harm<- ncol(x)/4
```

```
  # Calcul de la lda et « proj »
```

```
  if (data=="coef") {
```

```
    clda<-lda(x,factor)
```

```
    proj<-predict(clda,x)
```

```
  } else if (data=="PCA") {
```

```
    clda<-lda(PCA,factor)
```

```
    proj<-predict(clda,PCA)
```

```
  }
```

```
  # régressions multiples sur les axes
```

```
  if (type=="axes" & ext=="max") {
```

```
    a<-which.max(proj$x[,n])
```

```
    interceptsLD<-lm(as.matrix(x)~proj$x[,n])$fitted.values
```

```
    MaxLD<-interceptsLD[a,]
```

```
    coord<-iefourier(MaxLD[(1:harm)],
```

```
                    MaxLD[(harm+1):(2*harm)],
```

```
                    MaxLD[((2*harm)+1):(3*harm)],
```

```
                    MaxLD[((3*harm)+1):(4*harm)],
```

```
                    harm,80)
```

```
    centroid<-centcoord(cbind(coord$x,coord$y))
```

```
    coordx<- coord$x - centroid [1]
```

```
    coordy<- coord$y - centroid [2]
```

```
    centroid2<- c(centroid[1] - centroid[1],centroid[2] - centroid[2])
```

```
    plot(coordx,coordy,type="l",asp=1,col="red",lwd=2,cex.main=1.1,main=paste("Confo max  
axe",n),xlab="",ylab="",axe=F)
```

```
    points(centroid2[1],centroid2[2],pch=3)
```

```
  } else if (type=="axes" & ext=="min") {
```

```
    a<-which.min(proj$x[,n])
```

```

interceptsLD<-lm(as.matrix(x)~proj$x[,n])$fitted.values
MinLD<-interceptsLD[a,]
coord<-iefourier(MinLD[(1:harm)],
  MinLD[(harm+1):(2*harm)],
  MinLD[((2*harm)+1):(3*harm)],
  MinLD[((3*harm)+1):(4*harm)],
  harm,80)
centroid<-centcoord(cbind(coord$x,coord$y))
coordx<- coord$x - centroid [1]
coordy<- coord$y - centroid [2]
centroid2<- c(centroid[1] - centroid[1],centroid[2] - centroid[2])
plot(coordx,coordy,type="l",asp=1,col="blue",lwd=2,cex.main=1.1,main=paste("Confo min
axe",n),xlab="",ylab="",axes=F)
points(centroid2[1],centroid2[2],pch=3)

} else if (type=="groups") {
interceptsLD<-lm(as.matrix(x)~proj$posterior[,n])$fitted.values
group<-interceptsLD[which.max(proj$posterior[,n]),]
coord<-iefourier(group[(1:harm)],
  group[(harm+1):(2*harm)],
  group[((2*harm)+1):(3*harm)],
  group[((3*harm)+1):(4*harm)],
  harm,80)
centroid<-centcoord(cbind(coord$x,coord$y))
coordx<- coord$x - centroid [1]
coordy<- coord$y - centroid [2]
centroid2<- c(centroid[1] - centroid[1],centroid[2] - centroid[2])
plot(coordx,coordy,type="l",asp=1,col=1,lwd=2,cex.main=1.1,main=levels(factor)[n],xlab="",ylab="",frame=F)
points(centroid2[1],centroid2[2],pch=3)
}
return(list(coord_invFour=cbind(coordx,coordy),centroid=centroid2))

```



## ANNEXE 7

---

### INFORMATIONS DETAILLEES SUR L'ECHANTILLON D'INDIVIDUS RECENTS



M <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	Numéro d'inventaire original	Pays	Région/île	Localité/site	Lieu conservation	Localisation précise	Remarques	st.	nc. km <sup>1</sup>	nc. M <sub>1</sub>	nc. M <sub>2</sub>	Ca. M <sup>1</sup>	Hy. M <sup>2</sup>	u. M <sup>1</sup>	u. M <sup>2</sup>	u. M <sub>1</sub>	u. M <sub>2</sub>	t. M <sup>1</sup>	t. M <sup>2</sup>	t. M <sub>1</sub>	t. M <sub>2</sub>	Facteur chrono-géographique 1	Facteur chrono-géographique 2	Taille M <sup>1</sup>	Taille M <sup>2</sup>	Taille M <sub>1</sub>	Taille M <sub>2</sub>
0	A02	-	A02	3619	Australie	Tasmanie	-	MNHN	Moyen	-	NI	-	-	5	-	2	-	2	-	2	-	1	-	0	Récents Australie	Récents Australie	-	128,13	-	127,28
A03	A03	A03	-	3637	Australie	Tasmanie	-	MNHN	Moyen	-	NI	4	5	-	0	2	2	2	2	-	1	1	0	-	Récents Australie	Récents Australie	137,79	135,78	135,19	-
-	A04	-	A04	3638	Australie	Tasmanie	-	MNHN	Moyen	-	NI	-	-	5	-	1	-	2	-	2	-	1	-	0	Récents Australie	Récents Australie	-	102,69	-	126,62
A05	A05	A05	-	1509	Australie	Nord	Camp in Heaven	MNHN	Non	-	NI	4	6	-	0	2	4	2	4	-	0	0	0	-	Récents Australie	Récents Australie	106,97	94,96	111,45	-
A06	A06	-	-	1511	Australie	Cobourg peninsula	Port Essington	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	4	3	-	-	1	1	-	-	Récents Australie	Récents Australie	128,35	112,69	-	-
A08	A08	A08	-	4763	Australie	Cobourg peninsula	Baie Raffles	MNHN	Oui	-	NI	4	5	-	0	3	3	2	3	-	0	1	0	-	Récents Australie	Récents Australie	110,94	115,01	99,84	-
A12	A12	A12	A12	VL1604	Australie	New South Wales	White Cliffs	AMNH	Oui	-	NI	4	5	5	0	3	3	2	3	2	1	1	0	1	Récents Australie	Récents Australie	124,34	132,77	127,15	131,80
-	A13	-	-	99-8158	Australie	Sud-Ouest	-	AMNH	Non	"Aborigène"	NI	-	-	-	-	3	-	4	-	-	-	9	-	-	Récents Australie	Récents Australie	-	119,33	-	-
-	A14	-	A14	99-8157	Australie	Sud-Ouest	-	AMNH	Non	"Aborigène"	NI	-	-	5	-	3	-	3	-	3	-	9	-	9	Récents Australie	Récents Australie	-	116,89	-	112,62
-	A15	-	-	99-8164	Australie	Sud-Ouest	-	AMNH	Non	"Aborigène"	NI	-	-	-	-	2	-	4	-	-	-	9	-	-	Récents Australie	Récents Australie	-	112,86	-	-
-	A16	-	A16	99-8154	Australie	Sud-Ouest	-	AMNH	Non	"Aborigène"	NI	-	-	9	-	2	-	3	-	4	-	9	-	9	Récents Australie	Récents Australie	-	94,11	-	105,42
A17	A17	-	A17	99-8174	Australie	Sud-Ouest	-	AMNH	Non	"Aborigène"	NI	4	-	5	0	3	5	3	-	4	9	1	-	1	Récents Australie	Récents Australie	139,62	138,25	-	132,19
A18	A18	-	-	99-8171	Australie	Sud-Ouest	-	AMNH	Non	"Aborigène"	NI	4	-	-	0	3	5	4	-	-	1	9	-	-	Récents Australie	Récents Australie	117,35	106,02	-	-
-	A19	-	A19	99-8175	Australie	Sud-Ouest	-	AMNH	Non	"Aborigène"	NI	-	-	5	-	3	-	2	-	4	-	1	-	9	Récents Australie	Récents Australie	-	105,87	-	104,75
-	A20	-	-	99-8180	Australie	Sud-Ouest	-	AMNH	Non	"Aborigène"	NI	-	-	-	-	3	-	4	-	-	-	1	-	-	Récents Australie	Récents Australie	-	118,96	-	-
A21	A21	-	A21	99-8217	Australie	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	4	0	2	4	3	-	3	0	0	-	9	Récents Australie	Récents Australie	118,53	93,39	-	99,96
A22	A22	A22	A22	VL625	Australie	Ouest	Murchinson River	AMNH	Moyen	-	NI	4	5	6	0	3	2	2	2	2	0	0	0	0	Récents Australie	Récents Australie	108,51	110,19	104,15	106,72
-	-	-	A23	VL243	Australie	Queensland	Cooktown	AMNH	Oui	-	NI	-	-	4	-	-	-	-	-	5	-	-	-	1	Récents Australie	Récents Australie	-	-	-	115,64
A24	A24	A24	A24	VL245	Australie	Ouest	Upper Murchison River	AMNH	Moyen	-	NI	4	7	5	1	3	3	2	3	3	1	1	0	0	Récents Australie	Récents Australie	133,06	125,71	143,33	121,31
-	A25	-	A25	VL247	Australie	Ouest	Upper Murchison River	AMNH	Moyen	-	NI	-	-	5	-	3	-	3	-	4	-	2	-	0	Récents Australie	Récents Australie	-	124,38	-	141,91
A26	A26	-	-	VL627	Australie	Queensland	Cooktown	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	3	2	-	-	0	0	-	-	Récents Australie	Récents Australie	102,68	99,77	-	-
A27	A27	A27	A27	VL1412	Australie	Territoire du Nord	Port Darwin	AMNH	Oui	-	NI	5	6	5	0	3	3	2	3	3	1	0	0	0	Récents Australie	Récents Australie	129,55	108,43	126,09	102,50
A28	A28	-	A28	VL1580	Australie	New South Wales	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	4	0	3	4	4	-	4	0	0	-	0	Récents Australie	Récents Australie	140,23	146,61	-	138,22
-	-	A29	A29	99-68,66	Australie	Sud	-	AMNH	Non	-	NI	-	6	4	-	-	-	-	2	2	-	-	0	0	Récents Australie	Récents Australie	-	-	97,16	98,74

-	A30	A30	-	VL1604	Australie	New South Wales	White Cliffs	AMNH	Oui	-	NI	-	5	-	-	3	-	2	2	-	-	1	0	-	Récents Australie	Récents Australie	-	133,67	126,96	-
A31	A31	A31	A31	UL274	Australie	Tasmanie	-	AMNH	Moyen	-	NI	4	5	4	0	2	3	2	3	3	0	1	0	0	Récents Australie	Récents Australie	115,57	94,94	113,46	130,08
A32	-	-	-	UL275	Australie	Tasmanie	-	AMNH	Moyen	-	NI	4	-	-	0	-	4	-	-	-	0	-	-	-	Récents Australie	Récents Australie	123,87	-	-	-
A33	A33	A33	A33	UL273	Australie	Tasmanie	-	AMNH	Moyen	-	NI	4	5	4	1	2	3	3	3	3	0	1	0	9	Récents Australie	Récents Australie	115,84	103,94	113,59	102,83
A35	A35	-	A35	UL271	Australie	Tasmanie	-	AMNH	Moyen	-	NI	4	-	5	0	3	3	3	-	3	1	1	-	0	Récents Australie	Récents Australie	108,73	97,65	-	112,34
A36	A36	-	-	UL269	Australie	Tasmanie	-	AMNH	Moyen	-	NI	4	-	-	0	3	4	3	-	-	9	1	-	-	Récents Australie	Récents Australie	120,28	121,27	-	-
B01	B01	B01	B01	3504	Indonésie	Borneo	-	MNHN	Non	-	NI	4	5	4	0	3	2	2	2	2	0	0	0	0	Récents Indo occ	NA	103,41	96,91	110,81	96,94
B02	-	B02	B02	6206	Indonésie	Borneo	-	MNHN	Non	"Dayak"	NI	4	5	4	0	-	1	-	1	1	0	-	0	0	Récents Indo occ	NA	96,51	-	99,35	91,31
B03	B03	-	-	11322	Indonésie	Borneo	Pontianak	MNHN	Oui	"Dayak"	NI	4	-	-	0	2	2	2	-	-	0	0	-	-	Récents Indo occ	NA	100,10	90,35	-	-
B04	B04	-	B04	3505	Indonésie	Borneo	-	MNHN	Non	-	NI	4	-	5	0	3	2	2	-	2	0	0	-	0	Récents Indo occ	NA	112,70	104,65	-	102,29
-	B05	-	-	11320	Indonésie	Borneo	Nanboun	MNHN	Non	"Dayak"	NI	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	0	-	-	Récents Indo occ	NA	-	84,78	-	-
B06	B06	-	-	4375	Indonésie	Borneo	Landak	MNHN	Oui	"Dayak"	NI	4	-	-	0	3	2	2	-	-	9	0	-	-	Récents Indo occ	NA	102,90	100,14	-	-
-	B07	B07	-	11318	Indonésie	Borneo	Oubin	MNHN	Non	"Dayak"	NI	-	5	-	-	3	-	2	2	-	-	0	1	-	Récents Indo occ	NA	-	95,17	111,62	-
-	-	-	B08	2349	Indonésie	Borneo	-	MNHN	Non	"Dayak"	NI	-	-	4	-	-	-	-	-	3	-	-	-	0	Récents Indo occ	NA	-	-	-	113,72
-	B09	B09	B09	6209	Indonésie	Borneo	-	MNHN	Non	"Dayak"	NI	-	5	4	-	3	-	1	2	1	-	0	0	0	Récents Indo occ	NA	-	95,89	104,68	92,55
-	B10	-	B10	11319	Indonésie	Borneo	-	MNHN	Non	"Dayak"	NI	-	-	4	-	3	-	2	-	1	-	0	-	0	Récents Indo occ	NA	-	93,87	-	82,57
-	-	-	B11	6208	Indonésie	Borneo	-	MNHN	Non	"Dayak"	NI	-	-	6	-	-	-	-	-	2	-	-	-	0	Récents Indo occ	NA	-	-	-	103,07
-	-	-	B12	11323	Indonésie	Borneo	-	MNHN	Non	"Dayak"	NI	-	-	4	-	-	-	-	-	2	-	-	-	0	Récents Indo occ	NA	-	-	-	87,71
B13	B13	-	-	99-4193	Indonésie	Borneo	-	AMNH	Non	"Semong Negrilo"	NI	4	-	-	0	2	3	3	-	-	1	1	-	-	Récents Indo occ	NA	102,93	83,74	-	-
B14	B14	B14	B14	VL1506	Indonésie	Borneo	-	AMNH	Non	"Battak"	NI	4	6	5	0	3	2	2	2	2	1	1	0	0	Récents Indo occ	NA	108,48	90,16	105,45	95,86
B15	B15	-	B15	VL1204	Indonésie	Borneo	-	AMNH	Non	"Battak"	NI	4	-	5	1	3	3	3	-	3	0	0	-	0	Récents Indo occ	NA	112,21	102,44	-	101,05
C01	C01	C01	-	4676	Chine	-	Canton	MNHN	Oui	-	NI	4	5	-	0	2	1	1	2	-	0	1	1	-	Récents Chine SE	NA	94,12	83,43	102,86	-
C02	C02	C02	C02	4824	Chine	-	Hoang-Fu, Canton	MNHN	Oui	-	NI	4	5	6	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0	Récents Chine SE	NA	108,40	87,32	122,09	110,29
C03	C03	C03	-	10120	Chine	Yunnan	"pavillon noir"	MNHN	Non	-	NI	4	5	-	0	3	3	2	4	-	0	0	0	-	Récents Chine SE	NA	91,62	83,84	94,07	-
C04	C04	-	-	10224	Chine	Yunnan	"Mongkal"	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	2	1	-	-	0	0	-	-	Récents Chine SE	NA	97,34	76,83	-	-
C05	C05	-	-	4925	Chine	-	Shangai	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	1	3	1	1	-	-	0	0	-	-	Récents Chine SE	NA	109,96	90,69	-	-
C06	C06	-	C06	17338	Chine	Yunnan, Si-Schuan	-	MNHN	Non	-	NI	4	-	5	1	2	2	1	-	1	0	1	-	0	Récents Chine SE	NA	90,86	83,33	-	79,48
C07	-	C07	-	25390	Chine	Hong-Kong	-	MNHN	Oui	-	NI	4	5	-	0	-	3	-	3	-	0	-	0	-	Récents Chine SE	NA	101,63	-	97,28	-
C08	C08	-	-	33585	Chine	-	-	MNHN	Non	"Miao Tsé"	NI	4	-	-	0	2	2	2	-	-	1	0	-	-	Récents Chine SE	NA	79,24	67,57	-	-
C09	C09	-	-	2347	Chine	Hong-Kong	-	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	2	2	-	-	0	0	-	-	Récents Chine SE	NA	100,39	96,97	-	-
C10	C10	C10	C10	4825	Chine	-	Fuzhou, Canton	MNHN	Oui	-	NI	4	5	4	0	3	2	2	2	1	1	1	0	0	Récents Chine SE	NA	106,00	92,91	105,97	97,28

C11	C11	-	-	17891	Chine	Ze-Tchuen (Sichuan?)	environs de Kiating	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	3	2	-	-	1	0	-	-	Récents Chine SE	NA	94,01	91,13	-	-
C12	-	-	-	19755	Chine	-	Tchouang, Kouang-Si (=Guangxi)	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	-	2	-	-	-	0	-	-	-	Récents Chine SE	NA	101,69	-	-	-
C13	C13	-	-	33581	Chine	-	Canton	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	2	2	-	-	0	0	-	-	Récents Chine SE	NA	98,45	107,66	-	-
C14	C14	-	-	33578	Chine	-	Canton	MNHN	Oui	"Acka"	NI	4	-	-	0	2	2	2	-	-	0	1	-	-	Récents Chine SE	NA	115,83	104,55	-	-
C15	C15	-	-	33577	Chine	-	Canton	MNHN	Oui	"Acka"	NI	4	-	-	0	3	3	2	-	-	0	0	-	-	Récents Chine SE	NA	105,10	105,33	-	-
C16	C16	-	-	33582	Chine	-	Canton	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	2	1	-	-	0	0	-	-	Récents Chine SE	NA	101,80	95,43	-	-
C17	C17	-	-	33579	Chine	-	Canton	MNHN	Oui	"Acka"	NI	4	-	-	0	3	2	2	-	-	1	0	-	-	Récents Chine SE	NA	111,98	104,82	-	-
-	-	C18	C18	33583	Chine	-	Canton	MNHN	Oui	-	NI	-	4	4	-	-	-	-	3	4	-	-	0	0	Récents Chine SE	NA	-	-	93,39	83,19
-	-	C19	C19	10223	Chine	Yunnan	Nongkai	MNHN	Non	-	NI	-	5	4	-	-	-	-	3	4	-	-	0	0	Récents Chine SE	NA	-	-	110,22	100,73
-	-	C20	C20									-	-	4	-	3	-	3	-	3	-	0	-	0	Récents Chine SE	NA	-	105,10	-	106,87
J01	J01	J01	J01	1969	Indonésie	Java	-	MNHN	Non	-	NI	4	5	4	0	1	3	2	4	3	0	1	0	0	Récents Indo occ	Récents Java	99,87	96,88	104,46	105,02
J02	J02	-	J02	1975	Indonésie	Java	Bezoek	MNHN	Non	"Lasida"?	NI	4	-	5	0	3	3	2	-	3	0	0	-	9	Récents Indo occ	Récents Java	103,52	93,10	-	93,83
J03	J03	J03	J03	1974	Indonésie	Java	Probolingo	MNHN	Oui	"Savo"?	NI	4	5	4	0	2	2	2	3	2	0	1	0	0	Récents Indo occ	Récents Java	88,46	79,45	92,54	88,13
J04	J04	J04	J04	1970	Indonésie	Java	Patjitan (Pacitan)	MNHN	Oui	"Somito"?	NI	4	6	4	0	2	5	2	2	2	9	0	1	0	Récents Indo occ	Récents Java	110,25	101,81	129,80	113,29
J05	J05	J05	J05	1959	Indonésie	Java	-	MNHN	Non	-	NI	4	5	5	0	3	3	2	3	2	1	0	0	0	Récents Indo occ	Récents Java	97,54	95,49	98,90	98,33
J06	J06	J06	J06	4656	Indonésie	Java	-	MNHN	Non	-	NI	4	5	4	0	2	2	1	1	1	0	0	0	0	Récents Indo occ	Récents Java	90,11	79,70	92,92	85,94
J07	J07	J07	J07	1973	Indonésie	Java	Soegaure	MNHN	Non	"Soemodikromo"?	NI	4	5	5	0	1	2	2	3	2	9	0	0	0	Récents Indo occ	Récents Java	95,36	87,00	96,73	87,86
J09	J09	-	J09	1960	Indonésie	Java	-	MNHN	Non	-	NI	4	-	5	0	3	4	3	-	3	0	0	-	0	Récents Indo occ	Récents Java	121,11	109,84	-	112,36
J10	J10	J10	J10	11326	Indonésie	Java	-	MNHN	Non	-	NI	4	5	4	0	2	2	1	1	1	0	0	0	0	Récents Indo occ	Récents Java	105,17	103,67	100,88	101,62
J11	J11	J11	J11	2917	Indonésie	Java	Soerakarta (Surakarta)	MNHN	Oui	-	NI	4	5	4	0	3	3	2	3	2	0	0	9	0	Récents Indo occ	Récents Java	114,51	104,81	109,04	96,23
J12	J12	J12	J12	4376	Indonésie	Java	-	MNHN	Non	-	NI	4	5	5	0	3	3	2	4	3	0	0	0	0	Récents Indo occ	Récents Java	111,87	108,32	107,17	109,72
-	-	J13	J13	1964	Indonésie	Java	-	MNHN	Non	-	NI	-	5	4	-	-	-	-	1	2	-	-	0	1	Récents Indo occ	Récents Java	-	-	111,10	91,94
J14	J14	J14	J14	1953	Indonésie	Java	-	MNHN	Non	-	NI	4	5	4	0	3	1	1	1	2	2	1	1	1	Récents Indo occ	Récents Java	122,36	118,03	117,60	110,86
J15	J15	J15	J15	4810	Indonésie	Java	-	MNHN	Non	-	NI	4	5	4	0	3	2	1	3	2	0	0	0	0	Récents Indo occ	Récents Java	100,51	98,88	105,14	99,21
J16	J16	J16	J16	1954	Indonésie	Java	-	MNHN	Non	-	NI	4	5	4	3	3	1	1	2	1	1	0	0	0	Récents Indo occ	Récents Java	109,02	101,29	105,77	93,37
J17	J17	J17	J17	2913	Indonésie	Java	-	MNHN	Non	-	NI	4	5	5	0	3	1	1	2	1	0	0	0	0	Récents Indo occ	Récents Java	109,32	106,08	108,81	107,86
J18	J18	J18	J18	1966	Indonésie	Java	-	MNHN	Non	-	NI	4	5	4	0	1	1	1	2	1	1	1	0	0	Récents Indo occ	Récents Java	103,40	92,08	99,33	94,66
J19	J19	J19	J19	1965	Indonésie	Java	-	MNHN	Non	-	NI	4	5	5	0	2	2	1	2	2	0	0	0	0	Récents Indo occ	Récents Java	97,19	88,59	102,21	98,28
-	-	J20	-	1957	Indonésie	Java	-	MNHN	Non	-	NI	-	5	-	-	-	-	-	4	-	-	-	0	-	Récents Indo occ	Récents Java	-	-	104,37	-
J21	J21	-	J21	VL209	Indonésie	Java	Proche de Surabaya	AMNH	Oui	-	NI	4	-	5	3	3	4	3	-	3	9	0	-	9	Récents Indo occ	Récents Java	100,93	89,32	-	96,01
J22	J22	-	-	VL1708	Indonésie	Java	Samarang	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	2	3	3	-	-	9	9	-	-	Récents Indo occ	Récents Java	100,01	78,22	-	-

J23	J23	-	-	VL3337	Indonésie	Java	Madura	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	1	2	3	3	-	-	1	9	-	-	Récents Indo oec	Récents Java	115,00	105,61	-	-
J24	J24	-	-	VL645	Indonésie	Java	Madura	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	3	2	-	-	9	9	-	-	Récents Indo oec	Récents Java	106,76	93,62	-	-
J25	J25	-	J25	VL1501	Indonésie	Java	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	4	0	3	4	3	-	2	9	0	-	0	Récents Indo oec	Récents Java	119,72	107,58	-	100,05
J26	J26	-	-	VL3340	Indonésie	Java	Madura	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	2	2	-	-	9	1	-	-	Récents Indo oec	Récents Java	101,92	90,32	-	-
J27	J27	-	-	VL3339	Indonésie	Java	Madura	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	2	4	4	-	-	1	1	-	-	Récents Indo oec	Récents Java	122,27	95,51	-	-
J28	J28	J28	J28	VL1503	Indonésie	Java	-	AMNH	Non	-	NI	4	5	5	1	3	2	2	3	3	0	0	0	0	Récents Indo oec	Récents Java	101,39	81,03	97,02	90,01
J29	J29	-	-	VL1742	Indonésie	Java	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	-	0	2	3	3	-	-	9	9	-	-	Récents Indo oec	Récents Java	108,62	102,79	-	-
J30	J30	J30	J30	VL1741	Indonésie	Java	-	AMNH	Non	-	NI	4	5	4	0	1	2	2	2	2	0	0	0	0	Récents Indo oec	Récents Java	95,29	81,60	97,23	84,11
L01	L01	-	-	7793	Philippines	Luzon - Ile Cagraray	Grotte du Levant	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	2	2	-	-	0	0	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	102,75	91,18	-	-
L02	L02	-	-	7794	Philippines	Luzon - Ile Cagraray	Grotte du Levant	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	1	3	3	2	-	-	0	0	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	118,52	111,02	-	-
L03	L03	-	-	7795	Philippines	Luzon - Ile Cagraray	Grotte du Levant	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	1	3	2	3	-	-	9	0	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	122,41	98,49	-	-
L04	L04	-	-	7798	Philippines	Luzon - Ile Cagraray	Grotte du Levant	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	1	3	4	3	-	-	0	0	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	103,63	86,17	-	-
L05	-	-	-	7799	Philippines	Luzon - Ile Cagraray	Grotte du Levant	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	-	5	-	-	-	0	-	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	96,14	-	-	-
L06	-	-	-	7801	Philippines	Luzon - Ile Cagraray	Grotte du Levant	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	-	3	-	-	-	0	-	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	85,79	-	-	-
L07	L07	-	-	7807	Philippines	Luzon - Ile Cagraray	Grotte du Levant	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	4	2	-	-	0	0	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	96,70	85,28	-	-
L08	L08	-	-	7808	Philippines	Luzon - Ile Cagraray	Grotte du Levant	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	2	2	-	-	0	0	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	114,69	105,46	-	-
L09	L09	-	-	7809	Philippines	Luzon - Ile Cagraray	Grotte du Levant	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	1	1	-	-	0	0	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	107,28	83,84	-	-
L10n	L10n	L10n	L10n	8274	Philippines	Luzon - Camarines Sur	Yriga	MNHN	Oui	"Negrito"	NI	4	5	5	0	3	2	2	2	3	0	0	0	0	Négritos	Négritos Phil.	107,92	103,46	101,26	106,80
L11n	L11n	L11n	-	8275	Philippines	Luzon - Camarines Sur	Yriga	MNHN	Oui	"Negrito"	NI	4	6	-	0	2	2	2	2	-	0	0	1	-	Négritos	Négritos Phil.	104,78	82,70	99,05	-
L12n	L12n	L12n	L12n	8278	Philippines	Luzon - Camarines Sur	Yriga	MNHN	Oui	"Negrito"	NI	4	5	5	0	3	3	2	3	3	0	0	0	0	Négritos	Négritos Phil.	98,68	92,85	98,93	89,74
L13n	L13n	-	-	9370	Philippines	Luzon - Camarines Sur	Yriga	MNHN	Oui	"Negrito"	NI	4	-	-	0	2	2	2	-	-	0	0	-	-	Négritos	Négritos Phil.	93,85	92,50	-	-

L14n	L14n	-	-	8280	Philippines	Luzon - Bataan	Dinalupihan	MNHN	Oui	"Negrito"	NI	4	-	-	0	3	1	2	-	-	9	0	-	-	Négritos	Négritos Phil.	97,77	95,10	-	-
L15n	L15n	-	-	9371	Philippines	Luzon - Zambales	Monts Tabacoja	MNHN	Oui	"Negrito"	NI	4	-	-	0	3	1	2	-	-	9	0	-	-	Négritos	Négritos Phil.	104,12	84,55	-	-
L16n	L16n	L16n	L16n	9756	Philippines	Luzon - Hermosa	Monts Tanauan	MNHN	Oui	"Negrito"	NI	4	5	5	0	3	1	2	1	2	0	0	0	0	Négritos	Négritos Phil.	100,20	84,17	96,67	87,92
L17n	L17n	-	L17n	9758	Philippines	Luzon - Hermosa	Monts Tanauan	MNHN	Oui	"Negrito"	NI	4	-	4	0	3	3	2	-	2	0	0	-	0	Négritos	Négritos Phil.	102,88	88,80	-	89,14
L18n	L18n	L18n	L18n	9764	Philippines	Luzon - Londa	Laolaman	MNHN	Non	"Negrito"	NI	4	5	4	0	2	2	2	3	2	0	0	0	0	Négritos	Négritos Phil.	105,70	91,29	105,69	96,44
L19n	L19n	-	-	9765	Philippines	Luzon - Bataan	-	MNHN	Moyen	"Negrito"	NI	4	-	-	0	1	4	3	-	-	0	1	-	-	Négritos	Négritos Phil.	101,80	78,17	-	-
L20n	L20n	L20n	L20n	9766	Philippines	Luzon - Bataan	Dinalupihan	MNHN	Oui	"Negrito"	NI	4	5	5	0	3	1	2	1	1	1	0	0	0	Négritos	Négritos Phil.	104,24	88,83	100,95	101,42
L21n	-	-	L21n	9868	Philippines	Luzon - Bataan	Montagne Olongapo	MNHN	Oui	"Negrito"	NI	4	-	4	0	-	2	-	-	3	0	-	-	0	Négritos	Négritos Phil.	96,48	-	-	77,08
L22n	L22n	L22n	L22n	9768	Philippines	-	-	MNHN	Non	"Negrito"	NI	4	5	5	0	1	2	2	2	2	0	1	0	0	Négritos	Négritos Phil.	85,33	70,39	86,56	77,13
-	-	L23n	-	9763	Philippines	Luzon - Londa	Monts Quinamutian	MNHN	Non	"Negrito"	NI	-	5	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	Négritos	Négritos Phil.	-	-	101,78	-
L24n	-	-	-	9761	Philippines	Luzon - Hermosa	Monts Tanauan	MNHN	Oui	"Negrito"	NI	4	-	-	0	-	1	-	-	-	1	-	-	-	Négritos	Négritos Phil.	97,04	-	-	-
M01	M01	-	-	VL3371	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	3	3	-	-	9	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	95,10	83,49	-	-
-	M02	-	-	VL3372	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	-	-	-	-	3	-	3	-	-	-	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	-	107,01	-	-
M03	M03	-	-	VL3370	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	3	2	-	-	9	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	129,90	112,70	-	-
M04	M04	-	-	VL3374	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	1	2	4	4	-	-	9	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	103,39	93,71	-	-
M05	M05	-	-	VL3376	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	3	2	-	-	0	0	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	103,60	88,19	-	-
-	M06	-	-	VL3377	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	-	-	-	-	3	-	3	-	-	-	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	-	95,23	-	-
M07	-	-	-	VL3382	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	3	-	3	-	-	-	0	-	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	97,49	-	-	-
M08	M08	-	-	VL3386	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	4	3	-	-	9	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	107,51	98,09	-	-
M09	M09	-	-	VL3388	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	0	4	3	-	-	9	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	103,62	91,80	-	-
M10	M10	-	-	VL3391	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	3	2	3	3	-	-	1	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	101,83	87,31	-	-
M11	M11	-	-	VL3393	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	3	2	-	-	9	0	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	106,17	95,53	-	-
M12	-	-	-	VL3402	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	1	-	4	-	-	-	9	-	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	100,36	-	-	-
M13	M13	-	-	VL3395	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	0	3	2	-	-	9	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	113,09	107,95	-	-
M14	M14	-	-	VL3415	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	3	3	-	-	0	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	101,99	94,12	-	-
M15	M15	-	-	VL3409	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	1	4	3	-	-	9	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	98,32	94,44	-	-
M16	-	-	-	VL3410	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	-	4	-	-	-	1	-	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	118,93	-	-	-
M17	M17	-	-	VL3421	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	3	3	-	-	9	0	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	103,94	92,46	-	-
M18	M18	-	-	VL3420	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	2	2	2	-	-	1	0	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	95,15	83,74	-	-

M19	M19	-	-	VL3419	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	0	4	3	-	-	1	1	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	97,56	89,20	-	-
-	M20	-	-	VL3411	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	-	-	-	-	3	-	3	-	-	-	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	-	107,30	-	-
M21	M21	-	-	VL3416	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	2	4	3	-	-	9	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	107,60	108,80	-	-
M22	M22	-	-	VL3417	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	2	3	3	-	-	0	0	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	111,83	94,24	-	-
M23	M23	-	-	VL3418	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	1	3	3	3	-	-	1	1	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	111,32	91,10	-	-
-	M24	-	-	VL3423	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	-	-	-	-	3	-	3	-	-	-	0	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	-	105,17	-	-
M25	M25	-	-	VL3424	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	1	2	3	3	-	-	0	0	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	94,18	67,85	-	-
-	M26	-	-	VL3422	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	-	-	-	-	1	-	3	-	-	-	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	-	93,52	-	-
-	M27	-	-	VL3427	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	-	-	-	-	3	-	2	-	-	-	1	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	-	90,24	-	-
-	M28	-	-	VL3432	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	-	-	-	-	3	-	2	-	-	-	1	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	-	103,57	-	-
-	M29	-	-	VL3425	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	-	-	-	-	2	-	3	-	-	-	0	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	-	94,70	-	-
-	M30	-	-	VL3429	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	-	-	-	-	3	-	2	-	-	-	0	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	-	75,15	-	-
M31	-	-	-	VL3444	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	-	4	-	-	-	9	-	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	95,68	-	-	-
M32	M32	-	-	VL3428	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	1	3	4	2	-	-	9	0	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	101,21	94,67	-	-
M33	M33	-	-	VL3433	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	1	2	3	2	-	-	9	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	109,34	108,53	-	-
M34	M34	-	-	VL5241	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	2	2	-	-	0	2	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	122,62	114,29	-	-
M35	-	-	-	VL5258	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	1	-	3	-	-	-	9	-	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	95,95	-	-	-
M36	M36	-	-	VL5260	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	3	2	-	-	1	0	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	107,17	94,29	-	-
-	M37	-	-	VL5291	Singapour	-	-	AMNH	Oui	-	NI	-	-	-	-	2	-	3	-	-	-	9	-	-	Récents Malaisie	Récents Malaisie	-	96,91	-	-
MQ01	MQ01	MQ01	MQ01	9372	Philippines	Marinduque	Grotte de Pamin-Taan	MNHN	Oui	-	NI	4	5	4	0	3	2	2	3	3	1	0	0	0	Récents Wallace	Récents Luzon	116,97	89,72	110,92	90,08
MQ02	MQ02	MQ02	-	9373	Philippines	Marinduque	Grotte de Pamin-Taan	MNHN	Oui	-	NI	4	5	-	0	3	3	2	3	-	9	0	1	-	Récents Wallace	Récents Luzon	102,93	89,62	106,16	-
MQ03	MQ03	MQ03	MQ03	9377	Philippines	Marinduque	Grotte de Pamin-Taan	MNHN	Oui	-	NI	4	5	4	0	3	2	2	3	3	0	0	0	0	Récents Wallace	Récents Luzon	90,16	80,05	86,94	87,46
-	MQ04	-	-	9378	Philippines	Marinduque	Grotte de Pamin-Taan	MNHN	Oui	-	NI	-	-	-	-	3	-	1	-	-	-	1	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	-	102,35	-	-
MQ05	-	-	-	9379	Philippines	Marinduque	Grotte de Pamin-Taan	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	-	3	-	-	-	0	-	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	86,42	-	-	-
MQ06	MQ06	-	-	9380	Philippines	Marinduque	Grotte de Pamin-Taan	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	0	3	2	-	-	9	0	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	101,44	75,77	-	-
MQ07	MQ07	-	-	9382	Philippines	Marinduque	Grotte de Pamin-Taan	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	3	1	-	-	1	0	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	115,76	112,83	-	-
MQ08	-	-	-	9384	Philippines	Marinduque	Grotte de Pamin-Taan	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	-	4	-	-	-	0	-	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	102,13	-	-	-
MQ09	MQ09	-	-	9390	Philippines	Marinduque	Grotte de Pamin-Taan	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	1	3	2	-	-	0	1	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	96,31	75,79	-	-
MQ10	MQ10	-	-	9400	Philippines	Marinduque	Grotte de Pamin-Taan	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	2	3	4	2	-	-	1	0	-	-	Récents Wallace	Récents Luzon	94,74	87,36	-	-



MQ11	MQ11	MQ11	MQ11	10051	Philippines	Marinduque	Grotte de Pamin-Taan	MNHN	Oui	-	NI	4	5	5	0	3	2	2	2	2	1	1	0	0	Récents Wallace	Récents Luzon	106,08	89,02	106,81	96,89	
-	MQ12	-	MQ12	10052	Philippines	Marinduque	Grotte de Pamin-Taan	MNHN	Oui	-	NI	-	-	4	-	3	-	3	-	2	-	0	-	0	Récents Wallace	Récents Luzon	-	97,12	-	101,48	
MQ13	MQ13	MQ13	MQ13	10053	Philippines	Marinduque	Grotte de Pamin-Taan	MNHN	Oui	-	NI	4	5	6	0	3	3	2	2	2	9	9	0	0	Récents Wallace	Récents Luzon	99,44	90,65	103,32	98,47	
MQ14	MQ14	MQ14	MQ14	10054	Philippines	Marinduque	Grotte de Pamin-Taan	MNHN	Oui	-	NI	4	5	5	0	1	3	2	2	1	0	1	0	0	Récents Wallace	Récents Luzon	99,77	83,15	113,57	96,20	
NB01	NB01	NB01	-	VL1525	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	6	-	2	3	2	2	2	-	1	0	0	-	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	121,16	113,61	112,85	-	
NB02	NB02	NB02	NB02	VL1526	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	5	5	0	3	3	1	2	2	1	1	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	133,09	134,82	129,48	131,47	
NB03	NB03	NB03	NB03	VL1530	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	5	4	3	3	2	2	2	2	0	0	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	125,76	107,12	116,09	103,78	
NB04	NB04	NB04	NB04	UL1531	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	6	6	0	3	2	2	2	2	2	1	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	116,75	110,95	121,88	118,52	
NB05	NB05	NB05	NB05	UL1532	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	5	5	0	1	3	3	3	3	9	1	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	136,73	116,67	136,44	124,57	
NB06	NB06	-	-	UL1534	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	2	3	3	-	-	9	9	-	-	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	122,20	115,40	-	-	
NB07	NB07	NB07	NB07	UL1543	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	6	5	0	3	3	2	2	2	0	1	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	113,99	101,15	119,67	106,58	
NB08	NB08	-	-	UL1544	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	2	3	2	-	-	1	0	-	-	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	114,33	94,12	-	-	
NB09	NB09	NB09	NB09	UL1557	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	6	4	0	3	3	3	2	2	0	0	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	138,76	138,72	106,60	102,51	
NB10	NB10	-	-	UL1571	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	-	-	-	1	2	-	2	-	-	-	-	0	-	-	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	113,74	114,15	-	-
NB11	NB11	NB11	NB11	UL1573	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	6	5	2	3	2	2	2	2	0	0	1	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	135,55	111,46	135,27	119,93	
NB12	NB12	-	-	UL1615	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	2	2	-	-	0	1	-	-	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	105,57	98,63	-	-	
NB13	NB13	NB13	NB13	UL1616	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	5	4	0	3	3	3	3	3	1	0	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	118,49	100,27	114,69	97,12	
NB14	NB14	-	-	UL1618	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	3	2	-	-	1	1	-	-	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	116,69	104,34	-	-	
-	-	-	NB15	VL1637	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	-	-	5	-	-	-	-	-	3	-	-	-	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	-	-	-	104,73	

NB16	NB16	NB16	NB16	VL1626	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	6	5	0	3	3	2	3	2	1	9	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	128,98	126,98	127,37	125,69
NB17	NB17	NB17	NB17	VL1631	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	5	5	0	3	2	2	2	2	0	1	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	102,78	102,24	93,44	96,84
-	-	-	NB18	VL1636	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	-	-	4	-	-	-	-	2	-	-	-	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	-	-	-	97,08	
NB19	NB19	NB19	NB19	VL1641	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	5	4	0	2	2	2	2	2	0	0	1	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	110,53	109,70	112,93	127,47
NB20	NB20	-	-	VL1646	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	2	2	-	-	0	0	-	-	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	117,20	111,09	-	-
NB21	NB21	-	-	VL1649	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	2	2	-	-	0	0	-	-	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	125,50	96,26	-	-
NB22	NB22	-	-	VL1657	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	2	2	2	-	-	1	1	-	-	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	113,68	102,42	-	-
NB23	NB23	-	-	VL1652	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	3	3	2	2	-	-	1	1	-	-	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	138,48	125,53	-	-
NB24	NB24	NB24	NB24	VL2833	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	5	5	4	2	3	2	2	2	2	0	0	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	118,80	108,89	107,34	111,56
NB25	NB25	NB25	NB25	VL2844	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	5	5	0	3	2	2	3	2	1	0	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	106,97	96,66	100,60	97,88
NB26	NB26	NB26	NB26	VL2848	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	5	5	5	4	3	2	2	3	3	0	1	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	110,44	95,65	102,15	83,00
NB27	NB27	-	NB27	VL2854	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	-	5	0	3	3	3	-	2	0	1	-	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	108,65	98,10	-	111,16
NB28	NB28	-	NB28	VL2859	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	-	5	0	3	3	3	-	2	9	9	-	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	116,09	102,88	-	108,06
NB29	NB29	NB29	NB29	VL2875	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	5	4	0	3	2	2	3	2	1	0	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	111,12	90,57	113,07	97,20
NB30	NB30	NB30	NB30	VL2879	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	5	4	1	0	3	3	3	2	0	1	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	109,98	97,60	119,93	111,71
NB31	NB31	NB31	NB31	VL2880	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	5	5	0	2	2	1	2	1	1	0	1	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	118,31	123,23	118,30	124,18
NB32	NB32	NB32	NB32	VL2886	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	5	4	1	2	2	2	3	2	0	0	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	126,68	107,64	125,72	112,74
NB33	NB33	NB33	NB33	VL2883	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	4	6	4	0	3	3	2	3	2	1	0	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	115,43	101,80	113,16	98,38
-	-	NB34	NB34	VL2892	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	-	7	5	-	-	-	-	3	3	-	-	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	-	-	141,50	131,66

-	-	NB35	NB35	VL2855	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	-	5	4	-	-	-	-	3	2	-	-	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	-	-	112,79	102,00
-	-	NB36	NB36	VL2894	Bismarck	Nouvelle-Bretagne	Ralum	AMNH	Oui	-	NI	-	5	4	-	-	-	-	3	2	-	-	0	0	Récents Mélanésie	Récents Mélanésie	-	-	105,44	89,14
-	-	P1t	-	9464	Philippines	Palawan	-	MNHN	Non	"Tagbanwa"	NI	-	5	-	-	-	-	3	-	-	-	0	-	NA	NA	-	-	97,51	-	
-	-	P2t	-	9465	Philippines	Palawan	-	MNHN	Non	"Tagbanwa"	NI	-	5	-	-	-	-	3	-	-	-	0	-	NA	NA	-	-	109,35	-	
-	-	P3t	-	9467	Philippines	Palawan	-	MNHN	Non	"Tagbanwa"	NI	-	5	-	-	-	-	2	-	-	-	0	-	NA	NA	-	-	104,69	-	
S01	S01	S01	S01	4813	Indonésie	Sulawesi	-	MNHN	Non	"Macassar"	NI	4	6	4	2	3	1	1	2	1	1	0	0	1	Récents Wallace	Récents Sulawesi	118,76	114,58	135,55	121,74
S02	S02	S02	S02	34845	Indonésie	Sulawesi	-	MNHN	Non	"Mangalien"	NI	4	5	4	0	1	2	1	1	1	0	0	0	0	Récents Wallace	Récents Sulawesi	110,23	101,62	114,14	109,49
S03	S03	-	-	19427	Indonésie	Sulawesi	Sud	MNHN	Moyen	"Toraja"	NI	4	-	-	0	3	3	3	-	-	0	0	-	-	Récents Wallace	Récents Sulawesi	101,74	107,60	-	-
S04	S04	-	-	34846	Indonésie	Sulawesi	-	MNHN	Non	-	NI	4	-	-	1	3	3	2	-	-	0	0	-	-	Récents Wallace	Récents Sulawesi	118,26	112,72	-	-
S05	-	-	-	34844	Indonésie	Sulawesi	Kaili	MNHN	Oui?	-	NI	4	-	-	2	-	2	-	-	-	1	-	-	-	Récents Wallace	Récents Sulawesi	115,77	-	-	-
S06	S06	S06	S06	29538	Indonésie	Sulawesi	Sud	MNHN	Moyen	"Boughi" (=Bugis)	NI	4	5	9	0	2	4	3	3	3	0	0	0	1	Récents Wallace	Récents Sulawesi	116,49	96,12	110,54	100,17
S07	-	S07	S07	961	Indonésie	Sulawesi	Kampong Boughis	MNHN	Oui?	-	NI	4	5	4	0	-	2	-	3	2	0	-	0	0	Récents Wallace	Récents Sulawesi	103,55	-	104,49	101,44
S08	S08	S08	S08	4812	Indonésie	Sulawesi	Etat de Sindingring	MNHN	Moyen	"Boughi" (=Bugis)	NI	4	5	4	0	2	2	2	3	2	1	0	0	0	Récents Wallace	Récents Sulawesi	117,25	116,28	115,30	118,65
S09	S09	S09	S09	1984	Indonésie	Sulawesi	Sud	MNHN	Moyen	"Boughi" (=Bugis)	NI	4	5	5	2	3	2	2	2	2	1	0	0	0	Récents Wallace	Récents Sulawesi	111,54	98,11	110,91	104,93
S10	S10	S10	S10	6995	Indonésie	Sulawesi	Sud	MNHN	Moyen	"Boughi" (=Bugis)	NI	4	5	5	0	3	2	2	2	2	0	0	0	0	Récents Wallace	Récents Sulawesi	103,18	104,68	108,68	100,22
S11	S11	S11	S11	1983	Indonésie	Sulawesi	-	MNHN	Non	"Macassar"	NI	4	5	5	0	3	2	1	2	1	1	0	0	0	Récents Wallace	Récents Sulawesi	115,32	98,89	109,53	93,46
S12	S12	-	S12	964	Indonésie	Sulawesi	Etat de Sindingring	MNHN	Non	-	NI	4	-	4	0	3	2	2	-	2	0	0	-	0	Récents Wallace	Récents Sulawesi	110,57	97,35	-	101,29
-	-	S13	S13	6994	Indonésie	Sulawesi	Sud	MNHN	Moyen	"Boughi" (=Bugis)	NI	-	5	5	-	-	-	-	1	2	-	-	0	0	Récents Wallace	Récents Sulawesi	-	-	100,84	104,39
-	-	S14	S14	963	Indonésie	Sulawesi	Kampong Boughis	MNHN	Oui?	-	NI	-	9	4	-	-	-	-	3	2	-	-	9	0	Récents Wallace	Récents Sulawesi	-	-	100,95	94,07
-	S15	-	S15	6996	Indonésie	Sulawesi	Kampong Boughis	MNHN	Oui?	"Macassar"	NI	-	-	5	-	3	-	2	-	2	-	0	-	1	Récents Wallace	Récents Sulawesi	-	93,57	-	105,52
SO01	-	-	-	VL599	Solomon	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	-	0	-	2	-	-	-	0	-	-	-	Récents Mélanésie	NA	113,73	-	-	-
SO02	SO02	SO02	SO02	VL1726a	Solomon	-	Malakta (=Malaita?)	AMNH	Oui	-	NI	4	6	5	0	3	1	1	1	1	1	1	0	0	Récents Mélanésie	NA	108,24	79,61	102,05	80,06
SO03	-	-	SO03	99-112	Solomon	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	4	0	-	3	-	-	3	9	-	-	9	Récents Mélanésie	NA	94,44	-	-	97,62
SO04	-	-	-	99-113	Solomon	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	-	0	-	3	-	-	-	9	-	-	-	Récents Mélanésie	NA	97,06	-	-	-
-	-	SO05	SO05	99-113	Solomon	-	-	AMNH	Non	-	NI	-	5	5	-	-	-	-	3	3	-	-	0	1	Récents Mélanésie	NA	-	-	86,58	95,33
SO06	SO06	-	-	99-9228	Solomon	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	-	0	3	4	3	-	-	9	0	-	-	Récents Mélanésie	NA	115,29	110,55	-	-
SO07	SO07	-	-	99-9227	Solomon	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	-	0	3	3	3	-	-	1	0	-	-	Récents Mélanésie	NA	123,93	112,66	-	-

SO08	SO08	-	-	99-120	Solomon	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	-	0	3	4	3	-	-	9	0	-	-	Récents Mélanésie	NA	89,32	78,17	-	-
SO09	SO09	-	SO09	99-114	Solomon	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	5	0	3	4	3	-	4	1	9	-	9	Récents Mélanésie	NA	107,38	89,91	-	96,23
-	SO10	-	-	99-9229	Solomon	-	-	AMNH	Non	-	NI	-	-	-	-	2	-	3	-	-	-	9	-	-	Récents Mélanésie	NA	-	90,00	-	-
SO11	SO11	-	-	99-9230	Solomon	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	-	0	3	3	2	-	-	9	0	-	-	Récents Mélanésie	NA	104,15	102,92	-	-
SO12	SO12	-	-	99-9234	Solomon	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	-	0	3	3	3	-	-	1	1	-	-	Récents Mélanésie	NA	114,92	104,62	-	-
SO13	-	-	-	99-9235	Solomon	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	-	3	-	3	-	-	-	1	-	-	-	Récents Mélanésie	NA	117,15	-	-	-
-	-	SO14	SO14	99-9242	Solomon	-	-	AMNH	Non	-	NI	-	5	5	-	-	-	-	2	2	-	-	0	0	Récents Mélanésie	NA	-	-	122,45	115,43
ST01	-	-	-	99-7228	Indonésie	Sumatra	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	-	0	-	4	-	-	-	9	-	-	-	Récents Indo oec	NA	88,40	-	-	-
ST02	ST02	ST02	ST02	VL1489	Indonésie	Sumatra	Mentawai	AMNH	Moyen	-	NI	4	5	5	1	3	3	2	3	3	0	0	0	0	Récents Indo oec	NA	98,65	83,72	101,93	84,95
ST03	ST03	ST03	ST03	VL1490	Indonésie	Sumatra	Mentawai	AMNH	Moyen	-	NI	4	5	4	2	3	3	2	3	2	1	1	0	0	Récents Indo oec	NA	112,08	99,91	106,45	95,88
ST04	-	-	-	VL343	Indonésie	Sumatra	Halbinsel Samosir, Toba-See	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	-	3	-	-	-	9	-	-	-	Récents Indo oec	NA	101,40	-	-	-
ST05	-	-	ST05	VL1493	Indonésie	Sumatra	Mentawai	AMNH	Moyen	-	NI	4	-	5	0	-	3	-	-	2	0	-	-	0	Récents Indo oec	NA	93,82	-	-	78,21
ST06	ST06	-	ST06	VL1492	Indonésie	Sumatra	Mentawai	AMNH	Moyen	-	NI	4	-	5	0	3	3	3	-	3	1	0	-	0	Récents Indo oec	NA	108,70	103,13	-	90,33
ST07	ST07	ST07	ST07	VL1491	Indonésie	Sumatra	Mentawai	AMNH	Moyen	-	NI	4	5	4	0	2	2	1	2	2	1	1	0	0	Récents Indo oec	NA	99,04	85,13	102,12	90,46
ST08	ST08	-	-	VL357	Indonésie	Sumatra	Halbinsel Samosir, Toba-See	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	2	4	3	-	-	9	9	-	-	Récents Indo oec	NA	92,41	82,97	-	-
ST09	-	-	-	VL1500	Indonésie	Sumatra	Mentawai	AMNH	Moyen	-	NI	4	-	-	0	-	2	-	-	-	0	-	-	-	Récents Indo oec	NA	96,43	-	-	-
ST10	ST10	-	-	VL358	Indonésie	Sumatra	Halbinsel Samosir, Toba-See	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	3	3	-	-	0	0	-	-	Récents Indo oec	NA	106,64	93,95	-	-
-	ST12	-	-	VL79	Indonésie	Sumatra	Belitung	AMNH	Moyen	-	NI	-	-	-	-	3	-	3	-	-	-	9	-	-	Récents Indo oec	NA	-	88,63	-	-
-	ST13	-	-	VL119	Indonésie	Sumatra	Belitung	AMNH	Moyen	-	NI	-	-	-	-	1	-	3	-	-	-	0	-	-	Récents Indo oec	NA	-	99,17	-	-
-	ST14	-	-	VL115	Indonésie	Sumatra	Belitung	AMNH	Moyen	-	NI	-	-	-	-	3	-	3	-	-	-	9	-	-	Récents Indo oec	NA	-	91,28	-	-
Su01	Su01	-	Su01	7966	Philippines	Sulu	-	MNHN	Moyen	"Moro"	NI	4	-	5	0	3	1	2	-	3	1	0	-	9	Récents Wallace	NA	102,45	93,84	-	89,63
Su02	Su02	Su02	Su02	10065	Philippines	Sulu	-	MNHN	Moyen	"Moro"	NI	4	5	4	0	2	2	2	2	2	0	1	0	0	Récents Wallace	NA	82,82	72,51	88,68	73,23
Su03	Su03	Su03	Su03	10059	Philippines	Sulu	-	MNHN	Moyen	"Moro"	NI	4	5	4	0	2	1	3	1	1	0	0	1	0	Récents Wallace	NA	111,65	95,20	100,42	92,67
Su04	Su04	-	-	10068	Philippines	Sulu	-	MNHN	Moyen	"Moro"	NI	4	-	-	0	3	4	3	-	-	1	9	-	-	Récents Wallace	NA	102,91	103,67	-	-
Su05	Su05	Su05	Su05	7957	Philippines	Sulu	-	MNHN	Moyen	"Moro"	NI	4	5	5	1	2	1	2	1	2	1	0	0	0	Récents Wallace	NA	108,77	98,35	107,77	107,07
Su06	Su06	-	-	10066	Philippines	Sulu	-	MNHN	Moyen	"Moro"	NI	4	-	-	0	2	2	2	-	-	0	0	-	-	Récents Wallace	NA	111,70	99,10	-	-
Su07	Su07	-	-	10069	Philippines	Sulu	-	MNHN	Moyen	"Moro"	NI	4	-	-	3	3	3	2	-	-	1	0	-	-	Récents Wallace	NA	100,74	92,33	-	-
Su09	Su09	Su09	Su09	10058	Philippines	Sulu	-	MNHN	Moyen	"Moro"	NI	4	5	5	1	3	1	2	1	2	0	0	0	0	Récents Wallace	NA	103,46	94,41	111,33	99,63
Su10	Su10	Su10	Su10	10060	Philippines	Sulu	-	MNHN	Moyen	"Moro"	NI	4	5	4	1	3	1	1	1	2	0	0	1	0	Récents Wallace	NA	109,37	86,30	105,68	89,32
TD01	TD01	TD01	TD01	VL595	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	5	5	3	3	2	2	3	2	0	0	0	0	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	98,74	96,37	95,68	103,67
TD02	TD02	TD02	TD02	VL2437	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	5	5	2	2	3	2	3	2	0	0	0	0	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	109,11	93,19	105,27	100,40
TD03	-	TD03	-	VL2428	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	5	-	1	-	3	-	3	-	0	-	0	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	117,34	-	120,66	-

TD07	TD04	TD04	TD04	VL2435	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4		5	1	2	3	2		2	0	0		1	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	104,77	95,18	106,55	89,80
-	TD05	-	-	VL2434	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	-	-	-	-	2	-	3	-	-	-	0	-	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	-	115,64	-	-
-	TD06	TD06	TD06	VL596	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	-	5	4	-	3	-	2	2	2	-	0	0	0	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	-	71,65	77,36	80,10
-	TD07	-	TD07	VL597	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	-	-	4	-	3	-	3	-	3	-	0	-	0	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	-	99,16	-	103,21
TD08	TD08	TD08	TD08	VL2427	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	5	4	2	3	3	2	2	2	0	0	0	0	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	125,32	113,59	122,06	114,03
TD09	TD09	TD09	TD09	VL2429	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	5	5	1	1	3	4	3	3	0	0	0	0	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	96,65	80,83	99,96	90,82
-	-	-	TD10	VL5234	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	-	-	5	-	-	-	-	-	3	-	-	-	9	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	-	-	-	97,29
-	TD11	-	-	VL3457	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	-	-	-	-	3	-	3	-	-	-	0	-	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	-	98,44	-	-
TD12	TD12	-	-	VL3458	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	3	2	-	-	9	0	-	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	102,17	101,44	-	-
TD13	-	-	-	VL3456	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	3	-	3	-	-	-	9	-	-	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	109,49	-	-	-
TD14	-	-	-	VL2450	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	3	-	1	-	-	-	1	-	-	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	90,78	-	-	-
TD15	TD15	TD15	-	VL2452	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	5	-	0	2	2	1	2	-	0	1	9	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	93,91	87,47	91,37	-
TD16	TD16	-	-	VL2444	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	2	4	3	-	-	9	0	-	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	94,10	64,82	-	-
TD17	TD17	-	-	VL2445	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	3	3	-	-	0	0	-	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	83,12	75,55	-	-
TD18	TD18	-	-	VL2447	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	0	2	3	2	-	-	0	0	-	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	103,33	95,22	-	-
TD19	-	TD19	-	VL2448	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	5	-	0	-	2	-	2	-	0	-	1	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	100,37	-	98,53	-
TD20	TD20	-	TD20	VL2438	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	-	4	0	1	4	3	-	3	9	1	-	9	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	116,61	104,04	-	109,99
-	TD21	-	-	VL2441	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	-	-	-	-	3	-	3	-	-	-	9	-	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	-	110,30	-	-
TD22	TD22	-	TD22	VL2442	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	-	5	0	3	2	2	-	2	0	0	-	0	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	99,37	95,41	-	100,58
TD23	TD23	-	-	VL2443	Thaïlande	-	Bangkok	AMNH	Oui	-	NI	4	-	-	3	3	3	2	-	-	0	0	-	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	115,24	117,29	-	-
TD24	TD24	TD24	-	10099	Thaïlande	-	Bangkok	MNHN	Oui	-	NI	4	5	-	0	3	3	2	3	-	0	0	0	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	100,80	92,86	114,15	-
TD25	-	-	-	11139	Thaïlande	-	Bangkok	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	-	3	-	-	-	1	-	-	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	95,87	-	-	-
TD26	TD26	TD26	TD26	10096	Thaïlande	-	Bangkok	MNHN	Oui	-	NI	4	5	5	0	3	3	2	2	1	0	0	0	0	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	119,39	103,43	94,37	97,95
TD27	TD27	TD27	TD27	4378	Thaïlande	-	-	MNHN	Non	-	NI	4	5	5	2	3	2	2	2	1	1	0	0	0	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	98,01	95,04	105,25	100,55
TD28	TD28	-	-	2914	Thaïlande	-	-	MNHN	Non	-	NI	4	-	-	0	3	3	2	-	-	1	1	-	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	119,76	93,89	-	-
TD29	TD29	-	TD29	10085	Thaïlande	-	Bangkok	MNHN	Oui	-	NI	4	-	5	3	2	2	2	-	2	0	0	-	0	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	113,90	103,55	-	105,23
TD30	TD30	TD30	TD30	10084	Thaïlande	-	Bangkok	MNHN	Oui	-	NI	4	2	4	0	3	3	2	5	1	0	0	0	0	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	105,35	94,71	102,66	90,31
TD31	TD31	-	-	10082	Thaïlande	-	Bangkok	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	3	4	3	-	-	9	0	-	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	113,24	79,53	-	-
TD32	TD32	TD32	TD32	10080	Thaïlande	-	Bangkok	MNHN	Oui	-	NI	4	5	4	1	3	3	2	3	2	0	1	0	0	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	116,41	121,82	98,43	87,06
TD33	TD33	TD33	TD33	10077	Thaïlande	-	Bangkok	MNHN	Oui	-	NI	4	5	9	0	2	3	3	3	3	0	9	0	9	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	115,47	96,24	116,16	103,15
TD34	TD34	-	-	10076	Thaïlande	-	Bangkok	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	2	3	3	3	-	-	1	9	-	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	109,06	93,67	-	-
-	TD35	-	-	10078	Thaïlande	-	Bangkok	MNHN	Oui	-	NI	-	-	-	-	3	-	3	-	-	-	0	-	-	Récents Thaïlande	Récents Thaïlande	-	105,42	-	-
V01	V01	V01	-	6870	Vanuatu	Mallicolo (=Malekula)	-	MNHN	Oui	-	NI	4	5	-	0	1	1	2	1	-	0	1	0	-	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	116,08	100,81	114,67	-
-	V02	-	-	9305	Vanuatu	Mallicolo (=Malekula)	-	MNHN	Oui	-	NI	-	-	-	-	3	-	2	-	-	-	1	-	-	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	-	97,05	-	-
V03	V03	V03	-	9308	Vanuatu	Mallicolo (=Malekula)	-	MNHN	Oui	-	NI	4	5	-	0	3	1	2	1	-	1	0	0	-	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	97,86	85,31	94,92	-

V04	V04	-	-	9309	Vanuatu	Mallicolo (=Malekula)	-	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	2	1	2	-	-	0	0	-	-	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	105,39	85,89	-	-
V05	-	V05	-	9789	Vanuatu	Mallicolo (=Malekula)	-	MNHN	Oui	-	NI	4	5	-	0	-	3	-	3	-	0	-	0	-	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	103,21	-	98,68	-
V06	V06	V06	V06	9848	Vanuatu	Mallicolo (=Malekula)	-	MNHN	Oui	-	NI	4	5	5	0	3	2	2	2	3	0	0	0	0	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	107,24	109,14	109,01	114,51
V07	V07	V07	-	18443	Vanuatu	Mallicolo (=Malekula)	-	MNHN	Oui	-	NI	4	5	-	0	2	1	2	1	-	0	1	0	-	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	103,89	85,00	96,52	-
V08	V08	V08	-	24277	Vanuatu	Mallicolo (=Malekula)	-	MNHN	Oui	-	NI	4	6	-	1	9	2	2	3	-	0	1	1	-	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	116,12	104,83	117,24	-
V09	V09	V09	-	9200	Vanuatu	Efaté	-	MNHN	Oui	-	NI	4	5	-	0	3	2	2	2	-	1	0	0	-	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	112,19	100,41	107,76	-
-	V10	V10	-	20429	Vanuatu	Erromango	-	MNHN	Oui	-	NI	-	5	-	-	3	-	2	3	-	-	1	1	-	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	-	110,04	119,40	-
-	V11	V11	V11	99-8077	Vanuatu	Mallicolo (=Malekula)	-	AMNH	Oui	-	NI	-	5	4	-	1	-	2	2	2	-	1	0	0	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	-	91,39	101,70	87,92
V12	V12	V12	V12	99-8076	Vanuatu	Mallicolo (=Malekula)	-	AMNH	Oui	-	NI	4	5	5	0	2	3	3	3	3	1	0	0	0	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	100,82	96,12	100,96	101,01
V13	V13	V13	-	99-119	Vanuatu	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	5	-	0	3	3	2	3	-	1	0	0	-	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	99,97	91,39	102,23	-
V14	V14	-	V14	99-8079	Vanuatu	Pentecost	-	AMNH	Oui	-	NI	4	-	4	0	3	3	3	-	3	1	0	-	0	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	115,78	105,20	-	89,08
V15	V15	V15	V15	99-118	Vanuatu	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	5	5	2	2	2	2	2	2	1	2	1	0	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	105,93	97,81	106,29	101,68
V17	V17	V17	V17	99-117	Vanuatu	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	4	4	3	2	3	3	2	2	0	0	0	0	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	119,05	104,74	115,04	106,67
V18	V18	V18	V18	VL1115	Vanuatu	-	-	AMNH	Non	-	NI	5	5	4	1	3	3	3	3	3	0	0	0	0	Récents Vanuatu	Récents Vanuatu	98,68	78,77	91,73	80,84
VN01	VN01	VN01	VN01	4682	Vietnam	Nord	Environ de Hanoi	MNHN	Oui	-	NI	4	5	5	0	1	2	2	2	2	0	1	0	0	Récents Vietnam	Récents Vietnam	101,84	93,29	100,55	91,16
VN02	VN02	-	VN02	10101	Vietnam	Centre	-	MNHN	Non	"Bahnar"	NI	4	-	5	4	3	3	3	-	4	0	0	-	0	Récents Vietnam	Récents Vietnam	89,04	68,10	-	79,34
VN03	VN03	VN03	VN03	10121	Vietnam	Nord	Son-Toy (=Son-Tay)	MNHN	Oui	"Annamite"	NI	4	5	9	0	3	3	2	2	3	0	0	0	9	Récents Vietnam	Récents Vietnam	103,79	86,91	99,32	80,97
VN04	VN04	-	-	4677	Vietnam	Nord	-	MNHN	Non	"Tonkinois"	NI	4	-	-	0	3	4	3	-	-	0	0	-	-	Récents Vietnam	Récents Vietnam	101,08	94,94	-	-
VN05	VN05	-	-	10106	Vietnam	Centre	-	MNHN	Non	"Bahnar"	NI	4	-	-	0	3	2	2	-	-	0	0	-	-	Récents Vietnam	Récents Vietnam	97,72	85,55	-	-
-	-	VN06	VN06	10106	Vietnam	Centre	-	MNHN	Non	"Bahnar"	NI	-	6	5	-	-	-	-	3	3	-	-	9	0	Récents Vietnam	Récents Vietnam	-	-	102,37	102,40
VN07	VN07	VN07	VN07	17562	Vietnam	Entre Mékong et Qui-Nhon	Région montagneuse	MNHN	Moyen	"Moi"	NI	4	4	4	0	2	4	3	3	3	9	0	9	0	Récents Vietnam	Récents Vietnam	104,50	93,90	100,45	81,86
VN08	VN08	VN08	VN08	10103	Vietnam	Centre	-	MNHN	Non	"Bahnar"	NI	4	5	4	1	3	3	-	4	3	1	-	0	0	Récents Vietnam	Récents Vietnam	93,69	79,76	94,37	79,18
VN09	-	VN09	-	23048	Vietnam	Nord	"Tonkin", "Cho-Trang"	MNHN	Non	"Muong"	NI	4	5	-	2	-	1	-	1	-	0	-	0	-	Récents Vietnam	Récents Vietnam	97,13	-	99,87	-
VN10	-	-	-	17888	Vietnam	Nord	"Tonkin", Tuyen-Quang	MNHN	Oui	-	NI	4	-	-	0	-	3	-	-	-	1	-	-	-	Récents Vietnam	Récents Vietnam	104,59	-	-	-
VN11	VN11	VN11	VN11	18881	Vietnam	Nord	"Tonkin"	MNHN	Non	"Annamite"	NI	4	5	9	3	3	3	2	2	3	1	0	0	9	Récents Vietnam	Récents Vietnam	121,51	114,55	120,81	106,08

VN12	VN12	-	-	10122	Vietnam	Son-Toy (=Son-Tay)	Oui	MNHN	Oui	"Annamite"	NI	4	-	-	0	3	3	3	-	-	0	0	-	-	Récents Vietnam	Récents Vietnam	96,40	82,84	-	-
VN13	VN13	VN13	VN13	10102	Vietnam	Centre	-	MNHN	Non	"Moi Bahnar"	NI	4	5	4	0	3	3	3	3	2	0	0	1	0	Récents Vietnam	Récents Vietnam	103,52	88,43	101,57	94,05
VN14	VN14	VN14	VN14	33607	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	4	6	5	0	3	3	3	3	3	0	0	0	0	Récents Vietnam	Récents Vietnam	101,16	95,69	100,89	94,38
-	VN15	-	VN15	33620	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	-	-	5	-	3	-	3	-	3	-	0	-	9	Récents Vietnam	Récents Vietnam	-	111,39	-	122,95
-	-	-	VN16	33591	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	-	-	5	-	-	-	-	-	3	-	-	-	0	Récents Vietnam	Récents Vietnam	-	-	-	93,58
VN17	VN17	-	-	33611	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	4	-	-	0	3	4	3	-	-	9	9	-	-	Récents Vietnam	Récents Vietnam	103,10	90,46	-	-
VN18	VN18	VN18	VN18	33598	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	4	6	6	1	3	3	2	2	3	1	2	0	0	Récents Vietnam	Récents Vietnam	117,13	113,94	121,83	119,14
VN19	-	-	-	33588	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	4	-	-	2	-	3	-	-	-	0	-	-	-	Récents Vietnam	Récents Vietnam	115,08	-	-	-
-	-	-	VN20	4414	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	-	-	9	-	-	-	-	-	3	-	-	-	9	Récents Vietnam	Récents Vietnam	-	-	-	99,36
VN21	VN21	VN21	VN21	2110	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	4	5	5	0	1	2	2	3	2	0	1	0	0	Récents Vietnam	Récents Vietnam	112,31	96,85	110,93	108,78
VN22	VN22	-	VN22	4415	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	4	-	5	0	3	3	3	-	2	9	9	-	9	Récents Vietnam	Récents Vietnam	99,13	94,70	-	104,12
VN23	VN23	VN23	VN23	2109	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	2	5	4	0	2	4	2	1	1	0	1	0	0	Récents Vietnam	Récents Vietnam	89,31	87,01	89,05	92,45
-	VN24	-	-	33596	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	-	-	-	-	3	-	3	-	-	-	0	-	-	Récents Vietnam	Récents Vietnam	-	93,34	-	-
VN25	-	-	VN25	2111	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	4	-	4	0	-	3	-	-	2	0	-	-	0	Récents Vietnam	Récents Vietnam	84,47	-	-	76,90
VN26	VN26	-	-	33600	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	4	-	-	0	2	3	2	-	-	0	1	-	-	Récents Vietnam	Récents Vietnam	101,99	88,87	-	-
-	-	-	VN27	33602	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	-	-	5	-	-	-	-	-	3	-	-	-	9	Récents Vietnam	Récents Vietnam	-	-	-	95,33
VN28	VN28	-	-	33597	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	4	-	-	3	3	4	2	-	-	1	1	-	-	Récents Vietnam	Récents Vietnam	94,67	82,10	-	-
VN29	VN29	VN29	VN29	33593	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	4	6	5	0	3	2	2	2	2	1	0	0	0	Récents Vietnam	Récents Vietnam	105,73	86,53	102,21	80,39
-	VN30	-	-	33590	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	-	-	-	-	3	-	2	-	-	-	0	-	-	Récents Vietnam	Récents Vietnam	-	81,24	-	-
-	VN31	-	VN31	33587	Vietnam	-	-	MNHN	Non	"Annamite"	NI	-	-	4	-	2	-	2	-	3	-	0	-	9	Récents Vietnam	Récents Vietnam	-	93,20	-	91,73
Z01	Z01	-	-	5354	Andaman	-	-	MNHN	Non	"Mincopie"	NI	4	-	-	0	0	3	2	-	-	0	0	-	-	Négritos	NA	115,58	96,55	-	-
Z02	Z02	-	-	5355	Andaman	-	-	MNHN	Non	"Mincopie"	NI	4	-	-	1	3	2	2	-	-	0	0	-	-	Négritos	NA	92,21	94,75	-	-
Z03	Z03	Z03	-	11861	Andaman	-	-	MNHN	Non	"Negrito"	NI	4	5	-	0	1	2	2	2	-	0	1	0	-	Négritos	NA	121,68	101,48	115,26	-
Z04	Z04	-	-	99-8419	Andaman	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	-	0	9	4	4	-	-	9	9	-	-	Négritos	NA	107,05	99,85	-	-
-	Z05	-	Z05	VL4310	Andaman	-	-	AMNH	Non	-	NI	-	-	4	-	3	-	3	-	4	-	9	-	9	Négritos	NA	-	78,29	-	94,37
Z06	Z06	-	Z06	VL1114	Andaman	-	-	AMNH	Non	-	NI	4	-	5	0	3	3	2	-	3	0	0	-	9	Négritos	NA	113,06	106,57	-	99,65

### Abréviations :

- St. Statut (non isolée : NI ; ou isolée : I)  
u. Stade d'usure (d'après les tables de Smith, 1984)  
nc. Nombre de cuspides  
t. Nombre de tubercules supplémentaires  
9 Non identifiable  
Ca. Codage du développement de la cuspide de Carabelli sur les M<sup>1</sup>  
Hy. Codage du développement de l'hypocone des M<sup>2</sup>  
MNHN Muséum national d'Histoire naturelle, Paris  
AMNH American Museum of Natural History, New York.





## ANNEXE 8

---

### INFORMATIONS DETAILLEES SUR L'ECHANTILLON D'INDIVIDUS ISSUS DE CONTEXTES ARCHEOLOGIQUES



Site	M <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	Période chronoculturelle	Facteur chrono-géographique 1	Facteur chrono-géographique 2	Age approxim.	Numéro d'inventaire original	Pays	Région/Province	District/Localité	Lieu de conservation	Sépulture	Position	Orientation sépulture	Sexe	Age au décès	Références
Aimere	AI	AI	AI	-	Prénéo	Prénéo ASE ins.	Milieu Hol ASE ins.	3000?	Aimere	Indonésie	Florès	Badjawa	NNML	-	-	-	Homme	26-32 ans	van der Plas, 2007
Ban Non Wat	BNW006	BNW006	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2200-2000	Sep. n°006	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW016	-	-	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3200-3100	Sep. n°016	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme?	adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW024	BNW024	-	-	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3100-3000	Sep. n°024	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Homme	adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW026	-	-	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3100-3000	Sep. n°026	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme?	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW034	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°034	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme?	adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW042	BNW042	BNW042	BNW042	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2600-2500	Sep. n°042	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	Adolescent?	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW049	BNW049	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2600-2500	Sep. n°049	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	SE-NO	-	adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW056	BNW056	-	BNW056	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°056	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	SE-NO	Femme?	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW075	-	BNW075	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°075	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Homme	Adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW092	BNW092	-	BNW092	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°092	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW094	-	BNW094	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2800-2500	Sep. n°094	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	SE-NO	-	-	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW108	BNW108	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2200-2000	Sep. n°108	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	SE-NO	Homme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW115	-	BNW115	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2200-2000	Sep. n°115	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW121	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2600-2500	Sep. n°121	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW126	-	BNW126	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2600-2500	Sep. n°126	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Homme?	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW128	BNW128	BNW128	BNW128	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2600-2500	Sep. n°128?	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	-	adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW132	BNW132	BNW132	BNW132	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2600-2500	Sep. n°132	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme?	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	-	BNW144	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2600-2500	Sep. n°144	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme?	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	BNW152	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2600-2500	Sep. n°152	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW157	-	BNW157	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°157	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	Enfant	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW178	BNW178	-	BNW178	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2900-2800	Sep. n°178	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW182	BNW182	BNW182	BNW182	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2800-2700	Sep. n°182	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Femme?	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	BNW189	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2800-2500	Sep. n°189	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	-	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW202	-	BNW202	BNW202	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2200-2000	Sep. n°202	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	-	Adolescent?	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	BNW203	BNW203	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2200-2000	Sep. n°203	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW208	-	-	BNW208	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°208	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW212	BNW212	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°212	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Homme?	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW218	-	BNW218	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2600-2500	Sep. n°218	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Femme	Adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW221	-	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°221	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	-	-	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	BNW224	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2800-2700	Sep. n°224	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Femme	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW229	BNW229	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°229	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Homme?	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW230	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2800-2700	Sep. n°230	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Homme?	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	BNW236	BNW236	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2900-2800	Sep. n°236	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	Adolescent	Tayles, com.pers.

Ban Non Wat	-	BNW237	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°237	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme?	Adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW242	BNW242	-	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3200-3100	Sep. n°242	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	?	Femme	Adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW245	BNW245	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2600-2500	Sep. n°245	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW248	-	BNW248	BNW248	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2800-2700	Sep. n°248	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Homme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	BNW254	BNW254	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3100-3000	Sep. n°254	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	SE-NO	-	-	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW259	BNW259	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°259	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	-	BNW263	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2800-2700	Sep. n°263	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW265	BNW265	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2600-2500	Sep. n°265	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	Homme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW272B	BNW272	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°272	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Homme?	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW276	-	BNW276	BNW276	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°276	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	Homme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	BNW280	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°280	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Enfant	7 à 11 ans	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	BNW297	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°297	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Enfant	8 ans	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW299	-	-	-	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3200-3100	Sep. n°299	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	jarre	-	-	-	-	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW304	-	-	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3100-3000	Sep. n°304	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Homme	Adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW310	BNW310	BNW310	BNW310	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3100-3000	Sep. n°310	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Femme	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW312	BNW312	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°312	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW313	-	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°313	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	jarre?	-	-	-	Adolescent?	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW316	BNW316	BNW316	BNW316	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°316	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	-	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW317	-	BNW317	BNW317	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°317	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	Adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW321	BNW321	BNW321	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°321	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW322	BNW322	BNW322	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°322	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	-	BNW327	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°327	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	Femme?	Adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW329	BNW329	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°329	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW332	BNW332	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°332	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW334	-	BNW334	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°334	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW349	BNW349	BNW349	BNW349	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2200-2000	Sep. n°349	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	-	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW353	BNW353	BNW353	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°353	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	-	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW357	BNW357	BNW357	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°357	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Homme	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	BNW374	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°374	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Homme?	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW386	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°386	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	Homme?	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW390	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°390	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	Homme	Adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW405	BNW405	-	BNW405	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°405	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW414	-	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°414	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	Enfant 8 ans	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW415	BNW415	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°415	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	-	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW416	BNW416	BNW416	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°416	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	-	BNW422	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°422	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	-	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW430	BNW430	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°430	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW433	-	BNW433	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°433	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	Homme?	Jeune adulte	Tayles, com.pers.

Ban Non Wat	BNW435	-	-	BNW435	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°435	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW443	BNW443	BNW443	BNW443	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2900-2800	Sep. n°443	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Homme?	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW445	BNW445	BNW445	BNW445	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2900-2800	Sep. n°445	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Homme	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW449	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°449	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme	Adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW471	-	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2200-2000	Sep. n°471	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	Femme	Adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW472	BNW472	BNW472	BNW472	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°472	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	jarre?	-	-	-	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW473	BNW473	-	BNW473	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°473	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	Homme?	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW474	BNW474	BNW474	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°474	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	jarre?	-	-	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW476	BNW476	BNW476	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°476	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Homme?	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW480	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°480	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	-	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW481	-	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°481	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	-	-	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW490	BNW490	BNW490	BNW490	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°490	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	-	-	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW522	BNW522	BNW522	BNW522	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°522	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Homme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW527	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2600-2500	Sep. n°527	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Enfant	7 ans	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW531	BNW531	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°531	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	BNW534	BNW534	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°534	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW539	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°539	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Homme?	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW540	-	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°540	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme	Adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW544	-	BNW544	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°544	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	-	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW556	-	-	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3100-3000	Sep. n°556	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Femme?	Adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW579	-	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°579	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	sud-nord	Femme?	Adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW583	BNW583	-	-	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°583	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	-	Homme?	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	-	BNW587	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2400-2200	Sep. n°587	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal		Homme?	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	-	BNW600	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2800-2700	Sep. n°600	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	BNW602	BNW602	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2800-2700	Sep. n°602	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Homme?	Adolescent	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	-	-	BNW620	Métaux	Métal Thaïlande	Métal Thaïlande	2700-2600	Sep. n°620	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	nord-sud	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW623	BNW623	-	BNW623	Néo?	NA	NA	3200-3000	Sep. n°623	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Fléchie	-	-	-	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW626	-	-	Néo?	NA	NA	3200-3000	Sep. n°626	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Fléchie	-	Homme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW632	BNW632	BNW632	BNW632	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3100-3000	Sep. n°632	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Dec. dorsal	SE-NO	Femme?	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	-	BNW633	-	BNW633	Néo?	NA	NA	3200-3000	Sep. n°633	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Fléchie	est-ouest	Femme	Jeune adulte	Tayles, com.pers.
Ban Non Wat	BNW634	-	BNW634	-	Néo?	NA	NA	3200-3000	Sep. n°634	Thaïlande	Khorat	Khorat	TFADP	primaire	Fléchie	-	-	-	Tayles, com.pers.
Bato-Puti	-	BP3A1	-	-	Métaux	Métal Philippines	Métal Philippines	2000?	P-XIII-BP-3A	Philippines	Palawan	Lipuun point	NMP	-	-	-	-	-	Fox, 1970; Szabo, 2005
Bato-Puti	-	-	BP03A3	-	Métaux	Métal Philippines	Métal Philippines	2000?	P-XIII-BP-3A	Philippines	Palawan	Lipuun point	NMP	-	-	-	-	-	Fox, 1970; Szabo, 2005
Bato-Puti	-	BP45	-	-	Métaux	Métal Philippines	Métal Philippines	2000?	P-XIII-BP-TS-45	Philippines	Palawan	Lipuun point	NMP	-	-	-	-	-	Fox, 1970; Szabo, 2005

Bato-Puti	-	-	-	BP45B	Métaux	NA	NA	2000?	P-XIII-BP-TS-45	Philippines	Palawan	Lipun point	NMP	-	-	-	-	-	Fox, 1970; Szabo, 2005
Bato-Puti	-	-	-	BP045C	Métaux	NA	NA	2000?	P-XIII-BP-TS-45	Philippines	Palawan	Lipun point	NMP	-	-	-	-	-	Fox, 1970; Szabo, 2005
Bato-Puti	-	-	-	BP345	Métaux	NA	NA	2000?	P-XIII-BP-345	Philippines	Palawan	Lipun point	NMP	-	-	-	-	-	Fox, 1970; Szabo, 2005
Bato-Puti	-	-	-	BP362	Métaux	NA	NA	2000?	P-XIII-BP-362	Philippines	Palawan	Lipun point	NMP	-	-	-	-	-	Fox, 1970; Szabo, 2005
Bato-Puti	-	BP381	-	-	Métaux	Métal Philippines	Métal Philippines	2000?	P-XIII-BP-381	Philippines	Palawan	Lipun point	NMP	-	-	-	-	-	Fox, 1970; Szabo, 2005
Bato-Puti	-	-	BP381B	-	Métaux	Métal Philippines	Métal Philippines	2000?	P-XIII-BP-381	Philippines	Palawan	Lipun point	NMP	-	-	-	-	-	Fox, 1970; Szabo, 2005
Bato-Puti	-	-	-	BP381C	Métaux	NA	NA	2000?	P-XIII-BP-381	Philippines	Palawan	Lipun point	NMP	-	-	-	-	-	Fox, 1970; Szabo, 2005
Bato-Puti	-	-	-	BP381D	Métaux	NA	NA	2000?	P-XIII-BP-381	Philippines	Palawan	Lipun point	NMP	-	-	-	-	-	Fox, 1970; Szabo, 2005
Bato-Puti	-	BP414	-	-	Métaux	Métal Philippines	Métal Philippines	2000?	P-XIII-BP-414	Philippines	Palawan	Lipun point	NMP	-	-	-	-	-	Fox, 1970; Szabo, 2005
Callao	-	-	CA1256	-	Néo	NA	NA	3500-3000?	II-77-J3-1256	Philippines	Cagayan	Penablanca	NMP	-	-	-	-	-	Mijares, 2007
Callao	CA7317	-	-	-	Néo	NA	NA	3500-3000?	II-77-J3-7317	Philippines	Cagayan	Penablanca	NMP	-	-	-	-	-	Mijares, 2007
Callao	-	-	CA7317B	-	Néo	NA	NA	3500-3000?	II-77-J3-7317	Philippines	Cagayan	Penablanca	NMP	-	-	-	-	-	Mijares, 2007
Callao	-	-	CA7333	-	Néo	NA	NA	3500-3000?	II-77-J3-7333	Philippines	Cagayan	Penablanca	NMP	-	-	-	-	-	Mijares, 2007
Callao	-	-	-	CA7333B	Néo	NA	NA	3500-3000?	II-77-J3-7333	Philippines	Cagayan	Penablanca	NMP	-	-	-	-	-	Mijares, 2007
Callao	-	-	-	CA7365B	Néo	NA	NA	3700-3400	II-77-J3-7365	Philippines	Cagayan	Penablanca	NMP	-	-	-	-	-	Mijares, 2007
Callao	-	-	CA8542	-	Récent	NA	NA	-	Sq3, layer2, spit6, II-1977-J3-8542	Philippines	Cagayan	Penablanca	UP	-	-	-	-	-	Mijares, 2007
Catayauan (Conciso)	-	CYB1B	-	-	Métaux	Métal Philippines	NA	1277-1173	II-1996-V2	Philippines	Luzon	Lal-Lo, Conciso	NMP	-	-	-	-	-	Garong, 2002; Garong, com.pers.
Catayauan (Conciso)	CYB3	-	-	-	Métaux	Métal Philippines	NA	1277-1173	II-1996-V2	Philippines	Luzon	Lal-Lo, Conciso	NMP	-	-	-	-	-	Garong, 2002; Garong, com.pers.

Catugan (Dombrique)	-	-	CT1	CT1	Métaux	Métal Philippines	NA	1876-1735	II-95-Q4-356	Philippines	Luzon	Lal-lo, Dombrique	NMP	-	-	-	-	-	Tanaka, 1998 ; Garong, com.pers.
Catugan (Dombrique)	CTB1A	-	-	-	Métaux	Métal Philippines	NA	1876-1735	II-95-Q4-3011B	Philippines	Luzon	Lal-lo, Dombrique	NMP	-	-	-	-	-	Tanaka, 1998 ; Garong, com.pers.
Catugan (Dombrique)	CTB1B	CTB1B	-	-	Métaux	Métal Philippines	NA	1876-1735	II-95-Q4-2989	Philippines	Luzon	Lal-lo, Dombrique	NMP	-	-	-	-	-	Tanaka, 1998 ; Garong, com.pers.
Catugan (Dombrique)	CTB1C	CTB1C	-	-	Métaux	Métal Philippines	NA	1876-1735	II-95-Q4-2989	Philippines	Luzon	Lal-lo, Dombrique	NMP	-	-	-	-	-	Tanaka, 1998 ; Garong, com.pers.
Catugan (Dombrique)	CTB1D	-	-	-	Métaux	Métal Philippines	NA	1876-1735	II-95-Q4-2989	Philippines	Luzon	Lal-lo, Dombrique	NMP	-	-	-	-	-	Tanaka, 1998 ; Garong, com.pers.
Catugan (Dombrique)	-	CTB1E	-	-	Métaux	Métal Philippines	NA	1876-1735	II-95-Q4-3011B	Philippines	Luzon	Lal-lo, Dombrique	NMP	-	-	-	-	-	Tanaka, 1998 ; Garong, com.pers.
Catugan (Dombrique)	-	CTB1F	-	-	Métaux	Métal Philippines	NA	1876-1735	II-95-Q4-2989	Philippines	Luzon	Lal-lo, Dombrique	NMP	-	-	-	-	-	Tanaka, 1998 ; Garong, com.pers.
Cau Giat	-	-	-	CG01	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	CG1	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	Femme?	Jeune adulte	Demeter, 2000
Cau Giat	-	-	CG01D	-	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	DS1D	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	-	-	Demeter, 2000
Cau Giat	-	-	CG01S	-	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	DS1S	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	-	-	Demeter, 2000
Cau Giat	-	-	CG02	-	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	CG2	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	Femme?	Jeune adulte	Demeter, 2000
Cau Giat	-	-	-	CG02A	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	24960A	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	-	-	Demeter, 2000
Cau Giat	-	-	-	CG02C	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	24960C	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	-	-	Demeter, 2000
Cau Giat	-	CG2D	-	CG02D	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	DS2D	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	-	-	Demeter, 2000
Cau Giat	-	-	CG03S	-	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	DS3S	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	-	-	Demeter, 2000
Cau Giat	-	-	-	CG14	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	CG14	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	Homme?	Jeune adulte	Demeter, 2000
Cau Giat	-	-	-	CG15	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	CG15	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	-	Adulte	Demeter, 2000
Cau Giat	-	-	-	CG17	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	CG17	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	Homme?	Jeune adulte	Demeter, 2000
Cau Giat	-	-	CG19	CG19	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	CG19	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	Femme?	Adulte	Demeter, 2000

Cau Giat	-	-	CG26	-	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	CG26	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	-	Adulte	Demeter, 2000
Cau Giat	-	-	CG27	-	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	CG27	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	-	-	Demeter, 2000
Cau Giat	CG33A	CG33A	-	-	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	CG33A	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	Femme?	Jeune adulte	Demeter, 2000
Cau Giat	-	-	CG33B	CG33B	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	CG33B	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	Femme?	Jeune adulte	Demeter, 2000
Cau Giat	CG35	CG35	-	-	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	CG35	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	Homme?	Jeune adulte	Demeter, 2000
Cau Giat	-	CGBB	-	-	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	B	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	-	-	Demeter, 2000
Cau Giat	-	-	CGF	CGF	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7550-7450	F	Vietnam	Nhge An	Quynh Luu	MNHN	-	-	-	-	-	Demeter, 2000
Con Co Ngua	-	-	-	CCN02	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°02	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Femme	30-39 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	CCN05	-	-	CCN05	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°05	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Femme	20-29 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	CCN08A	-	CCN08A	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°08A	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	-	-	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	CCN08A2	-	-	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°08A2	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	-	-	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	CCN10A	-	-	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°10A	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Homme	30-39 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	CCN11	CCN11	-	-	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°11	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	-	-	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	CCN12A	CCN12A	-	CCN12A	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°12A	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Femme?	moins de 14 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	CCN12C	CCN12C	-	-	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°12C	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Ind.	Adulte	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	-	CCN14A	CCN14A	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°14A	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Homme	20-29 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	-	-	CCN17	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°17	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Homme	30-39 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	CCN18	CCN18	CCN18	CCN18	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°18	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Homme	30-39 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	CCN19	-	-	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°19	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Ind.	20-29 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	-	-	CCN21	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°21	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Homme	Adulte	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	CCN27	CCN27	CCN27	CCN27	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°27	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Ind.	moins de 14 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	CCN30	CCN30	-	CCN30	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°30	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Femme?	20-29 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	CCN33A	CCN33A	CCN33A	-	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°33A	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Femme	20-29 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	-	-	CCN35	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°35	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Homme	30-39 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	CCN36	CCN36	-	CCN36	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°36	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Homme	30-39 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	-	-	CCN42	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°42	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Femme	30-39 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	-	-	CCN44	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°44	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Homme	30-39 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	CCN47	-	CCN47	-	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°47	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Ind.	Subadulte	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	-	-	CCN49	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°49	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Femme	20-20 ans	Oxenham, com.pers.



Con Co Ngua	-	-	-	CCN52	Préneo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°52	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Ind.	moins de 14 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	-	-	CCN53	Préneo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°53	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Femme	30-39 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	-	-	CCN53B	Préneo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°53B	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	-	-	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	CCN60	CCN60	-	-	Préneo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°60	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Homme	20-20 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	CCN63	CCN63	-	CCN63	Préneo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°63	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Homme?	30-39 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	CCN71	CCN71	CCN71	CCN71	Préneo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°71	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Femme	20-20 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	-	CCN72	CCN72	Préneo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°72	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Femme?	30-39 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	CCN78	-	-	-	Préneo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°78	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	-	Subadulte	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	CCN81	-	-	Préneo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°81	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Femme	40-49 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	-	-	CCN82	Préneo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°82	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Homme?	40-49 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	CCN84	-	-	-	Préneo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°84	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Homme	moins de 14 ans	Oxenham, com.pers.
Con Co Ngua	-	-	-	CCN97	Préneo	Milieu Hol ASE cont.	Milieu Hol Vietnam	6500-5000	Sep. n°97	Vietnam	Thanh Hoa	Ha Trung	IAH	primaire	fetale assise	tourné vers est	Homme	30-39 ans	Oxenham, com.pers.
Doi Son	DS06	DS06	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	Sep. n°06	Vietnam	Nam Dinh	Nam Ninh	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Doi Son	DS08	DS08	DS08	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	Sep. n°08	Vietnam	Nam Dinh	Nam Ninh	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Dong Mom	DM2B	DM2B	DM2B	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	Sep. n°2B	Vietnam	Nhge An	Dien Chau	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Dong Xa	DX01	DX01	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	Sep. n°01	Vietnam	Hung Yen	Kim Dong	IAH	-	-	-	-	-	Bellwood & Cameron, 2007
Dong Xa	DX02	DX02	DX02	DX02	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	Sep. n°02	Vietnam	Hung Yen	Kim Dong	IAH	-	-	-	-	-	Bellwood & Cameron, 2007
Dong Xa	-	-	-	DXK1A10	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	Sep. n°K1A10	Vietnam	Hung Yen	Kim Dong	CESEAP	-	-	-	-	-	Bellwood & Cameron, 2007
Dong Xa	-	-	-	DXK1B3	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	Sep. n°K1B3	Vietnam	Hung Yen	Kim Dong	CESEAP	-	-	-	-	-	Bellwood & Cameron, 2007
Dong Xa	-	-	DXK1C2	DXK1C2	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	Sep. n°K1C2	Vietnam	Hung Yen	Kim Dong	CESEAP	-	-	-	-	-	Bellwood & Cameron, 2007
Dong Xa	DXK1C3	DXK1C3	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	Sep. n°K1C3	Vietnam	Hung Yen	Kim Dong	CESEAP	-	-	-	-	-	Bellwood & Cameron, 2007
Dong Xa	-	DXK1C4	DXK1C4	DXK1C4	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	Sep. n°K1C4	Vietnam	Hung Yen	Kim Dong	CESEAP	-	-	-	-	-	Bellwood & Cameron, 2007
Dong Xa	-	-	-	DXK1C5	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	Sep. n°K1C5	Vietnam	Hung Yen	Kim Dong	CESEAP	-	-	-	-	-	Bellwood & Cameron, 2007
Dong Xa	DXK2A4	DXK2A4	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	Sep. n°K2A4	Vietnam	Hung Yen	Kim Dong	CESEAP	-	-	-	-	-	Bellwood & Cameron, 2007
Dong Xa	-	-	DXK2B3	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	-	Vietnam	Hung Yen	Kim Dong	CESEAP	-	-	-	-	-	Bellwood & Cameron, 2007

Dong Xa	DXK2C2	-	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	Sep. n°K2C2	Vietnam	Hung Yen	Kim Dong	CESEAP	-	-	-	-	-	Bellwood & Cameron, 2007
Dong Xa	DXK2C3	DXK2C3	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	Sep. n°K2C3	Vietnam	Hung Yen	Kim Dong	CESEAP	-	-	-	-	-	Bellwood & Cameron, 2007
Dong Xa	DXK2D3	-	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	Sep. n°K2D3	Vietnam	Hung Yen	Kim Dong	CESEAP	-	-	-	-	-	Bellwood & Cameron, 2007
Gua Jimbe	-	GJ	-	GJ	Néo?	NA	NA	2850-2700	-	Indonésie	Java	Redjobangan	NNML	-	-	-	-	-	Storm, 1995
Guar Kepah	GK77	GK77	GK077	GK077	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	NA	5000-4000	n°077	Malaisie pen.	Wellesley	-	NNML	secondaire	-	-	Homme	Adulte	Bulbeck, non daté
Guar Kepah	GK80	-	-	GK080	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	NA	5000-4000	n°080	Malaisie pen.	Wellesley	-	NNML	secondaire	-	-	-	Adulte	Bulbeck, non daté
Guar Kepah	-	-	GK082A	-	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	NA	5000-4000	n°082A	Malaisie pen.	Wellesley	-	NNML	secondaire	-	-	-	Juvenile	Bulbeck, non daté
Guar Kepah	-	-	GK085	-	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	NA	5000-4000	n°085	Malaisie pen.	Wellesley	-	NNML	secondaire	-	-	-	Adulte	Bulbeck, non daté
Guar Kepah	-	GK175	GK175	GK175	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	NA	5000-4000	n°175	Malaisie pen.	Wellesley	-	NNML	secondaire	-	-	Homme?	Adulte	Bulbeck, non daté
Guar Kepah	-	-	GK177B	GK177B	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	NA	5000-4000	n°177B	Malaisie pen.	Wellesley	-	NNML	secondaire	-	-	-	Adulte	Bulbeck, non daté
Guar Kepah	-	-	GK177C	GK177C	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	NA	5000-4000	n°177C	Malaisie pen.	Wellesley	-	NNML	secondaire	-	-	-	Adulte	Bulbeck, non daté
Guar Kepah	-	GK215	-	-	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	NA	5000-4000	n°215	Malaisie pen.	Wellesley	-	NNML	secondaire	-	-	-	Adulte	Bulbeck, non daté
Guar Kepah	GK277	-	-	-	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	NA	5000-4000	n°277	Malaisie pen.	Wellesley	-	NNML	-	-	-	-	Adulte	Bulbeck, non daté
Guar Kepah	GK324	GK324	-	-	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	NA	5000-4000	n°324	Malaisie pen.	Wellesley	-	NNML	secondaire	-	-	Homme	Adulte	Bulbeck, non daté
Guar Kepah	GK351	GK351	GK351	GK351	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	NA	5000-4000	n°351	Malaisie pen.	Wellesley	-	NNML	secondaire	-	-	Femme?	Adulte	Bulbeck, non daté
Guar Kepah	-	-	GK353	-	Prénéo	Milieu Hol ASE cont.	NA	5000-4000	n°353	Malaisie pen.	Wellesley	-	NNML	secondaire	-	-	-	Juvenile	Bulbeck, non daté
Gua Nempong	GN	GN	GN	GN	Prénéo?	Prénéo ASE ins.	Milieu Hol ASE ins.	5000-3000	-	Indonésie	Florès	-	NNML	-	-	-	-	-	Matsumura & Hudson, 2005
Hoekgrot	HG	HG	-	-	Néo	NA	NA	3630-3360	red-painted	Indonésie	Java	Gunung Lawa	NNML	-	-	-	Femme	Jeune adulte	Storm, 1995
Ille	-	IL727	-	-	Prénéo	Prénéo ASE ins.	NA	10000-7000	Sep. n°727	Philippines	Palawan	El Nido	UP	crémation	-	-	-	-	Lewis, 2008
Lang Cuom	-	LC1	-	-	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	6500-6400	19414	Vietnam	Souci An	Lang Cuom	MNHN	-	-	-	-	-	Demeter, 2000

Lang Cuom	-	LC2	-	-	Préneo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	6500-6400	19416 (Lang Cuom 9)	Vietnam	Souei An	Lang Cuom	MNHN	-	-	-	Homme?	Jeune adulte	Demeter, 2000
Lang Cuom	-	LC3	-	-	Préneo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	6500-6400	19455	Vietnam	Souei An	Lang Cuom	MNHN	-	-	-	-	-	Demeter, 2000
Leang Tjadang	-	-	TJ4	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°004	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	TJ5	-	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°5	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	TJ12	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°12	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	TJ13	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°13	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	TJ34	-	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°34	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	TJ93	-	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°93	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	-	TJ95	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°95	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	TJ120	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°120	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	-	TJ128	TJ128	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°128	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	-	-	TJ189	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°189	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	TJ200	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°200	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	-	TJ216	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°216	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	TJ243	-	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°243	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	TJ248	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°248	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	TJ257	-	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°257	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	-	-	TJ282	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°282	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	-	-	TJ304	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°304	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	TJ317	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°317	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	TJ326	-	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°326	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	-	TJ327	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°327	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	TJ359	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°359	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	-	TJ410	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°410	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	TJ420	-	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°420	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	-	-	TJ429	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°429	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	TJ494	-	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°494	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	-	TJ508	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°508	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	-	TJ521	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°521	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	TJ540	-	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°540	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	-	-	TJ543	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°543	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	TJ555	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°555	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	TJ565	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°565	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	TJ571	-	-	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°571	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967
Leang Tjadang	-	TJ572	TJ572	-	Métaux	Métal Sulawesi	Métal Sulawesi	2000?	n°572	Indonésie	Sulawesi	Soppeng	NNML	-	-	-	-	-	Jacob, 1967



Leta Leta	-	-	-	LEb2A	Néo?	NA	NA		sep. n°2	Philippines	Palawan	Langen	NMP	primaire	Fléchie	-	-	-	Szabo, 2005
Liang Alo	LA1	LA1	LA1	LA1	Prénéo?	Prénéo ASE ins.	Milieu Hol ASE ins.	3000?	-	Indonésie	Florès	Labuanbadjo	NNML	primaire	Etendue	-	Homme	Jeune adulte	van der Plas, 2007
Liang Alo	LA2	LA2	LA2	LA2	Prénéo?	Prénéo ASE ins.	Milieu Hol ASE ins.	3000?	-	Indonésie	Florès	Labuanbadjo	NNML	primaire	Etendue	-	Femme?	-	van der Plas, 2007
Liang Momer	-	-	-	LMA	Prénéo	Prénéo ASE ins.	Milieu Hol ASE ins.	5000-3000	-	Indonésie	Florès	Labuanbadjo	NNML	primaire	Fléchie	-	Femme?	30/35	van der Plas, 2007
Liang Momer	LMB	LMB	-	-	Prénéo	Prénéo ASE ins.	Milieu Hol ASE ins.	5000-3000	-	Indonésie	Florès	Labuanbadjo	NNML	primaire	Fléchie	-	-	12/14	van der Plas, 2007
Liang Momer	-	LME	LME	-	Prénéo	Prénéo ASE ins.	Milieu Hol ASE ins.	5000-3000	-	Indonésie	Florès	Labuanbadjo	NNML	primaire	Fléchie	-	Homme	30/60	van der Plas, 2007
Liang Panas	-	LP	-	-	Prénéo	Prénéo ASE ins.	Milieu Hol ASE ins.	5000-3000	-	Indonésie	Florès	Labuanbadjo	NNML	primaire	-	-	Homme	30	van der Plas, 2007
Liang Toge	-	-	-	LT	Prénéo	Prénéo ASE ins.	Milieu Hol ASE ins.	5000-3000	-	Indonésie	Florès	Nusatenggara	NNML	primaire	Fléchie	-	Femme	30/40	van der Plas, 2007
Liang X	-	-	LX	LX	Prénéo	Prénéo ASE ins.	Milieu Hol ASE ins.	5000-3000	-	Indonésie	Florès	Reo	NNML	primaire	Etendue	-	Femme	Jeune adulte	van der Plas, 2007
Lang Gao	LG1	LG1	-	-	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	-	-	Vietnam	Hoa-Binh	Thang-Luong	MNHN	-	-	-	-	-	Colani, 1927
Lang Gao	-	LG2	-	-	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	-	-	Vietnam	Hoa-Binh	Thang-Luong	MNHN	-	-	-	-	-	Colani, 1927
Mai Da Dieu	MDD01	MDD01	MDD01	MDD01	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	8300-8100	MDD01	Vietnam	Thanh Hoa	Ba Thuoc	IAH	-	-	-	Femme	Jeune adulte	Nguyen, 1986
Mai Da Dieu	-	MDD05	-	MDD05	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	8300-8100	MDD05	Vietnam	Thanh Hoa	Ba Thuoc	IAH	-	-	-	-	-	Nguyen, 1986
Mai Da Dieu	MDD07	-	MDD07	MDD07	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	8300-8100	MDD07	Vietnam	Thanh Hoa	Ba Thuoc	IAH	-	-	-	-	-	Nguyen, 1986
Mai Da Dieu	-	-	-	MDD17	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	8300-8100	MDD17	Vietnam	Thanh Hoa	Ba Thuoc	IAH	-	-	-	-	-	Nguyen, 1986
Mai Da Nuoc	-	MDN	-	MDN	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	10000-8000	84 MDN M1	Vietnam	Thanh Hoa	Ba Thuoc	IAH	primaire	Dec. dorsal	-	Homme	Adulte	Nguyen, 1986
Man Bac	MB05M11	MB05M11	-	MB05M11	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB05M11	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Homme	Jeune adulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	MB05M13	MB05M13	MB05M13	MB05M13	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB05M13	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	-	Adolescent	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	MB05M15	MB05M15	MB05M15	MB05M15	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB05M15	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Fléchie	SO-NE	Femme	Jeune adulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	MB05M20	MB05M20	MB05M20	MB05M20	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB05M20	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Homme?	Jeune adulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	-	MB05M31	-	MB05M31	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB05M31	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	NE-SO	Homme	Jeune adulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	-	-	-	MB05M32	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB05M32	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Fléchie	-	Homme?	Jeune adulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	MB07H1M01	MB07H1M1	MB07H1M1	MB07H1M1	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB07H1M1	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	secondaire?	Dec. dorsal	NE-SO	-	Subadulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	-	MB07H1M3	MB07H1M3	MB07H1M3	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB07H1M3	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	NE-SO	-	Subadulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	MB07H1M09	-	MB07H1M9	MB07H1M9	Néo	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB07H1M9	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Fléchie	nord-sud	Homme	Jeune adulte	Huffer & Trinh,

																			2011
Man Bac	-	MB07H1M11	-	-	Néol	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB07H1M11	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	NE-SO	Femme	Adulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	MB07H2M02	MB07H2M2	MB07H2M2	MB07H2M2	Néol	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB07H2M2	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	-	Subadulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	-	MB07H2M5	-	MB07H2M5	Néol	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB07H2M5	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Femme	Jeune adulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	-	-	MB07H2M12	-	Néol	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB07H2M12	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	NE-SO	Femme	Adulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	MB07H2M17	-	MB07H2M17	-	Néol	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB07H2M17	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	-	Subadulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	MB07H2M18	MB07H2M18	MB07H2M18	MB07H2M18	Néol	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB07H2M18	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	NE-SO	Femme	Jeune adulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	-	MB07H2M19	-	MB07H2M19	Néol	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB07H2M19	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Homme	Jeune adulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	-	-	MB07H2M27	-	Néol	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB07H2M27	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	NE-SO	Homme	Adulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	-	-	MB07H2M29	-	Néol	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB07H2M29	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	-	Enfant	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	MB07H2M32	MB07H2M32	MB07H2M32	MB07H2M32	Néol	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB07H2M32	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	NE-SO	Homme	Jeune adulte	Huffer & Trinh, 2011
Man Bac	MB99H2M02	MB99H2M2	MB99H2M2	MB99H2M2	Néol	Néol ASE cont.	Néol ASE cont.	3800-3400	MB99H2M2	Vietnam	Ninh Binh	Yen Mo	IAH	primaire	Dec. dorsal	est-ouest	Femme	Jeune adulte	Huffer & Trinh, 2011
Minh Duc	MD01	MD01	-	MD01	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°01		Ha Tay	Ung Hoa	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Nui Nap	-	NN02E	-	NN02E	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°02E	Vietnam	Thanh Hoa	Dong Hieu	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Nui Nap	NN04	NN04	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°04	Vietnam	Thanh Hoa	Dong Hieu	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Nui Nap	NN05	NN05	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°05	Vietnam	Thanh Hoa	Dong Hieu	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Nui Nap	NN07	NN07	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°07	Vietnam	Thanh Hoa	Dong Hieu	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Nui Nap	-	-	NN07KA	NN07KA	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°07KA	Vietnam	Thanh Hoa	Dong Hieu	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Nui Nap	NN10KA	NN10KA	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°10KA	Vietnam	Thanh Hoa	Dong Hieu	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Nui Nap	NN10KB	NN10KB	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°10KB	Vietnam	Thanh Hoa	Dong Hieu	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Nui Nap	NN15	NN15	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°15	Vietnam	Thanh Hoa	Dong Hieu	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Nui Nap	NN18	-	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°18	Vietnam	Thanh Hoa	Dong Hieu	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Nui Nap	-	-	NN18KB	NN18KB	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°18KB	Vietnam	Thanh Hoa	Dong Hieu	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Nui Nap	NN23	NN23	NN23	NN23	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°23	Vietnam	Thanh Hoa	Dong Hieu	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Pho Binh Gia	PB1	PB1	-	PB1	Prénéol	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7400-7300	18504 (Pho Binh Gia n°1)	Vietnam	-	-	MNHN	-	-	-	Homme?	Jeune adulte	Demeter, 2000
Pho Binh Gia	-	PB2	-	PB2	Prénéol	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7400-7300	23097 (Pho Binh Gia n°3)	Vietnam	-	-	MNHN	-	-	-	Femme?	Jeune adulte	Demeter, 2000

Pho Binh Gia	PB3	PB3	PB3	PB3	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7400-7300	24955 (1,70m)	Vietnam	-	-	MNHN	-	-	-	-	-	Demeter, 2000
Pho Binh Gia	PB4	PB4	-	PB4	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7400-7300	24955 (1,40m)	Vietnam	-	-	MNHN	-	-	-	-	-	Demeter, 2000
Pho Binh Gia	PB5	PB5	-	PB5	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7400-7300	24955B	Vietnam	-	-	MNHN	-	-	-	-	-	Demeter, 2000
Pho Binh Gia	-	PB6	-	-	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	Début Hol Vietnam	7400-7300	24955 (1m)	Vietnam	-	-	MNHN	-	-	-	-	-	Demeter, 2000
Quy Chu	QC01	QC01	QC01	QC01	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	3300-2400	n°01	Vietnam	Thanh Hoa	Hoang Hoa	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Quy Chu	-	-	-	QC9B	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	3300-2400	n°9B	Vietnam	Thanh Hoa	Hoang Hoa	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Quy Chu	QC19	-	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	3300-2400	n°19	Vietnam	Thanh Hoa	Hoang Hoa	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Quy Chu	QC24	QC24	QC24	QC24	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	3300-2400	n°24	Vietnam	Thanh Hoa	Hoang Hoa	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Quy Chu	-	-	QC25	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	3300-2400	n°25	Vietnam	Thanh Hoa	Hoang Hoa	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Quy Chu	QC30	QC30	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	3300-2400	n°30	Vietnam	Thanh Hoa	Hoang Hoa	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Sampung	-	-	-	GSH	Prénéo?	Prénéo ASE ins.	Milieu Hol ASE ins.	-	Sampung H	Indonésic	Thanh Hoa	Hoang Hoa	NNML	-	-	-	Homme	-	Storm, 1995
San Lorenzo (Siriban)	SL3B1	-	SL03B1	-	Métaux	Métal Philippines	NA	1800-1700	II-96-U2, sep. n°1	Philippines	Thanh Hoa	Hoang Hoa	NMP	-	-	-	NA	Enfant	Ogawa, 2004
Tam Hang	TH1	-	-	-	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	NA	16500-14500	20533 (Tam Hang Nord 3)	Laos	Hua Pan	P'ou Loi	MNHN	-	-	-	Femme	Jeune adulte	Demeter, 2000
Tam Hang	TH2	TH2	-	TH02	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	NA	16500-14500	20539 (Tam Hang Sud 10)	Laos	Hua Pan	P'ou Loi	MNHN	-	-	-	Femme	Adulte	Shackelford & Demeter, 2012
Tam Hang	TH3	-	TH3	TH03	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	NA	16500-14500	20537 (Tam Hang Sud 3)	Laos	Hua Pan	P'ou Loi	MNHN	-	-	-	Femme	Adulte	Shackelford & Demeter, 2012
Tam Hang	TH4	-	TH4	TH04	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	NA	16500-14500	20550 (Tam Hang Sud 22)	Laos	Hua Pan	P'ou Loi	MNHN	-	-	-	Femme	Adulte	Shackelford & Demeter, 2012
Tam Hang	TH5	TH5	-	-	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	NA	16500-14500	20541 (Tam Pong 1)	Laos	Luang Prabang	Na Pho	MNHN	-	-	-	Homme	Jeune adulte	Shackelford & Demeter, 2012
Tam Hang	TH6	TH6	-	TH06	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	NA	16500-14500	20534 (Tam Hang Sud 13)	Laos	Hua Pan	P'ou Loi	MNHN	-	-	-	Femme	Adulte	Shackelford & Demeter, 2012
Tam Hang	-	TH7	TH7	TH07	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	NA	16500-14500	20540 (Tam Hang Sud 11)	Laos	Hua Pan	P'ou Loi	MNHN	-	-	-	Femme	Jeune adulte	Shackelford & Demeter, 2012
Tam Hang	-	-	TH9	TH09	Prénéo	Pléist sup/déb Hol ASE cont.	NA	16500-14500	20535 (Tam Hang Sud 2)	Laos	Hua Pan	P'ou Loi	MNHN	-	-	-	Femme	Jeune adulte	Shackelford & Demeter, 2012
Vinh Quang	VQ00	VQ00	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°00	Vietnam	Ha Tay	Hoai	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000

Vinh Quang	-	-	-	VQ05	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°05	Vietnam	Ha Tay	Hoai	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Vinh Quang	VQM01	VQM01	VQM01	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°M01	Vietnam	Ha Tay	Hoai	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Vinh Quang	VQ1M02	VQ1M02	VQ1M02	VQ1M02	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°1M02	Vietnam	Ha Tay	Hoai	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Vinh Quang	VQ2M10	VQ2M10	-	-	Métaux	Métal Vietnam	Métal Vietnam	2200-1700	n°2M10	Vietnam	Ha Tay	Hoai	IAH	-	-	-	-	-	Oxenham, 2000
Wajak	WK1	WK1	-	WK1	Prénéo	Prénéo ASE ins.	Milieu Hol ASE ins.	10000-6000	Wajak 1	Indonésie	Java	Gunung Lawa	NNML	-	-	-	Homme?	Jeune adulte	Storm, 1995
Wajak	WK2	WK2	WK2	WK2	Prénéo	Prénéo ASE ins.	Milieu Hol ASE ins.	10000-6000	Wajak 2	Indonésie	Java	Gunung Lawa	NNML	-	-	-	Homme	Jeune adulte	Storm, 1995

**Abréviations :**

CESEAP Center for Southeast Asian Prehistory, Pham Huy Thong museum, Quang Ninh, Vietnam

IAH Institute of Archaeology, Hanoi, Vietnam

MNHN Muséum national d'Histoire naturelle, Paris

NMP National Museum of the Philippines, Manille, Philippines

NHML Nationaal Natuurhistorisch Museum, Leiden, Pays-Bas

TFADP Thai Fine Arts Department, Phimai, Thaïlande

UP Archaeological Studies Program, University of the Philippines, Manille, Philippines



## ANNEXE 9

---

### PRECISIONS D'ORDRE ANATOMIQUE SUR L'ECHANTILLON D'INDIVIDUS ISSUS DE CONTEXTES ARCHEOLOGIQUES



Site	M <sup>1</sup>	M <sup>2</sup>	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	St. M <sup>1</sup>	St. M <sup>2</sup>	St. M <sub>1</sub>	St. M <sub>2</sub>	u. M <sup>1</sup>	u. M <sup>2</sup>	u. M <sub>1</sub>	u. M <sub>2</sub>	nc. M <sup>1</sup>	nc. M <sub>1</sub>	nc. M <sub>2</sub>	t. M <sup>1</sup>	t. M <sup>2</sup>	t. M <sub>1</sub>	t. M <sub>2</sub>	Ca. M <sup>1</sup>	Hy. M <sup>2</sup>	Taille M <sup>1</sup>	Taille. M <sup>2</sup>	Taille. M <sub>1</sub>	Taille. M <sub>2</sub>	
Aimere	AI	AI	AI	-	NI	NI	NI	-	5	3	5	-	4	6	-	9	0	9	-	0	3	123,1	103	132,8	-	
Ban Non Wat	BNW006	BNW006	-	-	NI	NI	-	-	3	3	-	-	4	-	-	9	0	-	-	0	3	105,4	94,56	-	-	
Ban Non Wat	-	BNW016	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	-	98,47	-	-	
Ban Non Wat	BNW024	BNW024	-	-	NI	NI	-	-	3	3	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	3	123,4	106,2	-	-	
Ban Non Wat	-	BNW026	-	-	-	NI	-	-	-	4	-	-	-	-	-	9	-	-	-	2	-	-	99,31	-	-	
Ban Non Wat	-	BNW034	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	-	96,75	-	-	
Ban Non Wat	BNW042	BNW042	BNW042	BNW042	NI	NI	NI	NI	2	2	3	2	4	9	5	0	0	9	1	0	3	113,3	102,5	108	98,85	
Ban Non Wat	BNW049	BNW049	-	-	I	I	-	-	2	1	-	-	5	-	-	0	0	-	-	4	3	124,9	93,53	-	-	
Ban Non Wat	BNW056	BNW056	-	BNW056	NI	NI	-	NI	3	2	-	3	4	-	5	0	0	-	0	0	3	98,93	91,49	-	96,96	
Ban Non Wat	-	BNW075	-	BNW075	-	NI	-	NI	-	2	-	3	-	-	5	-	0	-	0	-	3	-	112,8	-	122,4	
Ban Non Wat	BNW092	BNW092	-	BNW092	NI	NI	-	NI	3	3	-	3	4	-	4	0	0	-	0	0	3	102,4	100,1	-	90,71	
Ban Non Wat	BNW094	-	BNW094	-	NI	-	NI	-	2	-	2	-	4	7	-	0	-	0	-	3	-	128,1	-	124,3	-	
Ban Non Wat	BNW108	BNW108	-	-	NI	NI	-	-	4	4	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	3	112	95,41	-	-	
Ban Non Wat	-	BNW115	-	BNW115	-	I	-	I	-	2	-	2	-	-	5	-	0	-	0	-	3	-	103,2	-	113,9	
Ban Non Wat	-	BNW121	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	94,79	-	-		
Ban Non Wat	-	BNW126	-	BNW126	-	NI	-	NI	-	3	-	2	-	-	5	-	0	-	0	-	3	-	103,2	-	111,9	
Ban Non Wat	BNW128	BNW128	BNW128	BNW128	NI	NI	NI	NI	2	2	3	2	4	5	5	0	0	0	0	0	3	114,9	93,7	114,3	103,1	
Ban Non Wat	BNW132	BNW132	BNW132	BNW132	NI	NI	NI	NI	3	2	3	2	4	5	5	0	0	0	0	0	3	128,5	112,5	134	115,9	
Ban Non Wat	-	-	-	BNW144	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	103,2	
Ban Non Wat	-	-	BNW152	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	123,5	-	
Ban Non Wat	BNW157	-	BNW157	-	NI	-	NI	-	2	-	1	-	4	5	-	0	-	1	-	0	-	95,44	-	93,53	-	
Ban Non Wat	BNW178	BNW178	-	BNW178	NI	NI	-	NI	3	2	-	3	4	-	4	0	0	-	0	0	3	106,2	95,22	-	95,04	
Ban Non Wat	BNW182	BNW182	BNW182	BNW182	NI	NI	NI	NI	3	2	3	2	5	5	4	0	0	0	0	4	3	117,1	100,7	114,1	104,6	
Ban Non Wat	-	-	BNW189	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	6	-	-	-	0	-	-	-	-	-	115,6	-	
Ban Non Wat	BNW202	-	BNW202	BNW202	I	-	I	I	1	-	2	2	4	5	4	0	-	0	0	0	-	111,9	-	110,7	118,1	
Ban Non Wat	-	-	BNW203	BNW203	-	-	I	NI	-	-	2	3	-	5	9	-	-	0	9	-	-	-	-	105	98,53	
Ban Non Wat	BNW208	-	-	BNW208	NI	-	-	NI	4	-	-	2	4	-	4	0	-	-	0	0	-	111,1	-	-	108,1	
Ban Non Wat	BNW212	BNW212	-	-	NI	NI	-	-	3	2	-	-	4	-	-	0	0	-	-	3	3	106,1	93,71	-	-	
Ban Non Wat	-	BNW218	-	BNW218	-	NI	-	NI	-	2	-	2	-	-	4	-	0	-	0	-	2	-	90,45	-	90,99	
Ban Non Wat	BNW221	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	-	4	-	-	0	-	-	-	3	-	113	-	-	-	
Ban Non Wat	-	-	BNW224	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	118,6	-	
Ban Non Wat	BNW229	BNW229	-	-	NI	NI	-	-	3	2	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	3	112,8	106,7	-	-	
Ban Non Wat	-	BNW230	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	-	108	-	-	
Ban Non Wat	-	-	BNW236	BNW236	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	5	5	-	-	0	0	-	-	-	-	101,9	83,74	
Ban Non Wat	-	BNW237	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	98,15	-	-	-	
Ban Non Wat	-	BNW242	BNW242	-	-	NI	NI	-	-	3	3	-	-	5	-	-	0	0	-	-	3	-	102,6	106,7	-	-

Ban Non Wat	BNW245	BNW245	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	-	4	-	-	0	1	-	-	2	3	110,1	102,4	-	-
Ban Non Wat	BNW248	-	BNW248	BNW248	NI	-	NI	NI	2	-	2	2	4	5	5	0	-	0	0	1	-	121,2	-	121,2	102,5
Ban Non Wat	-	-	BNW254	BNW254	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	5	5	-	-	0	0	-	-	-	-	108,1	101,3
Ban Non Wat	-	BNW259	BNW259	-	-	I	I	-	-	2	2	-	-	5	-	-	0	0	-	-	3	-	97,2	112,2	-
Ban Non Wat	-	-	-	BNW263	-	-	-	NI	-	-	-	4	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	104,9
Ban Non Wat	BNW265	BNW265	-	-	NI	NI	-	-	4	3	-	-	4	-	-	0	1	-	-	0	2	104,3	94,89	-	-
Ban Non Wat	-	BNW272B	BNW272	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	-	5	-	-	0	0	-	-	3	-	102,7	121,9	-
Ban Non Wat	BNW276	-	BNW276	BNW276	NI	-	NI	NI	3	-	2	3	4	5	5	9	-	0	0	0	-	134,9	-	137,4	112,7
Ban Non Wat	-	-	BNW280	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	100,4	-
Ban Non Wat	-	-	BNW297	-	-	-	NI	-	-	-	1	-	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	114,3	-
Ban Non Wat	BNW299	-	-	-	NI	-	-	-	1	-	-	-	4	-	-	0	-	-	-	0	-	102,9	-	-	-
Ban Non Wat	-	BNW304	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	106,6	-	-
Ban Non Wat	BNW310	BNW310	BNW310	BNW310	NI	NI	NI	NI	3	2	3	2	4	5	4	0	0	0	0	2	3	92,2	78,75	92,88	78,97
Ban Non Wat	BNW312	BNW312	-	-	NI	NI	-	-	4	3	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	3	102,8	97,66	-	-
Ban Non Wat	BNW313	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	-	4	-	-	0	-	-	-	0	-	118,7	-	-	-
Ban Non Wat	BNW316	BNW316	BNW316	BNW316	NI	NI	NI	NI	3	3	3	3	4	5	4	0	0	0	0	0	3	104,6	86,7	101	86,86
Ban Non Wat	BNW317	-	BNW317	BNW317	NI	-	NI	NI	4	-	3	2	4	5	4	0	-	0	0	0	-	121,3	-	124,5	110,8
Ban Non Wat	BNW321	BNW321	BNW321	-	NI	NI	NI	-	2	2	2	-	4	5	-	0	0	1	-	1	3	111,4	108,3	121,7	-
Ban Non Wat	BNW322	BNW322	BNW322	-	NI	NI	NI	-	3	2	2	-	4	5	-	0	9	0	-	0	3	123,5	111,6	119,2	-
Ban Non Wat	-	-	-	BNW327	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	9	-	-	-	9	-	-	-	-	-	106,5
Ban Non Wat	BNW329	BNW329	-	-	I	I	-	-	1	2	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	3	120,1	110,1	-	-
Ban Non Wat	BNW332	BNW332	-	-	NI	NI	-	-	3	2	-	-	4	-	-	0	0	-	-	3	1	110,5	96,1	-	-
Ban Non Wat	-	BNW334	-	BNW334	-	NI	-	NI	-	3	-	3	-	-	5	-	0	-	0	-	3	-	101,7	-	112,4
Ban Non Wat	BNW349	BNW349	BNW349	BNW349	I	I	I	NI	1	1	2	1	4	5	5	1	1	0	0	0	3	107,1	93,58	110	98,05
Ban Non Wat	BNW353	BNW353	BNW353	-	I	I	I	-	2	2	2	-	5	6	-	3	0	3	-	0	2	124,6	115,6	127,4	-
Ban Non Wat	BNW357	BNW357	BNW357	-	NI	NI	NI	-	2	2	2	-	4	5	-	0	0	0	-	0	3	114,2	96,05	118,9	-
Ban Non Wat	-	-	BNW374	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	107,1	-
Ban Non Wat	-	BNW386	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	101,1	-	-
Ban Non Wat	-	BNW390	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	121,4	-	-
Ban Non Wat	BNW405	BNW405	-	BNW405	NI	NI	-	NI	2	2	-	2	9	-	5	9	0	-	0	0	3	125,1	102,3	-	106,3
Ban Non Wat	BNW414	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	-	4	-	-	1	-	-	-	0	-	115,2	-	-	-
Ban Non Wat	BNW415	BNW415	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	-	4	-	-	0	0	-	-	1	3	106,6	89,02	-	-
Ban Non Wat	-	BNW416	BNW416	BNW416	-	NI	NI	NI	-	2	3	2	-	5	5	-	0	0	0	-	2	-	95,94	115,8	107,6
Ban Non Wat	-	-	-	BNW422	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	120,4
Ban Non Wat	BNW430	BNW430	-	-	NI	NI	-	-	4	3	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	2	109,6	91,32	-	-
Ban Non Wat	-	BNW433	-	BNW433	-	NI	-	NI	-	2	-	3	-	-	4	-	0	-	0	-	3	-	105,9	-	107,9
Ban Non Wat	BNW435	-	-	BNW435	NI	-	-	NI	3	-	-	2	4	-	9	0	-	-	0	1	-	111,1	-	-	112,8
Ban Non Wat	BNW443	BNW443	BNW443	BNW443	NI	NI	NI	NI	3	2	3	3	4	5	4	0	0	0	0	0	3	108	93,59	110,9	94,07

Ban Non Wat	BNW445	BNW445	BNW445	BNW445	NI	NI	NI	NI	3	2	3	2	5	5	4	0	0	0	0	4	3	93,88	92,51	110,3	95,04
Ban Non Wat	-	BNW449	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	88,1	-	-	
Ban Non Wat	BNW471	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	-	4	-	-	0	-	-	-	0	-	110,8	-	-	
Ban Non Wat	BNW472	BNW472	BNW472	BNW472	I	I	NI	NI	2	1	2	2	4	5	4	0	0	0	0	0	2	96,67	80,59	106	90,5
Ban Non Wat	BNW473	BNW473	-	BNW473	NI	NI	-	NI	3	2	-	3	4	-	9	0	0	-	9	0	1	124,1	109,1	-	110,7
Ban Non Wat	-	BNW474	BNW474	BNW474	-	NI	NI	NI	-	2	3	2	-	5	5	-	0	0	0	-	3	-	83,6	100,9	88,35
Ban Non Wat	BNW476	BNW476	BNW476	-	NI	NI	NI	-	3	3	2	-	4	5	-	0	0	0	-	0	2	100,8	85,85	100,2	-
Ban Non Wat	-	BNW480	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	98,82	-	-	
Ban Non Wat	BNW481	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	-	5	-	-	9	-	-	-	0	-	108,9	-	-	-
Ban Non Wat	BNW490	BNW490	BNW490	BNW490	NI	NI	NI	NI	2	2	1	1	4	5	4	0	0	0	1	3	3	105,4	96,27	103,4	94,94
Ban Non Wat	BNW522	BNW522	BNW522	BNW522	NI	NI	NI	NI	3	2	3	3	4	5	5	0	0	1	0	0	3	121,3	112,4	121,1	112
Ban Non Wat	-	BNW527	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	96,47	-	-	
Ban Non Wat	BNW531	BNW531	-	-	I	I	-	-	3	3	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	3	114,1	99,48	-	-
Ban Non Wat	-	-	BNW534	BNW534	-	-	NI	NI	-	-	3	3	-	5	5	-	-	0	0	-	-	-	-	118,2	110,9
Ban Non Wat	-	BNW539	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	101,7	-	-	
Ban Non Wat	BNW540	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	4	-	-	0	-	-	-	0	-	116,7	-	-	-
Ban Non Wat	-	BNW544	-	BNW544	-	NI	-	NI	-	2	-	3	-	-	9	-	0	-	0	-	3	-	88,59	-	87,96
Ban Non Wat	-	BNW556	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	93,15	-	-	
Ban Non Wat	BNW579	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	4	-	-	0	-	-	-	0	-	98,56	-	-	-
Ban Non Wat	BNW583	BNW583	-	-	NI	NI	-	-	3	2	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	3	113,2	93,34	-	-
Ban Non Wat	-	-	-	BNW587	-	-	-	NI	-	-	-	4	-	-	9	-	-	-	9	-	-	-	-	-	110,2
Ban Non Wat	-	-	-	BNW600	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	97,01
Ban Non Wat	-	-	BNW602	BNW602	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	5	5	-	-	0	0	-	-	-	-	113,9	100,4
Ban Non Wat	-	-	-	BNW620	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	85,23
Ban Non Wat	BNW623	BNW623	-	BNW623	NI	I	-	I	1	1	-	1	4	-	5	0	0	-	0	0	3	117,4	109,5	-	115,5
Ban Non Wat	-	BNW626	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	92,73	-	-	
Ban Non Wat	BNW632	BNW632	BNW632	BNW632	NI	NI	NI	NI	3	3	3	3	4	5	9	0	0	0	0	0	2	111,1	103,2	113,7	115,4
Ban Non Wat	-	BNW633	-	BNW633	-	NI	-	NI	-	2	-	3	-	-	5	-	0	-	0	-	3	-	88,88	-	99,31
Ban Non Wat	BNW634	-	BNW634	-	NI	-	NI	-	2	-	2	-	4	5	-	0	-	0	-	0	-	134,6	-	128,1	-
Bato-Puti	-	BP3A1	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	95,46	-	-	
Bato-Puti	-	-	BP03A3	-	-	-	I	-	-	-	5	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	105,1	-
Bato-Puti	-	BP45	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	-	-	-	NA	-	98	-	-	
Bato-Puti	-	-	-	BP45B	-	-	-	I	-	-	-	4	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	102,6
Bato-Puti	-	-	-	BP045C	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	87,48
Bato-Puti	-	-	-	BP345	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	110,2
Bato-Puti	-	-	-	BP362	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	83,5
Bato-Puti	-	BP381	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	95,18	-	-	
Bato-Puti	-	-	BP381B	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	107,6	-

Bato-Puti	-	-	-	BP381C	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	93,22	
Bato-Puti	-	-	-	BP381D	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	102,2	
Bato-Puti	-	BP414	-	-	-	I	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	66,86	-	-	
Callao	-	-	CA1256	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	105,4	-	
Callao	CA7317	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	4	-	-	1	-	-	-	0	-	115,9	-	-	-	
Callao	-	-	CA7317B	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	104,4	-	
Callao	-	-	CA7333	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	97,88	-	
Callao	-	-	-	CA7333B	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	87,67	
Callao	-	-	-	CA7365B	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	76,7	
Callao	-	-	CA8542	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	83,92	-
Catayauan (Conciso)	-	CYB1B	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	93,32	-	-	
Catayauan (Conciso)	CYB3	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	-	4	-	-	1	-	-	-	0	-	98,12	-	-	-	
Catugan (Dombrique)	-	-	CT1	CT1	-	-	NI	NI	-	-	3	3	-	5	5	-	-	0	0	-	-	-	-	121,5	108,2	
Catugan (Dombrique)	CTB1A	-	-	-	I	-	-	-	1	-	-	-	4	-	-	0	-	-	-	0	-	83,13	-	-	-	
Catugan (Dombrique)	CTB1B	CTB1B	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	2	93,25	81,7	-	-	
Catugan (Dombrique)	CTB1C	CTB1C	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	1	91,72	78,04	-	-	
Catugan (Dombrique)	CTB1D	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	-	4	-	-	9	-	-	-	0	-	108,8	-	-	-	
Catugan (Dombrique)	-	CTB1E	-	-	-	I	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	1	-	80,62	-	-	
Catugan (Dombrique)	-	CTB1F	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	99,73	-	-	
Cau Giat	-	-	-	CG01	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	93,45	
Cau Giat	-	-	CG01D	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	6	-	-	-	0	-	-	-	-	-	110,1	-	
Cau Giat	-	-	CG01S	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	113,1	-	
Cau Giat	-	-	CG02	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	9	-	-	-	-	-	108,7	-	
Cau Giat	-	-	-	CG02A	-	-	-	NI	-	-	-	5	-	-	4	-	-	-	9	-	-	-	-	-	83,54	
Cau Giat	-	-	-	CG02C	-	-	-	NI	-	-	-	5	-	-	4	-	-	-	9	-	-	-	-	-	93,33	
Cau Giat	-	CG2D	-	CG02D	-	I	-	I	-	3	-	3	-	-	4	-	1	-	0	-	1	-	87,99	-	108,1	
Cau Giat	-	-	CG03S	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	103,4	-	
Cau Giat	-	-	-	CG14	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	105,2	
Cau Giat	-	-	-	CG15	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	99,19	

Cau Giat	-	-	-	CG17	-	-	-	NI	-	-	-	4	-	-	4	-	-	9	-	-	-	-	-	96,92	
Cau Giat	-	-	CG19	CG19	-	-	NI	NI	-	-	2	3	-	4	4	-	-	9	0	-	-	-	-	109,5	100,9
Cau Giat	-	-	CG26	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	103,2	-
Cau Giat	-	-	CG27	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	9	-	-	-	-	-	110,8	-
Cau Giat	CG33A	CG33A	-	-	NI	NI	-	-	3	3	-	-	4	-	-	9	1	-	-	0	3	102,2	97,92	-	-
Cau Giat	-	-	CG33B	CG33B	-	-	NI	NI	-	-	3	3	-	6	4	-	-	0	0	-	-	-	-	122,6	110,4
Cau Giat	CG35	CG35	-	-	NI	NI	-	-	3	2	-	-	4	-	-	9	1	-	-	1	1	118,4	120,9	-	-
Cau Giat	-	CGBB	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	106,3	-	-
Cau Giat	-	-	CGF	CGF	-	-	I	I	-	-	3	3	-	5	4	-	-	9	0	-	-	-	-	121,5	108,2
Con Co Ngua	-	-	-	CCN02	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	96,81
Con Co Ngua	CCN05	-	-	CCN05	NI	-	-	NI	3	-	-	3	4	-	4	0	-	-	0	0	-	108,8	-	-	102,6
Con Co Ngua	-	CCN08A	-	CCN08A	-	NI	-	NI	-	3	-	4	-	-	4	-	0	-	0	-	3	-	115	-	128,9
Con Co Ngua	-	CCN08A2	-	-	-	NI	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	114	-	-
Con Co Ngua	-	CCN10A	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	3	-	98,89	-	-
Con Co Ngua	CCN11	CCN11	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	-	4	-	-	0	9	-	-	0	1	119,9	106,3	-	-
Con Co Ngua	CCN12A	CCN12A	-	CCN12A	NI	NI	-	NI	2	2	-	1	4	-	4	0	0	-	0	0	2	113,2	101,7	-	110,7
Con Co Ngua	CCN12C	CCN12C	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	-	4	-	-	0	1	-	-	0	1	108,6	91,7	-	-
Con Co Ngua	-	-	CCN14A	CCN14A	-	-	NI	NI	-	-	4	3	-	5	4	-	-	0	0	-	-	-	-	109,9	110
Con Co Ngua	-	-	-	CCN17	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	102,6
Con Co Ngua	CCN18	CCN18	CCN18	CCN18	NI	NI	NI	NI	3	3	3	3	4	5	5	0	0	0	0	0	3	121,7	92,83	127,4	104,8
Con Co Ngua	-	CCN19	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	85,82	-	-
Con Co Ngua	-	-	-	CCN21	-	-	-	NI	-	-	-	4	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	86,28
Con Co Ngua	CCN27	CCN27	CCN27	CCN27	NI	NI	NI	NI	3	2	2	2	4	5	5	0	0	0	0	0	2	131,2	97	137,6	110,2
Con Co Ngua	CCN30	CCN30	-	CCN30	NI	NI	-	NI	3	2	-	3	4	-	4	1	0	-	0	0	1	97,36	86,72	-	94,87
Con Co Ngua	CCN33A	CCN33A	CCN33A	-	NI	NI	NI	-	3	2	3	-	4	5	-	0	0	0	-	0	3	120,9	102,8	121,9	-
Con Co Ngua	-	-	-	CCN35	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	95,83
Con Co Ngua	CCN36	CCN36	-	CCN36	NI	NI	-	NI	4	3	-	3	4	-	4	9	0	-	0	0	3	107,7	88,81	-	93,73
Con Co Ngua	-	-	-	CCN42	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	106,9
Con Co Ngua	-	-	-	CCN44	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	105,4
Con Co Ngua	CCN47	-	CCN47	-	NI	-	NI	-	1	-	1	-	4	5	-	0	-	0	-	0	-	121,3	-	117,2	-
Con Co Ngua	-	-	-	CCN49	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	98,07
Con Co Ngua	-	-	-	CCN52	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	121,2
Con Co Ngua	-	-	-	CCN53	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	118,2
Con Co Ngua	-	-	-	CCN53B	-	-	-	NI	-	-	-	4	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	77,55
Con Co Ngua	CCN60	CCN60	-	-	NI	NI	-	-	4	3	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	0	112,8	101,9	-	-
Con Co Ngua	CCN63	CCN63	-	CCN63	NI	NI	-	NI	3	3	-	4	4	-	4	0	9	-	0	0	3	119,6	112,8	-	116,7
Con Co Ngua	CCN71	CCN71	CCN71	CCN71	NI	NI	NI	NI	4	3	3	3	4	5	5	0	9	0	0	0	1	125,8	105,9	125,6	121
Con Co Ngua	-	-	CCN72	CCN72	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	5	4	-	-	0	0	-	-	-	-	122,9	121,6

Con Co Ngua	CCN78	-	-	-	I	-	-	-	1	-	-	-	4	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	105,7	-	-	-
Con Co Ngua	-	CCN81	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	-	-	109,9	-	-	-
Con Co Ngua	-	-	-	CCN82	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	107,5
Con Co Ngua	CCN84	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	-	4	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	112,1	-	-	-
Con Co Ngua	-	-	-	CCN97	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	101,3
Doi Son	DS06	DS06	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	-	9	-	-	0	0	-	-	3	3	112,8	95,23	-	-	-	-
Doi Son	DS08	DS08	DS08	-	NI	NI	NI	-	3	2	3	-	4	5	-	0	1	0	-	1	3	109	92,44	106,6	-	-	-
Dong Mom	DM2B	DM2B	DM2B	-	NI	NI	NI	-	2	2	2	-	4	5	-	0	0	0	-	0	3	107	85,73	89,35	-	-	-
Dong Xa	DX01	DX01	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	-	4	-	-	1	1	-	-	0	3	99,72	89,22	-	-	-	-
Dong Xa	DX02	DX02	DX02	DX02	NI	NI	NI	NI	2	2	2	2	4	5	5	0	0	0	0	0	3	104,6	95,64	108	104,6	-	-
Dong Xa	-	-	-	DXK1A10	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	83,33
Dong Xa	-	-	-	DXK1B3	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	98,91
Dong Xa	-	-	DXK1C2	DXK1C2	-	-	NI	NI	-	-	3	3	-	9	5	-	-	0	0	-	-	-	-	-	-	-	103,7
Dong Xa	DXK1C3	DXK1C3	-	-	I	I	-	-	2	2	-	-	4	-	-	0	0	-	-	4	3	104,7	85,33	-	-	-	-
Dong Xa	-	DXK1C4	DXK1C4	DXK1C4	-	NI	NI	NI	-	1	3	2	-	5	5	-	1	0	0	-	1	-	91,12	113,2	103,1	-	-
Dong Xa	-	-	-	DXK1C5	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	88,5
Dong Xa	DXK2A4	DXK2A4	-	-	NI	NI	-	-	4	4	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	3	98,1	92,9	-	-	-	-
Dong Xa	-	-	DXK2B3	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	101,4
Dong Xa	DXK2C2	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	4	-	-	9	-	-	-	0	-	101,4	-	-	-	-	-
Dong Xa	DXK2C3	DXK2C3	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	3	106,7	95,11	-	-	-	-
Dong Xa	DXK2D3	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	4	-	-	0	-	-	-	0	-	100,1	-	-	-	-	-
Gua Jimbe	-	GJ	-	GJ	-	NI	-	NI	-	4	-	4	-	-	4	-	0	-	0	-	3	-	108,1	-	-	-	109,1
Guar Kepah	GK77	GK77	GK077	GK077	NI	NI	NI	NI	3	3	3	3	4	5	4	9	9	0	9		3		96,26				97,33
Guar Kepah	GK80	-	-	GK080	NI	-	-	NI	3	-	-	3	4	-	4	9	-	-	0	0	-	112,2	-	-	-	-	103,6
Guar Kepah	-	-	GK082A	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guar Kepah	-	-	GK085	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Guar Kepah	-	GK175	GK175	GK175	-	NI	NI	NI	-	2	4	3	-	6	4	-	1	9	0	-	3		118,7				107,5
Guar Kepah	-	-	GK177B	GK177B	-	-	I	I	-	-	2	2	-	6	5	-	-	1	0	-	-	-	-	-	-	-	105,1
Guar Kepah	-	-	GK177C	GK177C	-	-	I	I	-	-	3	2	-	5	5	-	-	9	0	-	-	-	-	-	-	-	112,4
Guar Kepah	-	GK215	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	3	-	116,4	-	-	-	-
Guar Kepah	GK277	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	4	-	-	1	-	-	-	0	-	117,1	-	-	-	-	-
Guar Kepah	GK324	GK324	-	-	I	I	-	-	3	2	-	-	4	-	-	9	1	-	-		3	113,4	107,8	-	-	-	-
Guar Kepah	GK351	GK351	GK351	GK351	I	I	NI	NI	2	2	3	2	4	5	4	1	1	1	0		1		101,9				102,9
Guar Kepah	-	-	GK353	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	6	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gua Nempong	GN	GN	GN	GN	NI	I	NI	NI	2	2	2	2	4	5	5	0	0	0	0	0	3	119,9	105,9	118,9	107,9	-	-
Hoekgrot	HG	HG	-	-	NI	NI	-	-	3	3	-	-	4	-	-	9	9	-	-	0	3	108,2	107,2	-	-	-	-
Ille	-	IL727	-	-	-	NI	-	-	-	5	-	-	-	-	-	9	-	-	-	3	-	75,97	-	-	-	-	-



Lang Cuom	-	LC1	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	-	2	-	113,1	-	-
Lang Cuom	-	LC2	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3	-	114	-	-
Lang Cuom	-	LC3	-	-	-	NI	-	-	-	4	-	-	-	-	-	0	-	-	-	NA	-	108,8	-	-
Leang Tjadang	-	-	TJ4	-	-	-	I	-	-	3	-	-	5	-	-	0	-	-	-	-	-	-	103,6	-
Leang Tjadang	TJ5	-	-	-	I	-	-	-	1	-	-	4	-	-	2	-	-	-	0	-	112,6	-	-	-
Leang Tjadang	-	TJ12	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	108,3	-	-
Leang Tjadang	-	TJ13	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	94,43	-	-
Leang Tjadang	TJ34	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	4	-	-	9	-	-	-	0	-	104,4	-	-	-
Leang Tjadang	TJ93	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	4	-	-	9	-	-	-	0	-	97,96	-	-	-
Leang Tjadang	-	-	TJ95	-	-	-	I	-	-	3	-	-	5	-	-	0	-	-	-	-	-	-	109,3	-
Leang Tjadang	-	TJ120	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	96,83	-	-
Leang Tjadang	-	-	TJ128	TJ128	-	-	I	I	-	-	3	1	-	5	4	-	-	9	0	-	-	-	106,7	82,19
Leang Tjadang	-	-	-	TJ189	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	92,25
Leang Tjadang	-	TJ200	-	-	-	I	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	98,53	-	-
Leang Tjadang	-	-	TJ216	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	6	-	-	-	0	-	-	-	-	113,6	-
Leang Tjadang	TJ243	-	-	-	I	-	-	-	1	-	-	4	-	-	0	-	-	-	0	-	128,5	-	-	-
Leang Tjadang	-	TJ248	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	101,2	-	-
Leang Tjadang	TJ257	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	4	-	-	1	-	-	-	0	-	110,7	-	-	-
Leang Tjadang	-	-	-	TJ282	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	9	-	-	-	105,8	-
Leang Tjadang	-	-	-	TJ304	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	5	-	-	-	9	-	-	-	91,68	-
Leang Tjadang	-	TJ317	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	93,8	-	-
Leang Tjadang	TJ326	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	4	-	-	0	-	-	-	0	-	105,7	-	-	-
Leang Tjadang	-	-	TJ327	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	103,2	-
Leang Tjadang	-	TJ359	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	-	2	-	90,91	-	-
Leang Tjadang	-	-	TJ410	-	-	-	I	-	-	-	1	-	-	5	-	-	-	1	-	-	-	-	107,4	-

Leang Tjadang	TJ420	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	4	-	-	1	-	-	0	-	102,1	-	-	-
Leang Tjadang	-	-	-	TJ429	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	4	-	-	9	-	-	-	-	-	95,86
Leang Tjadang	TJ494	-	-	-	I	-	-	-	1	-	-	-	4	-	-	1	-	-	0	-	101,4	-	-	-
Leang Tjadang	-	-	TJ508	-	-	-	I	-	-	-	1	-	-	6	-	-	1	-	-	-	-	-	114,1	-
Leang Tjadang	-	-	TJ521	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	6	-	-	0	-	-	-	-	-	94	-
Leang Tjadang	TJ540	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	4	-	-	0	-	-	0	-	86,06	-	-	-
Leang Tjadang	-	-	-	TJ543	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	4	-	-	0	-	-	-	-	-	109,7
Leang Tjadang	-	TJ555	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	-	-	3	-	92,46	-	-	-
Leang Tjadang	-	TJ565	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	-	-	3	-	84,88	-	-	-
Leang Tjadang	TJ571	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	-	4	-	-	1	-	-	0	-	106,4	-	-	-
Leang Tjadang	-	TJ572	TJ572	-	-	I	I	-	-	2	2	-	-	5	-	-	9	1	-	3	-	95,69	105,1	-
Leang Tjadang	TJ599	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	4	-	-	1	-	-	0	-	103,3	-	-	-
Leang Tjadang	-	-	-	TJ600	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	4	-	-	0	-	-	-	-	-	93,06
Leang Tjadang	-	-	-	TJ601	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	4	-	-	0	-	-	-	-	-	98,7
Leang Tjadang	-	TJ611	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	-	-	3	-	106,3	-	-	-
Leang Tjadang	-	TJ618	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	3	-	74,16	-	-	-
Leang Tjadang	-	-	-	TJ627	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	4	-	-	0	-	-	-	-	-	111,4
Leang Tjadang	-	TJ636	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-	95,54	-	-	-
Leang Tjadang	-	-	TJ640	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	5	-	-	9	-	-	-	-	-	106,8	-
Leang Tjadang	-	-	-	TJ645	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	4	-	-	9	-	-	-	-	-	89,41
Leang Tjadang	TJ653	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	-	4	-	-	9	-	-	0	-	121,2	-	-	-
Leang Tjadang	TJ680	-	-	-	I	-	-	-	1	-	-	-	4	-	-	0	-	-	1	-	132,4	-	-	-
Leang Tjadang	-	-	TJ695	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	5	-	-	0	-	-	-	-	-	101,6	-
Leang	-	-	TJ728	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	5	-	-	2	-	-	-	-	-	108,8	-



Leang Tjadang	-	-	-	TJA6	-	-	-	I	-	-	-	2	-	-	4	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	107,5
Leta Leta	-	-	-	LEb2A	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	-	112,3
Liang Alo	LA1	LA1	LA1	LA1	NI	NI	NI	NI	2	1	2	2	4	5	4	1	1	0	0	1	0	106,8	90,49	105,5	96,8	
Liang Alo	LA2	LA2	LA2	LA2	I	I	I	I	2	2	2	2	4	5	4	0	0	0	0	0	3	103,6	87,24	105,3	94,99	
Liang Momer	-	-	-	LMA	-	-	-	I	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	96,51	
Liang Momer	LMB	LMB	-	-	NI	I	-	-	3	1	-	-	4	-	-	9	0	-	-	1	3	126,9	122,5	-	-	
Liang Momer	-	LME	LME	-	-	NI	NI	-	-	3	4	-	-	5	-	-	0	0	-	-	3	-	115,3	112	-	
Liang Panas	-	LP	-	-	-	I	-	-	-	4	-	-	-	-	-	9	-	-	-	3	-	126,1	-	-	-	
Liang Toge	-	-	-	LT	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	117,7	
Liang X	-	-	LX	LX	-	-	NI	NI	-	-	4	2	-	5	4	-	-	9	0	-	-	-	-	110,7	101,8	
Lang Gao	LG1	LG1	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	-	4	-	-	0	1	-	-	0	1	119,6	115,8	-	-	
Lang Gao	-	LG2	-	-	-	NI	-	-	-	4	-	-	-	-	-	0	-	-	-	0	-	94,06	-	-	-	
Mai Da Dieu	MDD01	MDD01	MDD01	MDD01	NI	NI	NI	NI	3	3	3	2	4	5	4	9	0	0	0	0	3	113,1	95,44	110	98,23	
Mai Da Dieu	-	MDD05	-	MDD05	-	NI	-	NI	-	3	-	3	-	-	4	-	1	-	0	-	3	-	117,6	-	113,7	
Mai Da Dieu	MDD07	-	MDD07	MDD07	NI	-	I	I	2	-	2	1	4	5	4	1	-	0	0	3	-	117,6	-	116,6	97,16	
Mai Da Dieu	-	-	-	MDD17	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	117,3	
Mai Da Nuoc	-	MDN	-	MDN	-	NI	-	NI	-	3	-	3	-	-	4	-	0	-	0	-	3	-	110,6	-	112,6	
Man Bac	MB05M11	MB05M11	-	MB05M11	NI	NI	-	NI	3	2	-	2	4	-	4	1	0	-	0	0	2	123,9	102	-	107,6	
Man Bac	MB05M13	MB05M13	MB05M13	MB05M13	NI	NI	NI	NI	2	2	2	2	4	5	4	1	1	0	0	0	3	103,2	95,1	102,5	96,45	
Man Bac	MB05M15	MB05M15	MB05M15	MB05M15	NI	NI	NI	NI	2	2	3	2	4	5	4	0	0	1	2	0	3	109,8	73,96	115,7	93,36	
Man Bac	MB05M20	MB05M20	MB05M20	MB05M20	NI	NI	NI	NI	4	3	3	3	4	5	4	0	0	0	0	0	3	102,6	87,76	104,3	85,18	
Man Bac	-	MB05M31	-	MB05M31	-	NI	-	NI	-	3	-	4	-	-	4	-	0	-	0	-	1	-	91,91	-	99,13	
Man Bac	-	-	-	MB05M32	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	112,7	
Man Bac	MB07H1M01	MB07H1M1	MB07H1M1	MB07H1M1	NI	NI	NI	NI	1	1	2	1	4	5	4	0	0	0	0	0	3	101,5	92,88	109	109,4	
Man Bac	-	MB07H1M3	MB07H1M3	MB07H1M3	-	NI	NI	NI	-	2	2	2	-	5	5	-	0	0	0	-	2	-	77,71	91,79	80,26	
Man Bac	MB07H1M09	-	MB07H1M9	MB07H1M9	NI	-	NI	NI	3	-	4	4	4	5	5	9	-	0	0	0	-	103,1	-	110,7	95,46	
Man Bac	-	MB07H1M11	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	-	-	0	-	-	-	3	-	79,63	-	-	-	
Man Bac	MB07H2M02	MB07H2M2	MB07H2M2	MB07H2M2	NI	NI	NI	NI	2	1	2	2	4	6	6	0	0	0	0	3	2	128,1	116,5	128	123,7	
Man Bac	-	MB07H2M5	-	MB07H2M5	-	NI	-	NI	-	4	-	4	-	-	4	-	0	-	0	-	3	-	98,89	-	102,9	
Man Bac	-	-	MB07H2M12	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	96,49	-	
Man Bac	MB07H2M17	-	MB07H2M17	-	NI	-	NI	-	2	-	2	-	4	6	-	1	-	0	-	2	-	101,8	-	105,1	-	
Man Bac	MB07H2M18	MB07H2M18	MB07H2M18	MB07H2M18	NI	NI	NI	NI	2	2	2	2	4	5	4	0	0	0	0	0	3	100,9	84,88	100,5	83,67	
Man Bac	-	MB07H2M19	-	MB07H2M19	-	NI	-	NI	-	3	-	3	-	-	4	-	0	-	0	-	3	-	81,37	-	84,9	

Man Bac	-	-	MB07H2M27	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	101	-
Man Bac	-	-	MB07H2M29	-	-	-	NI	-	-	-	1	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	94,73	-
Man Bac	MB07H2M32	MB07H2M32	MB07H2M32	MB07H2M32	NI	NI	NI	NI	2	2	2	2	4	5	4	0	0	0	0	0	2	113,4	94,93	120,6	102,6
Man Bac	MB99H2M02	MB99H2M2	MB99H2M2	MB99H2M2	NI	NI	NI	NI	3	2	2	2	4	5	4	0	0	0	0	0	1	86,41	70,02	88,63	75,62
Minh Duc	MD01	MD01	-	MD01	NI	NI	-	NI	4	1	-	1	4	-	5	1	0	-	0	1	3	120	98,57	-	98,57
Nui Nap	-	NN02E	-	NN02E	-	NI	-	NI	-	3	-	2	-	-	4	-	0	-	0	-	3	-	80,4	-	89,19
Nui Nap	NN04	NN04	-	-	NI	NI	-	-	3	3	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	2	113,3	105,9	-	-
Nui Nap	NN05	NN05	-	-	NI	NI	-	-	4	3	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	2	85,84	79,17	-	-
Nui Nap	NN07	NN07	-	-	NI	NI	-	-	3	3	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	3	105,3	105,6	-	-
Nui Nap	-	-	NN07KA	NN07KA	-	-	NI	NI	-	-	4	3	-	5	4	-	-	0	0	-	-	-	-	107,1	103,5
Nui Nap	NN10KA	NN10KA	-	-	NI	NI	-	-	4	3	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	2	107,5	92,84	-	-
Nui Nap	NN10KB	NN10KB	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	3	100,8	93,51	-	-
Nui Nap	NN15	NN15	-	-	NI	NI	-	-	4	3	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	3	93,77	93,58	-	-
Nui Nap	NN18	-	-	-	NI	-	-	-	4	-	-	-	4	-	-	0	-	-	-	0	-	93,82	-	-	-
Nui Nap	-	-	NN18KB	NN18KB	-	-	NI	NI	-	-	1	1	-	5	6	-	-	0	0	-	-	-	-	93,06	85,02
Nui Nap	NN23	NN23	NN23	NN23	NI	NI	NI	NI	3	2	3	2	4	9	5	0	0	0	0	0	3	86,66	94,39	93,54	111,1
Pho Binh Gia	PB1	PB1	-	PB1	NI	NI	-	NI	3	2	-	2	4	-	4	0	0	-	0	0	3	104,5	102	-	98,53
Pho Binh Gia	-	PB2	-	PB2	-	NI	-	NI	-	3	-	3	-	-	4	-	0	-	0	-	0	-	94,9	-	91,87
Pho Binh Gia	PB3	PB3	PB3	PB3	NI	NI	NI	NI	3	2	4	2	4	5	4	9	0	9	0	0	2	116,7	108,3	114,1	114,9
Pho Binh Gia	PB4	PB4	-	PB4	NI	NI	-	NI	3	3	-	3	4	-	4	9	0	-	0	0	3	119,6	113,3	-	106,3
Pho Binh Gia	PB5	PB5	-	PB5	NI	I	-	I	4	3	-	2	4	-	4	9	0	-	0	0	2	101,4	91,56	-	95,96
Pho Binh Gia	-	PB6	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	-	-	-	0	-	-	-	2	-	88,78	-	-	-
Quy Chu	QC01	QC01	QC01	QC01	NI	NI	NI	NI	2	1	2	1	4	5	6	0	0	0	0	2	2	104,5	87,09	105,6	92,7
Quy Chu	-	-	-	QC9B	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	9	-	-	-	-	-	86,87
Quy Chu	QC19	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	-	4	-	-	0	-	-	-	0	-	111,6	-	-	-
Quy Chu	QC24	QC24	QC24	QC24	NI	NI	NI	NI	3	2	3	2	4	5	9	0	0	9	9	0	2	101,9	92,42	104,9	94,61
Quy Chu	-	-	QC25	-	-	-	NI	-	-	-	2	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	96,22	-	-
Quy Chu	QC30	QC30	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	3	108,1	98,67	-	-
Sampung	-	-	-	GSH	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	4	-	-	-	0	-	-	-	-	-	122,3
San Lorenzo (Siriban)	SL3B1	-	SL03B1	-	NI	-	NI	-	2	-	3	-	4	5	-	0	-	0	-	0	-	100,4	-	106,2	-
Tam Hang	TH1	-	-	-	NI	-	-	-	1	-	-	-	4	-	-	2	-	-	-	0	-	124,9	-	-	-
Tam Hang	TH2	TH2	-	TH02	NI	NI	-	NI	3	2	-	2	4	-	5	9	0	-	0	0	3	105,4	91,82	-	92,69
Tam Hang	TH3	-	TH3	TH03	NI	-	NI	NI	4	-	3	3	4	5	4	0	-	0	0	0	-	87,59	-	92,52	76,8
Tam Hang	TH4	-	TH4	TH04	NI	-	NI	NI	4	-	3	3	4	5	5	0	-	0	0	0	-	111,4	-	106,4	90,95

Tam Hang	TH5	TH5	-	-	NI	I	-	-	4	4	-	-	4	-	-	9	0	-	-	0	3	118	100,6	-	-
Tam Hang	TH6	TH6	-	TH06	NI	NI	-	NI	4	3	-	3	4	-	5	9	0	-	0	0	2	115,8	106	-	120,7
Tam Hang	-	TH7	TH7	TH07	-	NI	NI	NI	-	3	2	3	-	5	5	-	0	0	0	-	3	-	99,41	123,4	111,7
Tam Hang	-	-	TH9	TH09	-	-	NI	NI	-	-	3	3	-	5	5	-	-	0	0	-	-	-	-	117,6	97,6
Vinh Quang	VQ00	VQ00	-	-	NI	NI	-	-	2	2	-	-	4	-	-	0	0	-	-	0	3	81,06	80,72	-	-
Vinh Quang	-	-	-	VQ05	-	-	-	NI	-	-	-	3	-	-	5	-	-	-	0	-	-	-	-	-	89,71
Vinh Quang	VQM01	VQM01	VQM01	-	NI	NI	NI	-	4	3	2	-	4	6	-	0	0	0	-	0	2	111,3	109,4	107,7	-
Vinh Quang	VQ1M02	VQ1M02	VQ1M02	VQ1M02	NI	NI	NI	NI	3	3	3	2	5	5	4	0	0	0	0	0	3	95,82	91,63	97,78	95,82
Vinh Quang	VQ2M10	VQ2M10	-	-	NI	NI	-	-	3	2	-	-	4	-	-	1	0	-	-	1	3	91,79	91,3	-	-
Wajak	WK1	WK1	-	WK1	NI	NI	-	NI	3	2	-	2	4	-	4	0	9	-	0	0	0	128,5	121,4	-	123,2
Wajak	WK2	WK2	WK2	WK2	NI	NI	NI	NI	3	2	4	2	5	5	4	9	1	9	0	0	3	135	119,8	131,2	114,7

**Abréviations :**

- St. Statut (non isolée : NI ; ou isolée : I)
- u. Stade d'usure (d'après les tables de Smith, 1984)
- nc. Nombre de cuspides
- t. Nombre de tubercules supplémentaires
- 9 Non identifiable
- Ca. Codage du développement de la cuspide de Carabelli sur les M<sup>1</sup>
- Hy. Codage du développement de l'hypocone des M<sup>2</sup>

---