

# L'ÉPAULE NÉANDERTALIENNE : IDENTIQUE OU DIFFÉRENTE DE CELLE DE L'HOMME MODERNE ?

Jean-Luc VOISIN

**Résumé** : Le but de ce travail est de comparer l'épaule néandertalienne avec celle de l'homme moderne. La morphologie claviculaire des néandertaliens montre que leur scapula était plus haute par rapport au thorax que chez l'homme moderne. Il apparaît aussi que la scapula néandertalienne n'est pas identique à celle de l'homme moderne mais les différences, connues depuis longtemps, ne sont pas aussi discriminantes que ce qui est classiquement admis. En revanche, la morphologie de l'extrémité proximale de l'humérus permet de distinguer les deux groupes humains. Ainsi, chaque os de l'épaule montre des différences qui traduisent une architecture générale du complexe de l'épaule ainsi que des capacités fonctionnelles distinctes entre ces deux groupes humains.

**Abstract** : The aim of this work is to compare the Neandertal and modern human shoulder. Clavicle morphology shows that the Neandertal scapula, was in a higher position in regard to the thorax than in modern man. The Neandertal scapula is unlike that of modern man, but differences are not as significant as usually described. On the contrary, morphology of the proximal extremity of the humerus allows us to discriminate between the two human groups. Each shoulder bone shows peculiar characteristics between modern man and Neandertal and reflects a different global architecture and functional capacities between these two human groups.

## INTRODUCTION

L'épaule est un complexe anatomique particulier car elle est constituée de cinq articulations (Kapandji, 1994) qui agissent en synergie lors des mouvements du bras. En outre l'épaule est plus une structure musculaire qu'osseuse car elle est composée, chez les primates, d'une vingtaine de muscles (le nombre exact variant selon les espèces) et de trois os qui se dissocient en deux ensembles : la ceinture scapulaire (clavicule et scapula) d'une part et la partie proximale de l'humérus d'autre part. L'épaule est donc un complexe important car il réalise la liaison entre le membre supérieur et le squelette axial et de sa constitution dépendent les capacités du membre supérieur à la manipulation, au transport d'objets et au jet.

Bien que l'épaule ne soit constituée que de trois os on constate une disparité importante quant au nombre d'études ayant porté sur chacun d'eux. La grande majorité des travaux concerne la scapula et dans une moindre mesure l'humérus. La clavicule est le parent pauvre de la paléanthropologie malgré son importance pour les mouvements du bras. Par ailleurs, peu d'études ont porté sur l'épaule osseuse dans son ensemble (Corruccini et Ciochon, 1976) où à la relation entre deux de ses composantes (Corruccini et Ciochon, 1976 ; Rose, 1989 ; Senut, 1981). En dehors de quelques espèces comme *Homo sapiens sapiens*, l'épaule est très mal connue chez les primates, aussi bien du point de vue de l'anatomie comparée que de la biomécanique (Voisin, 2000b).

Le but de ce travail est de comparer l'épaule néandertalienne avec celle de l'homme moderne et d'essayer d'en dégager les différences architecturales et / ou fonctionnelles.

## MATÉRIEL ET MÉTHODE

### Matériel

Le matériel étudié est composé de clavicules d'hommes modernes, provenant de différentes régions du monde, de gorilles, de chimpanzés communs, de bonobos, d'orang-outans, de gibbons, d'atèles (Tableau I) et de néandertaliens (Tableau II). Ce matériel provient des collections du Laboratoire d'Anthropologie Biologique du Musée de l'Homme, des Laboratoires d'Anatomie Comparée et des Mammifères et Oiseaux du Muséum National d'Histoire Naturelle, du Musée Royal d'Afrique Centrale de Tervuren (Belgique) et du *Mammals Group* du *Natural History Museum* de Londres (Royaume-Uni). De par leur mode locomoteur dominant, la présence de gibbons et d'atèles pour l'étude de l'humérus aide à l'interprétation des résultats obtenus.

Sous l'appellation *Hylobates sp.*, nous regroupons des clavicules appartenant aux sous-genres *Nomascus* et *Hylobates s. str.* En effet, ces deux sous-genres sont suffisamment proches pour que l'hybridation soit possible entre eux (Groves, 1993b).

### Méthode

L'épaule étant constituée de trois os présentant une grande laxité entre eux, l'étude portera sur chacun d'eux séparément puis une conclusion générale sera proposée. La description et la répartition des données ont été réalisées avec le logiciel SAS 8.02® pour WINDOWS®. L'amplitude de variation de chaque variable est donnée par un diagramme représentant la moyenne plus ou moins deux fois l'écart-type (+/- 2d), et les test-t sont effectués avec un risque de 1%.

Tableau I : Effectifs des pièces actuelles étudiées. Les pièces proviennent dans la mesure du possible d'individus sauvages.

		Espèces (abréviations)	Clavicules	Scapulas	Humérus
Homoïde (Groves, 1993a)	Grands singes (Groves, 1993a)	<i>Homo sapiens sapiens</i> (Hm)	33	29	25
		<i>Pan troglodytes</i> (Pt)	26	26	33
		<i>Pan paniscus</i> (Pp)	19	19	18
		<i>Gorilla gorilla</i> (Gor)	33	38	37
		<i>Pongo pygmaeus</i> (Oo)	24	23	20
		<i>Hylobates sp.</i> (Gb)			17
	<i>Ateles sp.</i> (At)			12	

Tableau II : Pièces fossiles étudiées

Individu	Clavicule	Scapula	Humérus
La Ferrassie I*	droite et gauche	droite et gauche	
Kebara	droite et gauche	droite et gauche	droit
Krapina 4	gauche		
Krapina 127		droite	
Lezetxiki			droit
Neanderthal	droite	droite	droit
Régourdou	droite et gauche		droit
Vindija		gauche	
Spy*		droite et gauche	
Shanidar 4		droite	
Tabun I*		gauche	droit et gauche

\*pièces originales

### La clavicule

Seules les courbures claviculaires seront étudiées ici. Ces dernières se décomposent en courbures élémentaires lorsqu'elles sont projetées, à l'aide d'un pantographe, sur deux plans perpendiculaires correspondant l'un à la vue supérieure et l'autre à la vue postérieure (Figure 1). L'arc de courbure moyen est estimé par le rapport entre la longueur de la corde et sa hauteur maximale (Olivier, 1951c) :

#### Vue supérieure

- Courbure externe :  $e / h \times 100$
- Courbure interne :  $f / g \times 100$

#### Vue postérieure

- Courbure inférieure :  $e' / h' \times 100$
- Courbure supérieure :  $f' / g' \times 100$

### La scapula

L'état très fragmentaire des scapulas néandertaliennes limite les mesures possibles. Ainsi les variables utilisées seront les suivantes (Figure 2) :

- Indice glénoïdien :  $[Lg \text{ max}] / [EF] \times 100$  avec [EF] longueur maximum de la cavité glénoïdale et [Lg max] largeur maximale de la cavité glénoïdale prise perpendiculairement à [EF] (Vallois, 1932).

- Angle axillo-glénoïdien : angle entre [EF] et le grand axe du pilier de la scapula (Stern and Susman, 1983). Nous n'avons pas utilisé la mesure classique de cet angle qui nécessite une scapula présentant à la fois la cavité glénoïdale et le bord latéral jusqu'à l'angle inférieur.

- Présence ou absence d'une gouttière dorsale sur le bord latéral.

### L'humérus

Les caractères mesurés sur l'humérus (Figure 3), donnés dans le tableau III, définissent les variables suivantes :

#### La tête humérale

$$\text{INDTET1} = a / b \times 100 \text{ (Rose, 1989)}$$

$$\text{INDTET2} = a / c \times 100 \text{ (Rose, 1989)}$$

$$\text{INDTET3} = c / b \times 100 \text{ (Rose, 1989)}$$

$$\text{INDO} = o / a \times 100$$

#### Les tubercules

$$\text{INDGRTB} = (e + f + g) / (a + b + c) \times 100 \text{ (Rose, 1989)}$$

$$\text{INDPTTB} = (h + i + j) / (a + b + c) \times 100 \text{ (Rose, 1989)}$$

$$\text{INDHGRTB} = d' / c \times 100 \text{ (Rose, 1989)}$$

$$\text{INDHPTTB} = d / c \times 100 \text{ (Rose, 1989)}$$

$$\text{INDLRGTB} = k / b \times 100$$

$$\text{INDGOUTM} = m / k \times 100$$

$$\text{ANGLE} = \text{ArcCos} (j / h)$$

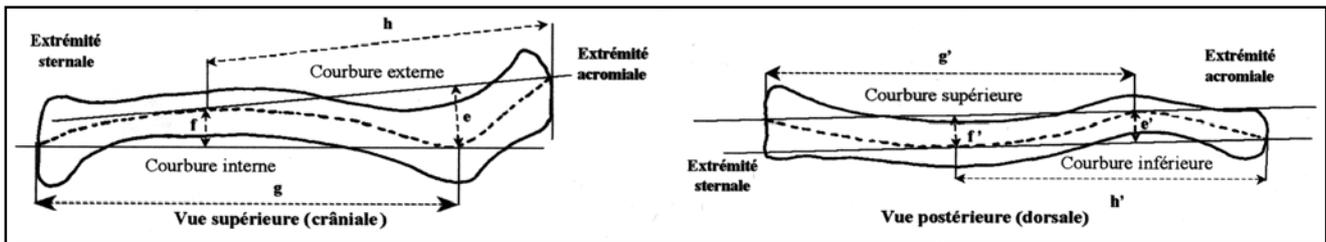


Figure 1 : Détermination des arcs de courbures (Olivier 1951c). Clavicule droite de *Pan troglodytes*

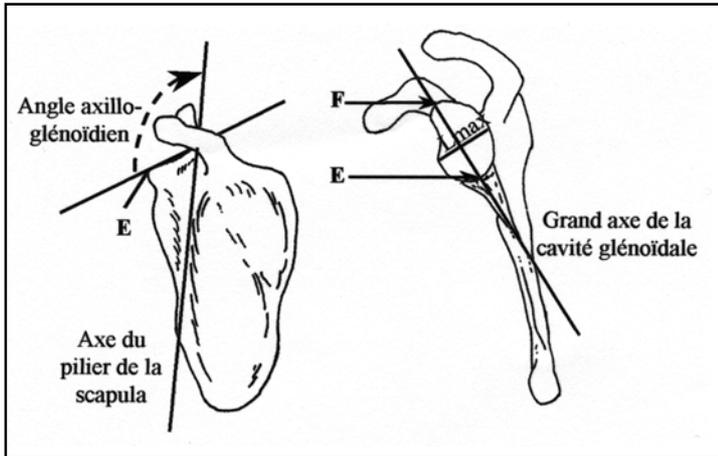


Figure 2 : Points, longueurs et angles mesurés sur la scapula

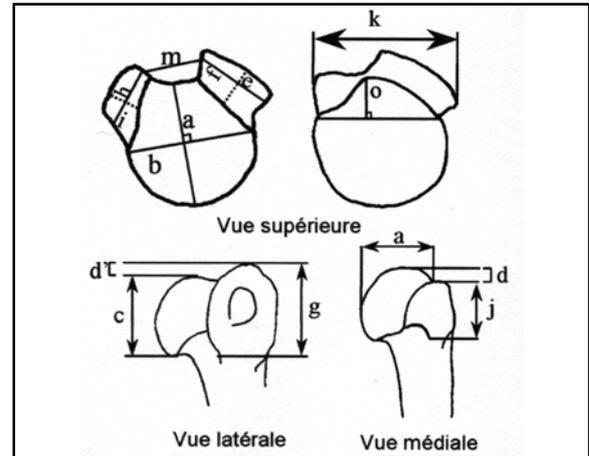


Figure 3 : Caractères mesurés sur l'humérus

Tableau III : Caractères mesurés sur l'humérus

Caractères	Définitions
<b>Tête humérale</b>	
Longueur a	axe d'allongement maximum passant par le sillon intertuberculaire (diamètre antéro-postérieur)
Longueur b	axe d'allongement maximum perpendiculaire à l'axe précédent (diamètre médo-latéral)
Longueur c	diamètre proximo-distal maximum
Longueur o	du sillon intertuberculaire à une ligne imaginaire joignant les extensions maximales des tubercules et perpendiculaire à cette ligne imaginaire (Corruccini and Ciochon, 1976)
<b>Tubercule majeur</b>	
Longueur e	longueur maximale du tubercule
Longueur f	largeur maximale, perpendiculaire à e
Longueur g	hauteur maximale du tubercule
Longueur d'	hauteur entre le point le plus élevé du tubercule et la tête humérale. Cette mesure est négative si le tubercule est en-dessous de la tête humérale et positive dans le cas contraire (Rose, 1989)
<b>Tubercule mineur</b>	
Longueur h	longueur maximale du tubercule
Longueur i	largeur maximale, perpendiculaire à h
Longueur j	hauteur maximale du tubercule
Longueur d	hauteur entre le point le plus élevé du tubercule et la tête humérale. Cette mesure est négative si le tubercule est en-dessous de la tête humérale et positive dans le cas contraire (Rose, 1989)
<b>Inter-tubercule</b>	
Longueur k	distance maximale entre les tubercules majeur et mineur
Longueur m	largeur minimale du sillon intertuberculaire

Les variables déterminées sur l'humérus ne seront pas étudiées une à une comme c'est le cas pour la clavicule, mais analysées ensemble sous forme d'Analyse en Composantes Principales (ACP) afin de dégager des similitudes entre individus. Les humérus néandertaliens sont connus depuis

longtemps pour présenter des différences avec ceux des hommes modernes (Hambücker, 1993 ; Vandermeersch, 1981), mais l'importance diagnostique et fonctionnelle de ces dernières sont toujours discutées. L'analyse multivariée enrichira la discussion.

Tableau IV : Test-t comparant les courbures externe et interne entre les néandertaliennes et les hommes modernes

Courbure externe					Courbure interne				
Groupe	N	Mean	Std Dev	Std Err	Groupe	N	Mean	Std Dev	Std Err
Homme moderne	33	16,1	2,6	0,5	Homme moderne	33	12,6	2,5	0,4
Neandertal	8	14,2	2,8	1,0	Neandertal	8	11,4	1,6	0,6
Variance Equal ; DF = 39 ; t = 1,85 ; Prob = 0,07 Variance Unequal ; DF = 10,2 ; t = 1,77 ; Prob = 0,11					Variance Equal ; DF = 39 t = 1,28 Prob = 0,2 Variance Unequal ; DF = 15,9 ; t = 1,65 ; Prob = 0,1				

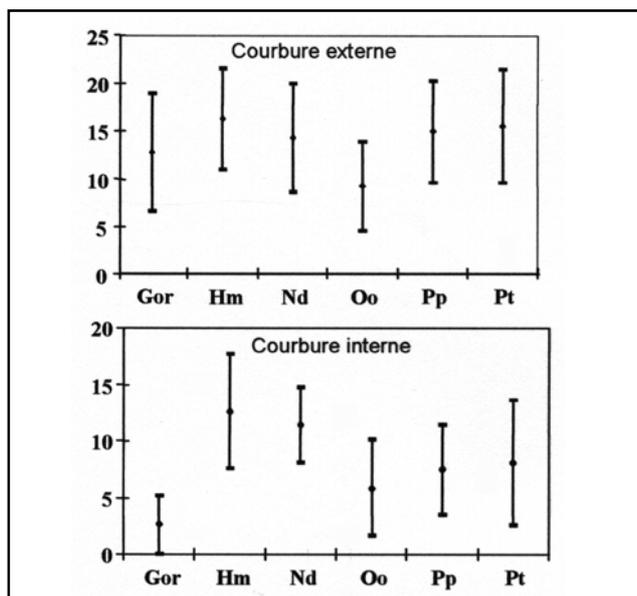
## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### La clavicule

La clavicule est un os qui a été très peu étudié bien qu'il soit indispensable pour réaliser les mouvements du bras en dehors du plan parasagittal. Autrement dit, la présence de cet os chez différentes espèces de mammifères a permis de développer de nombreuses adaptations, et plus particulièrement chez les primates l'arboricolisme et la manipulation. Les quelques études réalisées sur cet os ont tout d'abord été d'ordre anthropologique et permettent d'appréhender, pour un certain nombre de caractères, la variabilité humaine (Olivier, 1951a ; Olivier, 1951b ; Olivier, 1954 ; Olivier, 1955 ; Parson, 1917 ; Terry, 1932). Au contraire il existe très peu d'études en ce qui concerne aussi bien l'anatomie comparée que les fonctions précises de cet os au sein des primates (Harrington *et al.*, 1993 ; Jenkins, 1974 ; Schultz, 1930 ; Voisin, 2000a ; Voisin, 2001 ; Voisin, *in prep.*). Dans le travail présenté ici, les particularités claviculaires qui caractérisent chaque espèce (Schultz, 1930 ; Voisin, 2001 ; Voisin, *in prep.*) ne seront pas abordées. Seules celles permettant d'interpréter les différences constatées entre les deux groupes humains seront citées.

### Les courbures en vue supérieure

Les courbures des clavicules néandertaliennes ne sont pas plus marquées que celles de l'homme moderne (Tableau IV ;

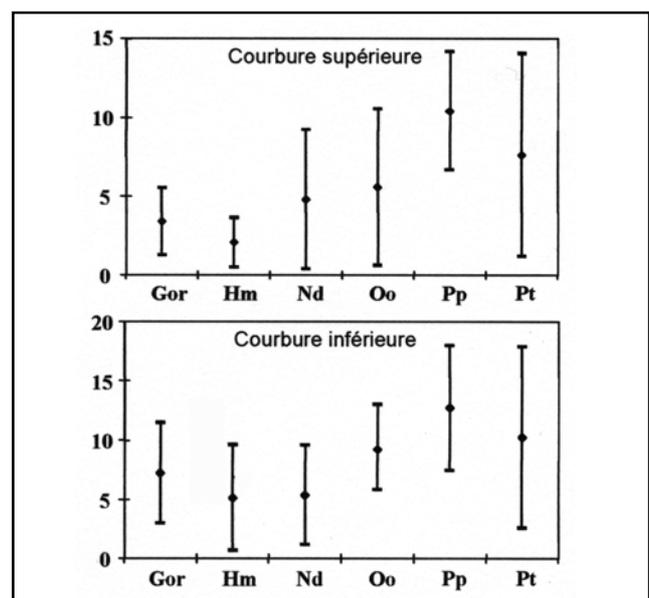


Graphique 1 : Moyennes et amplitudes de variations des courbures interne et externe

Graphique 1) contrairement à ce qui est fréquemment avancé (Boule, 1911-13 ; Heim, 1982b). L'impression de forte sinuosité clavulaire chez les premiers est due à l'extrême longueur des clavicules néandertaliennes ainsi qu'à leur gracilité. Ce résultat est important car la morphologie clavulaire en vue supérieure traduit essentiellement les capacités d'élévation du bras (Voisin, 2000a ; Voisin, 2001 ; Voisin, *in prep.*). En d'autres termes, néandertaliens et hommes modernes présentent des capacités identiques d'élévations du bras.

### Les courbures en vue postérieure

En vue postérieure, les clavicules peuvent se diviser en types I et II<sup>1</sup> (Matiegka, 1938 ; Olivier, 1951c). Le type I est majoritaire chez l'homme moderne et correspond à des clavicules présentant uniquement la courbure inférieure (Graphique 2a & b, Figure 4). Le type II est présent chez tous les grands singes et quelques clavicules humaines modernes (Graphique 2b). Lorsque cette dernière morphologie existe chez l'homme moderne, les courbures sont toujours faiblement marquées (Graphique 2a).



Graphique 2a : Moyennes et amplitudes de variations des courbures supérieure et inférieure. La variation de la courbure supérieure, chez l'homme, ne tient compte que des clavicules présentant cette courbure

<sup>1</sup> Matiegka a aussi défini un type III, mais il n'existe que chez l'homme moderne et caractérise qu'un faible pourcentage de clavicule.

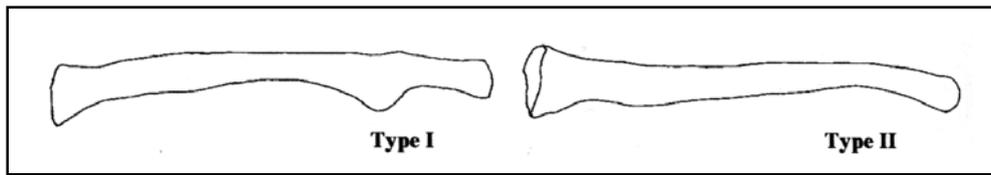
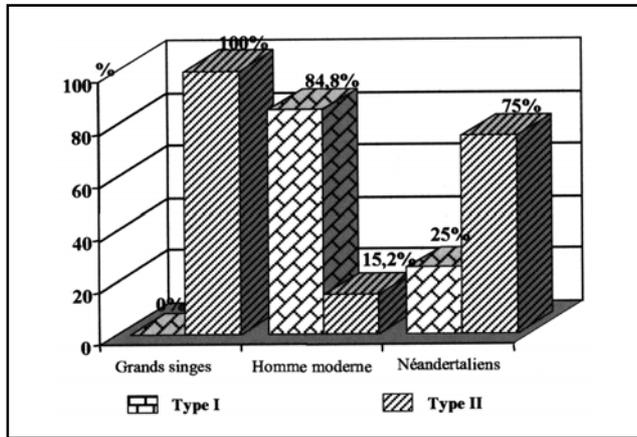


Figure 4 : morphologie claviculaire de type I et II chez *Homo sapiens sapiens*



Graphique 2b : Proportion de clavicule de type I et II chez l'homme, les grands singes et les néandertaliens

Toutes les clavicules néandertaliennes étudiées ici, sauf Kebara, sont de type II et présentent, en vue supérieure, une double courbure (Graphique 2a & 2b) plus prononcée que celle de l'homme moderne. Cependant ces courbures ne sont pas pour autant identiques à celles des grands singes. En effet, la courbure inférieure est identique à celle de l'homme moderne alors que la supérieure se rapproche de celle de l'orang-outan (Graphique 2a, Tableau V & VI).

Les grands singes sont caractérisés par une scapula située en position plus haute par rapport au thorax que celle de l'homme moderne (Martin and O'Brien, 1939 ; Sakka, 1985 ; Schultz, 1950). La présence d'une courbure supérieure permet d'associer une scapula haute par rapport au thorax tout en

conservant une extrémité sternale parallèle au sternum. Cette disposition évite ainsi un allongement du ligament costo-claviculaire (Figure 5) qui contrôle les mouvements horizontaux et verticaux de l'extrémité sternale de la clavicule. Son élongation entraînerait une plus grande laxité de cette extrémité et augmenterait ainsi le risque de luxation de l'articulation sterno-claviculaire qui devrait alors être compensée par un contrôle musculaire plus important.

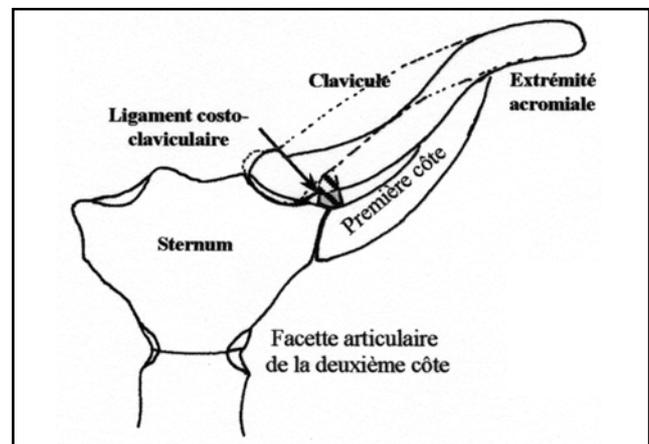


Figure 5 : Clavicules associées à une scapula haute par rapport au thorax. En pointillés clavicule humaine (courbure inférieure unique). En traits pleins clavicule de grand singe (deux courbures). Noter la différence de hauteur par rapport au manubrium entre ces deux morphologies claviculaires (d'après Voisin, 2000c).

Tableau V : test-t entre les courbures inférieures chez l'homme moderne et les néandertaliens

Groupe	N	Mean	Std Dev	Std Err
Homme	33	5,0	2,4	0,4
Neandertal	8	5,4	2,1	0,7
Variances Equal ; DF = 39 ; t = -0,43 ; Prob = 0,7				
Variances Unequal ; DF = 11,8 ; t = -0,46 ; Prob = 0,7				

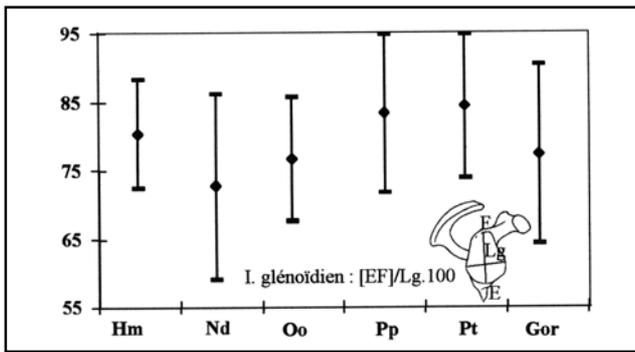
Tableau VI : test-t entre les courbures supérieures chez les orangs-outans et les néandertaliens

Groupe	N	Mean	Std Dev	Std Err
Orang-outan	24	5,6	2,5	0,5
Neandertal	8	3,6	2,9	1,0
Variances Equal ; DF = 30 ; t = 1,9 ; Prob = 0,07				
Variances Unequal ; DF = 10,7 ; t = 1,7 ; Prob = 0,11				

La morphologie des clavicules néandertaliennes en vue postérieure traduit donc une scapula en position plus haute par rapport au thorax que chez l'homme moderne. Cette hypothèse permet aussi de fournir une explication plus élégante à l'extrême longueur des clavicules néandertaliennes. En effet, à diamètre thoracique identique, plus la scapula est haute plus la clavicule s'allonge. Ainsi l'extrême longueur des clavicules néandertaliennes est plus liée à une scapula située haute par rapport au thorax qu'à un diamètre thoracique important comme le considère de nombreux auteurs (Heim, 1982b ; Patte, 1955 ; Vandermeersch and Trinkaus, 1995), ou à des insertions musculaires très étendues (Nara, 1994).

### La scapula

L'indice glénoïdien, qui traduit la morphologie de la cavité glénoïdale, présente des valeurs plus faibles chez les néandertaliens que chez l'homme moderne (Graphique 3 ; Tableau VII). En d'autres termes, cette surface articulaire



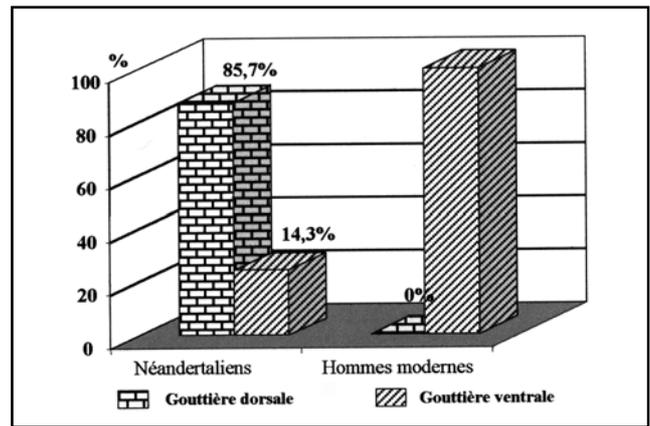
Graphique 3 : Valeurs moyennes et amplitudes de variations de l'indice glénoïdien

Tableau VII : Test-t entre néandertaliens et hommes modernes pour l'indice glénoïdien

Groupe	N	Mean	Std Dev	Std Err
Homme moderne	22	80,5	3,8	0,8
Neandertal	10	76,9	5,2	1,6
Variances Equal ; DF = 30 ; t = 2,2 ; Prob = 0,04				
Variances Unequal ; DF = 13,7 ; t = 1,9 ; Prob = 0,07				

est plus étroite chez les premiers que chez les seconds. La forte amplitude de variation observée chez les néandertaliens est due à la présence de pièces incomplètes telles que Shanidar 4 dont la partie inférieure de la cavité glénoïdale est fortement altérée. L'étroitesse de la cavité glénoïdale néandertalienne est confirmée par de nombreux travaux (Boule, 1911-13 ; Churchill and Trinkaus, 1990 ; Heim, 1974 ; 1982b ; Patte, 1955 ; Stewart, 1962 ; Vallois, 1946), mais ce caractère n'a encore trouvé aucune interprétation satisfaisante. La plus intéressante reste celle de Churchill et Trinkaus (1990) qui considèrent que l'étroitesse de la cavité glénoïdale est associée à de fortes contraintes de compression orientées dorso-ventralement. Cette morphologie particulière de la cavité glénoïdale néandertalienne sera à mettre en relation avec la tête humérale comme nous allons le voir.

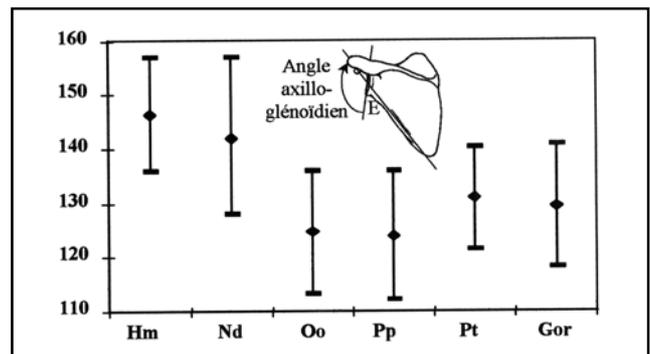
Toutes les scapulas néandertaliennes ayant conservé un bord latéral étudiées dans ce travail, sauf Krapina 127, présentent une gouttière dorsale, alors qu'elle est absente chez tous les hommes modernes de l'échantillon (Graphique 4). Ce résultat est confirmé par des travaux ultérieurs (Boule, 1911-13 ; Fraipont, 1927 ; Heim, 1982b ; Trinkaus, 1977 ; Vandermeersch, 1981) qui montrent la très grande fréquence de ce caractère au sein de la population néandertalienne. Cependant, la proportion de scapula à gouttière dorsale peut atteindre presque 20% chez certaines populations humaines actuelles (Heim, 1982b). La proposition de corrélérer ce caractère à une puissante musculature est ancienne (Boule, 1911-13 ; Fraipont, 1927) et semble la plus exacte car il n'apparaît chez les jeunes néandertaliens que vers l'âge de 3 à 4 ans (Heim, 1982a ; Madre-Dupouy, 1991 ; Stewart, 1962). La présence de la gouttière dorsale serait due à un développement important du muscle petit rond, qui aurait permis aux néandertaliens de réaliser des mouvements de supination plus amples que ceux de l'homme moderne (Heim, 1982b). Par ailleurs, le petit rond, en association avec



Graphique 4 : Proportion de scapulas présentant une gouttière latérale dorsale chez les hommes modernes et les néandertaliens

l'infra épineux sont les seuls muscles à réaliser la rotation latérale et ainsi sont les seuls à résister à l'action des rotateurs médiaux de l'humérus qui sont très puissants. Il faut cependant noter que rien de tel n'a été avancé pour expliquer l'existence de ce caractère chez certains hommes modernes.

L'orientation de la cavité glénoïdale des scapulas néandertaliennes est classiquement décrite comme étant moins crâniale que celle de l'homme moderne (Heim, 1982b ; Patte, 1955 ; Stewart, 1962 ; Vallois, 1946). Les valeurs angulaires obtenues dans ce travail montrent qu'il n'y a pas de différence significative entre ces deux groupes humains pour ce caractère (Graphique 5, Tableau VIII). Cette divergence de vue est due à l'utilisation d'une mesure plus précise de cette orientation (voir méthode).



Graphique 5 : Valeurs moyennes et amplitudes de variations de l'angle axillo-glénoïdien

Tableau VIII : Test-t comparant l'orientation de la cavité glénoïdale entre néandertalien et homme moderne

Groupe	N	Mean	Std Dev	Std Err
Homme	29	146,4	5,3	1,0
Neandertal	9	141,1	7,4	2,5
Variances Equal ; DF = 36 ; t = 2,4 ; Prob = 0,02				
Variances Unequal ; DF = 10,7 ; t = 2,0 ; Prob = 0,07				

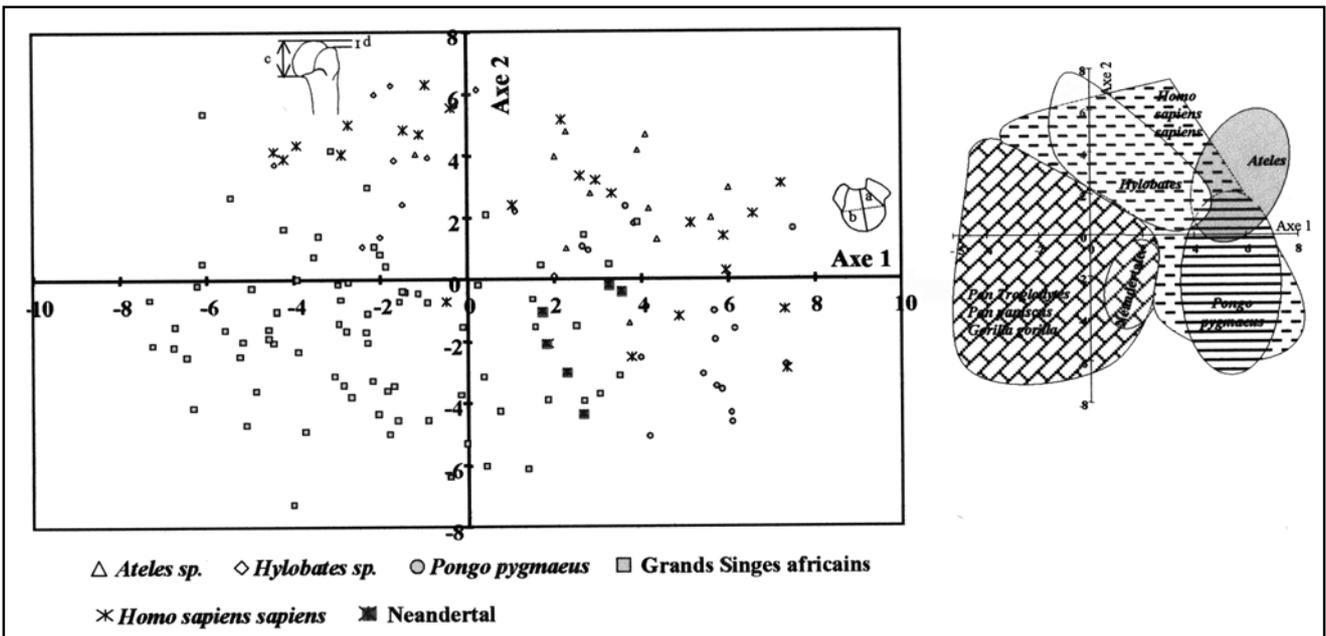
Cette étude retrouve les différences majeures connues depuis longtemps entre les scapulas néandertaliennes et celles de l'homme moderne, mais le faible nombre de variables utilisables sur les scapulas néandertaliennes interdit toutes ACP.

### L'humérus

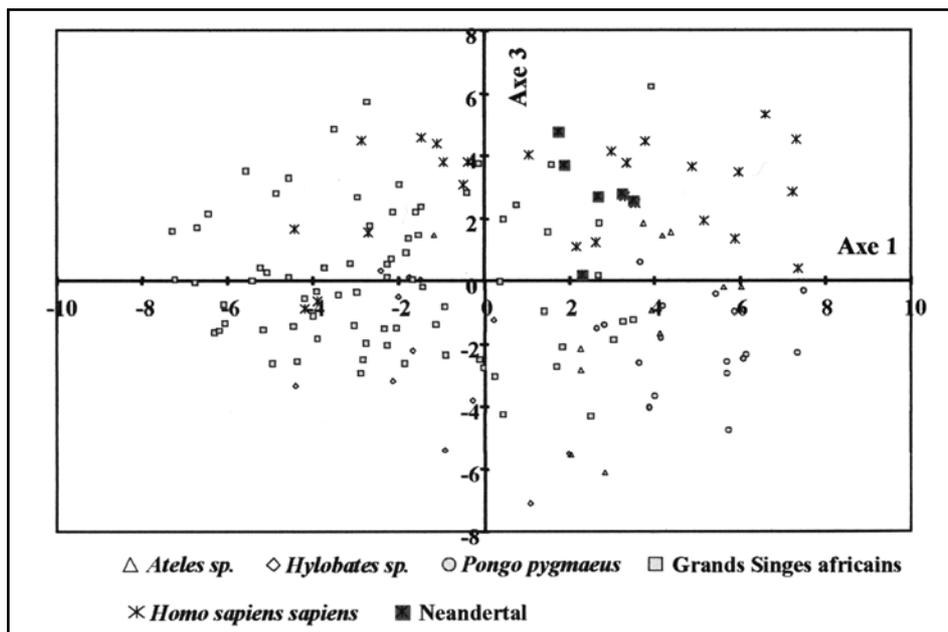
Les cinq groupes de primates (les grands singes africains, les gibbons, les atèles, les orangs-outans et l'homme moderne) ne présentent pas une distribution homogène (Graphique 6a & 6b) en ce qui concerne les variables humérales. Ainsi l'extrémité proximale de l'humérus n'est pas identique au sein des hominoïdes comme cela est

classiquement admis. Cette ACP montre aussi la très grande variabilité de l'extrémité proximale de l'humérus de l'homme moderne (Graphique 6a & 6b). Par ailleurs, le nuage de point définissant les néandertaliens est indépendant des autres. En d'autres termes, l'extrémité proximale de l'humérus des néandertaliens est différente de celle de l'homme moderne.

Les vecteurs propres (Tableau IX) montrent que les groupes se différencient essentiellement par la morphologie de la tête humérale (axe 1) et la hauteur du tubercule mineur par rapport à la tête humérale (axe 2). Ces différences sont peu prononcées puisque les trois premiers axes de l'ACP ne représentent un peu moins de 60% de la variance totale (Tableau X).



Graphique 6a : ACP, projection sur les plans formés par les axes 1 et 2 (à gauche schéma de la distributions des différents ensembles taxinomiques)



Graphique 6b : ACP, projection sur les plans formés par les axes 1 et 3

Tableau IX : Les vecteurs propres des trois premiers axes de l'ACP

Variable	PCV1	PCV2	PCV3
INDGRTB	-0,2384	-0,3428	0,3816
INDPTTB	-0,1759	-0,2162	-0,2839
INDO	0,3574	-0,0937	-0,0805
INDHGRTB	-0,4882	0,0575	0,1329
INDHPTTB	-0,2128	0,5061	-0,0352
INDLRGTB	0,0777	0,1946	0,4695
INDTET1	0,5008	0,0543	-0,1007
INDTET2	0,4127	-0,3528	0,1591
INDTET3	0,1142	0,4950	-0,3327
INDGOUTM	0,2197	0,3197	0,2261
ANGLE	0,1110	0,2343	0,5751

Tableau X : Valeurs propres de l'ACP

Composantes	Valeurs propres	Proportion	Cumulative
PCV1	14,5527	0,2653	0,2653
PCV2	10,4036	0,1897	0,4550
PCV3	6,9252	0,1263	0,5813
PCV4	6,4068	0,1168	0,6981
PCV5	4,0154	0,0732	0,7713
PCV6	3,4434	0,0628	0,8341
PCV7	3,1745	0,0579	0,8920
PCV8	2,5342	0,0462	0,9382
PCV9	1,8341	0,0334	0,9717
PCV10	1,3069	0,0238	0,9955
PCV11	0,2472	0,0045	1,0000

### La tête humérale

L'axe 1 est décrit essentiellement par l'indice représentant le rapport entre les diamètres médio-latéral et antéro-postérieur (a/b) qui est le plus variable des trois indices décrivant la tête humérale (Tableau IX). Cette analyse montre ainsi que la tête humérale au sein des hominoïdes n'est pas sphérique comme cela est classiquement admis (Aiello and Dean, 1990 ; Rose, 1989) sauf chez les atèles et les orangs-outans<sup>2</sup>. Ces derniers sont les primates qui utilisent le plus fréquemment le grimper sur structure verticale (Gebo, 1996), alors que les grands singes africains au contraire, se déplacent très fréquemment au sol en utilisant une locomotion particulière, le knuckle-walking<sup>3</sup>. Ainsi la morphologie de la tête humérale traduit des différences fonctionnelles majeures entre ces groupes.

Les néandertaliens se distinguent de l'homme moderne en possédant une tête humérale plus étroite médiolatéralement. Autrement dit, la tête humérale est plus courte et plus large chez les néandertaliens que chez l'homme moderne. Cela a

<sup>2</sup> Botez (1926) considère que la tête humérale n'est sphérique que chez les gibbons, les atèles et les orangs-outans et Senut (1981) décrit les têtes humérales des grands singes africains comme étant quadrangulaire.

<sup>3</sup> Les grands singes africains pratiquent aussi le grimper sur structure verticale mais moins fréquemment que les atèles ou les orangs-outans.

déjà été soulignée par Boule (1911-13) et confirmé par Nara (1994), sans pour autant constater que cette différence est suffisante pour distinguer les deux groupes humains. Cette particularité morphologique doit donc traduire des fonctions différentes entre l'homme moderne et les néandertaliens. Par ailleurs, la morphologie de la cavité glénoïdale néandertalienne prend alors une autre signification, car les particularités de ces deux surfaces articulaires pourraient répondre aux mêmes causes, une plus grande adaptation à de fortes contraintes dorso-ventrales et à une plus grande capacité au jet chez les néandertaliens.

### Le tubercule mineur

Le tubercule mineur des néandertaliens est beaucoup plus bas par rapport à la tête humérale que chez l'homme moderne. Cela doit donc traduire des mouvements préférentiels différents de ceux de l'homme moderne, plus précisément cela doit permettre une plus grande rotation de la tête humérale lors des mouvements d'élévation du bras.

Il est intéressant de constater que certaines tête humérales humaines modernes présentent un amincissement médiolatéral plus important que ce qui existe chez les néandertaliens. Cependant, les humains modernes ayant cette particularité, présentent alors un tubercule mineur situé nettement plus haut par rapport à la tête humérale que chez les néandertaliens. De même, les extrémités proximales d'humérus d'homme moderne présentant un tubercule mineur bas par rapport à la tête humérale sont alors caractérisées par une tête humérale plus large médiolatéralement que chez les néandertaliens. Cette remarque est importante car elle illustre la difficulté de définir des caractères proprement néandertaliens, toute au moins sur l'épaule. Il faut donc, pour pouvoir bien différencier ces deux groupes d'hominidés, étudier les variables dans leur ensemble.

La très grande inertie du nuage de point de l'homme moderne ne dépend pas de variations géographiques ou sexuelles, et cette distribution pourrait alors traduire des différences liées à des mouvements préférentiels entre les individus.

## CONCLUSION

Chez les néandertaliens, les structures de l'épaule, plus particulièrement de la clavicule et de l'extrémité proximale de l'humérus, montrent de nombreuses différences avec l'épaule moderne et traduisent soit des architectures particulières (scapula plus haute par rapport au thorax) soit des capacités fonctionnelles particulières (résistances à des contraintes différentes) s'exerçant sur l'articulation gléno-humérale, (...). En d'autres termes, l'épaule néandertalienne n'est pas une épaule d'*Homo sapiens sapiens*. La structure de l'extrémité proximale de l'humérus néandertalien ainsi que celle de la scapula traduisent une musculature plus puissante ainsi qu'une meilleure résistance de l'articulation gléno-humérale aux forces orientées dorso-ventralement. Ces caractéristiques traduiraient une plus grande puissance des mouvements liés au jet. Ce résultat est renforcé par l'extrême longueur de la clavicule néandertalienne qui augmente

mécaniquement la cinétique de ce type de mouvement (Voisin, 2000b). Ainsi, toute la structure de l'épaule néandertalienne traduit une plus grande efficacité pour les mouvements liés au jet que celle de l'homme moderne.

Par ailleurs, l'architecture de l'épaule caractérisée par une scapula haute par rapport au thorax se retrouve chez les représentants plus anciens du genre *Homo* (Voisin, 2001). L'abaissement du complexe scapulaire par rapport au thorax serait donc un événement récent dans l'histoire de l'homme et caractéristique d'*Homo sapiens sapiens*.

## Remerciements

Je tiens à remercier tout particulièrement Monsieur le Professeur Henry de Lumley qui m'a accepté au sein du Laboratoire de Préhistoire du Muséum National d'Histoire Naturelle ainsi qu'à Madame Marie-Antoinette de Lumley qui suit l'avancement de mes travaux. Mes remerciements vont aussi aux professeurs André Langaney, Daniel Robineau, Wim Van Neer, Paula Jenkins et Chris Stringer qui m'ont autorisé à consulter respectivement les collections des Laboratoires d'Anthropologie Biologique du Musée de l'Homme (Paris, France), d'Anatomie Comparée du Muséum National d'Histoire Naturelle (Paris, France), du Musée Royal d'Afrique Centrale (Tervuren, Belgique) et du Natural History Museum, Zoological Group et Paleontological Group (Londres, Grande Bretagne). Je remercie aussi toutes les personnes de l'Institut de Paléontologie Humaine qui m'ont apporté leur soutien.

## Adresse d'auteur

Institut de Paléontologie Humaine  
1 rue René Panhard 75013 Paris, FRANCE  
E-mail : jeanlucv@mnhn.fr

## Bibliographie

- AIELLO, L. & DEAN, C., 1990, *An Introduction to Human Evolutionary Anatomy*. London: Academic Press.
- BOTEZ, I.G., 1926, Etude morphologique et morphogénique du squelette du bras et de l'avant bras chez les primates. *Archives de Morphologie Général et Expérimentale* 24, p. 1-174.
- BOULE, M., 1911-13, L'homme Fossile De La Chapelle-Aux-Saints. *Annales De Paléontologie*. 6, 7 & 8, P. 111-172, 21-192, 1-70.
- CHURCHILL, S.E. & TRINKAUS, E., 1990, Neandertal Scapular Glenoid Morphology. *American Journal Of Physical Anthropology* 83, P. 147-160.
- CORRUCCINI, R.S. & CIOCHON, R.L., 1976, Morphometric Affinities Of The Human Shoulder. *American Journal Of Physical Anthropology* 45, P. 19-38.
- FRAIPONT, C., 1927, Sur L'omoplate Et Le Sacrum De L'homme De Spy. *Revue Anthropologique (Paris)* 37, P. 189-195.
- GEBBO, D.L., 1996, Climbing, Brachiation, And Terrestrial Quadrupedalism: Historical Precursors Of Hominid Bipedalism. *American Journal Of Physical Anthropology* 101, P. 55-92.

- GROVES, C.P., 1993a, Primates. In *Mammal Species Of The World, A Taxonomic And Geographic Reference*, Edited By D.E. Wilson & D.A. Reeder. Washington And London: Smithsonian Institution Press, P. 251-277.
- GROVES, C.P., 1993b, Speciation In Living Hominoid Primates. In *Species, Species Concepts And Primate Evolution*, Edited By W.H. Kimbel & L.B. Martin. New York And London: Plenum Press, P. 109-121.
- HAMBÜCKEN, A., 1993, Révision Des Particularités De L'humérus Des Néandertaliens Européens. *Comptes Rendus De L'académie Des Sciences De Paris Série Ii*, 317, P. 109-114.
- HARRINGTON, M.A., KELLER, T.S., SEILER, J.G., WEIKERT, D.R., MOELJANTO, E., & SCHWARTZ, H.S., 1993, Geometric Properties And The Predicted Mechanical Behaviour Of Adult Human Clavicles. *Journal Of Biomechanics* 26, P. 417-426.
- HEIM, J.L., 1974, Les Hommes Fossiles De La Ferrassie (Dordogne) Et Le Problème De La Définition Des Néandertaliens Classiques. *L'anthropologie (Paris)* 78, P. 81-112.
- HEIM, J.L., 1982a, *Les Enfants Néandertaliens De La Ferrassie. Etude Anthropologique Et Analyse Ontogénique Des Hommes De Neandertal*. Paris: Masson.
- HEIM, J.L., 1982b, Les Hommes Fossiles De La Ferrassie Ii. *Archive De L'institut De Paléontologie Humaine* 38, P. 1-272.
- JENKINS, F.A.J., 1974, The Movement Of The Shoulder In Clavicate And Aclavicate Mammals. *Journal Of Morphology* 144, P. 71-84.
- KAPANDJI, I.A., 1994, *Physiologie Articulaires. Membre Supérieur*. Paris: Edition Maloine.
- MADRE-DUPOUY, M., 1991, Principaux Caractères De L'enfant Néandertalien Du Roc De Marsal, Dordogne (France). *L'anthropologie (Paris)*, 2/3, P. 523-534.
- MARTIN, C.P., & O'BRIEN H.D., 1939, The Coracoïd Process In The Primate. *Journal Of Anatomy And Physiology* 73, P. 630-642.
- MATIEGKA, J., 1938, La Déflexion De La Clavicule. *L'anthropologie (Paris)* 48, P. 596-597.
- NARA, T., 1994, *Etude De La Variabilité De Certains Caractères Métriques Et Morphologiques Des Néandertaliens*. Ph.D., Université De Bordeaux I, Bordeaux.
- OLIVIER, G., 1951a, Anthropologie De La Clavicule. *Bulletins Et Mémoires De La Société D'anthropologie De Paris* 10<sup>ème</sup> Série, 2, P. 121-157.
- OLIVIER, G., 1951b, Anthropologie De La Clavicule. *Bulletins Et Mémoires De La Société D'anthropologie De Paris* 10<sup>ème</sup> Série, 2, P. 67-99.
- OLIVIER, G., 1951c, Technique De Mesure Des Courbures De La Clavicule. *Comptes Rendus De L'association Des Anatomistes*. 69, Xxxix<sup>ème</sup> Réunion (Nancy), P. 753-764.
- OLIVIER, G., 1954, Anthropologie De La Clavicule. *Bulletins Et Mémoires De La Société D'anthropologie De Paris* 10<sup>ème</sup> Série, 5, P. 44-153.
- OLIVIER, G., 1955, Anthropologie De La Clavicule. *Bulletins Et Mémoires De La Société D'anthropologie De Paris* 10<sup>ème</sup> Série, 6, P. 282-302.
- PARSON, F.G., 1917, On The Modern English Clavicle. *Journal Of Anatomy And Physiology* 51, P. 71-93.
- PATTE, E., 1955, *Les Néandertaliens*. Paris: Masson.
- ROSE, M.D., 1989, New Postcranial Specimens Of Catharhines From The Middle Miocene Chinji Formation, Pakistan. Descriptions And Discussion Of Proximal Humeral Functional Morphology In Anthropoids. *Journal Of Human Evolution* 18, P. 131-162.

- SAKKA, M., 1985, *Morphologie Évolutive De La Tête Et Du Cou Chez L'homme Et Les Grands-Singes. Application Aux Hominidés Fossiles*. Paris: Edition Du C.N.R.S.
- SCHULTZ, A.H., 1930, The Skeleton Of The Trunk And Limbs Of Higher Primates. *Human Biology* 11, 303-438.
- SCHULTZ, A.H., 1950, The Physical Distinction Of Man. *Proceeding Of The American Philosophical Society* 94, P. 428-449.
- SENUT, B., 1981, *L'humérus Et Ses Articulations Chez Les Hominidés Plio-Pléistocènes*. Paris: Edition Du C.N.R.S.
- STERN, J.T.J. & SUSMAN, R.L., 1983, The Locomotor Anatomy Of Australopithecus Afarensis. *American Journal Of Physical Anthropology* 60, P. 279-317.
- STEWART, T.D., 1962, Neanderthal Scapulae With Special Attention To The Shanidar Neanderthals From Iraq. *Anthropos* 57, P. 779-800.
- TERRY, R.J., 1932, The Clavicle Of The American Negro. *American Journal Of Physical Anthropology* 16, P. 351-379.
- TRINKAUS, E., 1977, A Functional Interpretation Of The Axillary Border Of The Neanderthal Scapula. *Journal Of Human Evolution* 6, P. 231-234.
- VALLOIS, H.V., 1932, L'omoplate Humaine. Etude Anatomique Et Anthropologique. *Bulletins Et Mémoires De La Société D'anthropologie De Paris* 8<sup>ème</sup> Série, 3, P. 3-153.
- VALLOIS, H.V., 1946, L'omoplate Humaine. Etude Anatomique Et Anthropologique. *Bulletins Et Mémoires De La Société D'anthropologie De Paris* 9<sup>ème</sup> Série, 7, P. 16-99.
- VANDERMEERSCH, B., 1981, *Les Hommes Fossiles De Qafzeh (Israël)*. Paris: Edition Du C.N.R.S.
- VANDERMEERSCH, B. & TRINKAUS, E., 1995, The Postcranial Remains Of The Regourdou 1 Neanderthal: The Shoulder And Arm Remains. *Journal Of Human Evolution* 28, P. 439-476.
- VOISIN, J.L., 2000a, La Clavicule Humaine : Adaptation À La Station Érigée ? *Biométrie Humaine Et Anthropologie* 18, P. 15-22.
- VOISIN, J.L., 2000b, *L'épaule Des Hominidés. Aspects Architecturaux Et Fonctionnels, Références Particulières À La Clavicule*. Paris: Ph.D., Museum National D'histoire Naturelle.
- VOISIN, J.L., 2000c : Les Clavicules Néandertaliennes : Reflet D'un Complexe Scapulaire Particulier ? In *L'identité Humaine En Question, Nouvelles Problématiques Et Nouvelles Technologies En Paléontologie Humaine Et En Paléanthropologie Biologique*, Edited By P. Andrieux, D. Hadjouis & A. Dambicourt-Malassé, Paris, Artcom, P. 78-89.
- VOISIN, J.L., 2001, Evolution De La Morphologie Claviculaire Au Sein Du Genre Homo, Conséquence Architecturale Et Fonctionnelle Sur La Ceinture Scapulaire. *L'anthropologie (Paris)* 105, P. 449-468.
- VOISIN, J.L., In Prep., The Clavicle, An Unknown Bone. *Journal Of Human Evolution*.