



Paléontologie humaine et préhistoire

Les restes humains de la grotte ornée paléolithique des Deux-Ouvertures (Ardèche, France)



The human remains from the decorated Paleolithic cave of Deux-Ouvertures (Ardèche, France)

Silvana Condemi^{a,*}, Jean-Luc Voisin^a, Laurent Puymérail^a, Julien Monney^b, Michel Philippe^c

^a Unité d'anthropologie bio-culturelle, droit, éthique et santé (ADÉS), UMR 7268, Université d'Aix-Marseille EFS-CNRS, 13344 Marseille, France

^b Coordinateur du projet « Datation grottes ornées », France

^c Conservateur honoraire du Muséum d'histoire naturelle de Lyon (actuel musée des Confluences), 86, quai Perrache, 69002 Lyon, France

INFO ARTICLE

Historique de l'article :

Reçu le 25 mai 2016

Accepté après révision le 6 février 2017

Disponible sur internet le 31 mars 2017

Géré par Yves Coppens

Mots clés :

Extrémité distale d'humérus

Diaphyse de radius

Fossile humain gravettien

Fossile humain néolithique

Restes humains dans les grottes ornées

Gorges de l'Ardèche

Keywords:

Distal extremity of humerus

Radius diaphysis

RÉSUMÉ

La grotte des Deux-Ouvertures s'ouvre en rive gauche peu avant la sortie des gorges de l'Ardèche, sur le territoire de la commune de Saint-Martin-d'Ardèche. Bien que connue depuis 1896, ce n'est qu'en 1985 qu'était découverte la partie profonde du réseau : une galerie qui présentait des ossements éparpillés sur le sol, dont plus de 90 % appartiennent à *Ursus spelaeus*. En 2007, deux fragments osseux humains – une partie distale d'un humérus adulte et une diaphyse de radius appartenant à un jeune sujet – ont été également mis au jour. Ils font l'objet de cet article. La datation de l'humérus (34 440–33 730 cal BP) s'inscrit au sein de la phase de fréquentation par les ours des cavernes, alors que la datation de la diaphyse du radius (4410–4570 cal BP) en plein cœur du « secteur orné paléolithique » laisse supposer qu'il a été déposé, peut-être, de façon délibérée. L'étude des deux os humains provenant de la grotte des Deux-Ouvertures montre que la diaphyse radiale, appartenant à un sujet jeune, d'âge Néolithique, ne présente pas de différence en regard de radius modernes. En revanche, la partie distale de l'humérus d'un sujet adulte, bien qu'incomplète et altérée, est le premier reste humain d'adulte, associé à une grotte ornée paléolithique en Ardèche, à avoir été daté. Ce dernier, exception faite peut-être pour la largeur du pilier médian, est plutôt gracile et ne présente pas de différence significative avec les autres restes du Paléolithique supérieur.

© 2017 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Cet article est publié en Open Access sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

ABSTRACT

The opening of the Deux-Ouvertures cave is on the left bank of the Ardèche River, just before the canyon exit on the land of the village of Saint-Martin d'Ardèche in the Southwest of France. Although it has been known since 1896, the deep part of one of the galleries was

* Auteur correspondant.

Adresses e-mail : silvana.condemi@univ-amu.fr (S. Condemi), jeanlucvoisin2004@yahoo.fr (J.-L. Voisin), julien@monocycle.ch (J. Monney), mipauphi@wanadoo.fr (M. Philippe).

<http://dx.doi.org/10.1016/j.crpv.2017.02.001>

1631-0683/© 2017 Académie des sciences. Publié par Elsevier Masson SAS. Cet article est publié en Open Access sous licence CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Gravettian human fossil
Neolithic human fossil
Decorated cave
Ardèche canyon

not discovered until 1985. The surface of this gallery was covered by animal bones, 90% of which belonged to *Ursus spelaeus*. In 2007, two osseous human fragments were discovered: the distal part of an adult humerus and the diaphysis of a radius belonging to a young individual. These two specimens are the topic of the present paper. Although the date of the humerus (34,440–33,730 cal BP) corresponds to the period when bears frequented the caves, the dates of the diaphysis of the radius (4410–4570 cal BP), found at the heart of the “decorated Paleolithic sector”, lead us to assume that it was transported there, perhaps deliberately. The study of the two human bones originating in the Deux-Ouvertures cave illustrates that the diaphysis of the radius, belonging to a young individual of the Neolithic period, does not exhibit any differences in comparison to modern radii. By contrast, the distal part of the adult humerus, although it is incomplete and altered, is the first example that has been dated in the Ardèche of adult human remains associated with a decorated Paleolithic cave. This specimen, aside perhaps from the width of its median column, is rather slender and does not present any significant difference in relation to other upper Paleolithic humeri.

© 2017 Académie des sciences. Published by Elsevier Masson SAS. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introduction

La grotte des Deux-Ouvertures s'ouvre peu avant la sortie des gorges de l'Ardèche, sur la rive gauche, à une vingtaine de mètres au-dessus du lit moyen de l'Ardèche (Fig. 1). Elle se situe à vol d'oiseau à 13 km de distance de la célèbre grotte Chauvet, dans le périmètre de la réserve naturelle nationale des gorges de l'Ardèche, sur le territoire de la commune de Saint-Martin-d'Ardèche, à laquelle elle appartient. Son nom vient du fait que la cavité présente deux entrées naturelles principales, dont celle la plus en amont est en réalité double.

D'accès aisé, cette grotte est connue depuis longtemps (Chiron, 1896), mais ce n'est que le 24 décembre 1985 qu'était découverte la partie profonde du réseau (pour plus de détail, voir Gely et Porte, 1996 ; Philippe et al., 2009). La galerie ainsi découverte présentait des ossements éparpillés sur le sol et d'autres dépassant d'une coupe naturelle, au carrefour de plusieurs galeries. Au fond d'un conduit, auquel on accède en rampant sur 5 à 6 m de longueur, il existe de fines gravures paléolithiques (Gely et Porte, 1996 ; Monney et al., 2010).

Les gravures furent authentifiées par J. Combiér (alors directeur des antiquités préhistoriques de la région Rhône-Alpes) en avril 1986, et le site fut protégé par une grille, puis par une porte à partir de 1988. En 1990, la grotte a été classée au titre des Monuments historiques (décret du 10 août 1990).

Les ossements découverts ont été attribués, pour leur grande majorité (plus de 90 % des restes de faunes), à *Ursus spelaeus* (Philippe et al., 2009). Une campagne d'étude a ensuite été effectuée en septembre 1987 pour dresser la topographie de la grotte, entreprendre un sondage stratigraphique et procéder au relevé des figures les plus faciles à décrypter (Gely et Porte, 1996). En 2007, l'un d'entre nous (M.P.) reprenait des fouilles d'un point de vue plus particulièrement paléontologique (Philippe et al., 2009) et, dès l'année suivante, l'un de nous (J.M.) a continué l'étude et le relevé des gravures dans le cadre du programme collectif de recherches (PCR) intitulé « Projet datation grottes ornées ». C'est lors des recherches de 2007 que les deux fragments osseux humains faisant l'objet de la présente étude ont été

mis au jour (Philippe, 2009). Il s'agit de la partie distale d'un humérus gauche dont l'épiphyse, bien qu'aujourd'hui très abîmée, était soudée. L'humérus appartenait donc à un sujet adulte ; en revanche, l'autre os, un radius gauche, par l'absence des épiphyses, appartenait à un autre individu, un sujet jeune (Fig. 2 et 3). Le fragment d'humérus se trouvait à l'écart du cheminement, le long de la paroi de gauche (paroi est), dans une sorte de niche naturelle, juste avant le passage bas conduisant au « secteur orné ». Il était disposé à même le sol, simplement recouvert d'une pellicule argileuse noirâtre identique à celle recouvrant le sol, mêlé à quelques ossements d'ours. Le fragment de radius a, quant à lui, été repéré dans un petit gour, au fond d'une anfractuosité séparant un fragment de plancher stalagmitique suspendu de la paroi au sein même du « secteur orné » (Fig. 1). Cette anfractuosité étroite (à peine 10 cm de large pour environ 20 cm de longueur) et aux parois abruptes est profonde d'une trentaine de centimètres, mais elle se trouve néanmoins aussi accessible par le dessous.

Les datations, réalisées par le laboratoire de J. van der Plicht au Centre of Isotope Research de l'université de Groningue (Pays-Bas), sont les suivantes : humérus, GrA 59341 = 29 990 (+190 ; –180) BP, (soit 34 440–33 730 cal BP) ; radius : GrA 59342 = 4005 (±35) BP (soit, 4410–4570 cal BP).

La datation attribuant l'humérus au Paléolithique supérieur s'inscrit au sein de la phase de fréquentation par les ours des cavernes (30 220 à 27 440 BP, soit entre 35 100 et 31 270 cal BP, Elalouf et al., 2011), ce qui est cohérent avec la disposition de ce reste dans la galerie. En effet, il reposait directement sur le sol (Fig. 1), au début du passage bas permettant d'accéder à la zone ornée.

En revanche, la datation très récente du radius laisse supposer que la galerie des Ours a encore été accessible autour de 4400–4600 cal BP. Le fait que ce radius soit d'âge Néolithique final remet donc en question la chronologie des fréquentations humaines au-delà du massif stalagmitique. En effet, les datations (U/Th et ¹⁴C-AMS) obtenues dans le massif stalagmitique qui, jusqu'en 1985, interdisait l'accès à la galerie des Ours ont donné un âge de fermeture probable aux alentours de 6000 cal BP (Monney

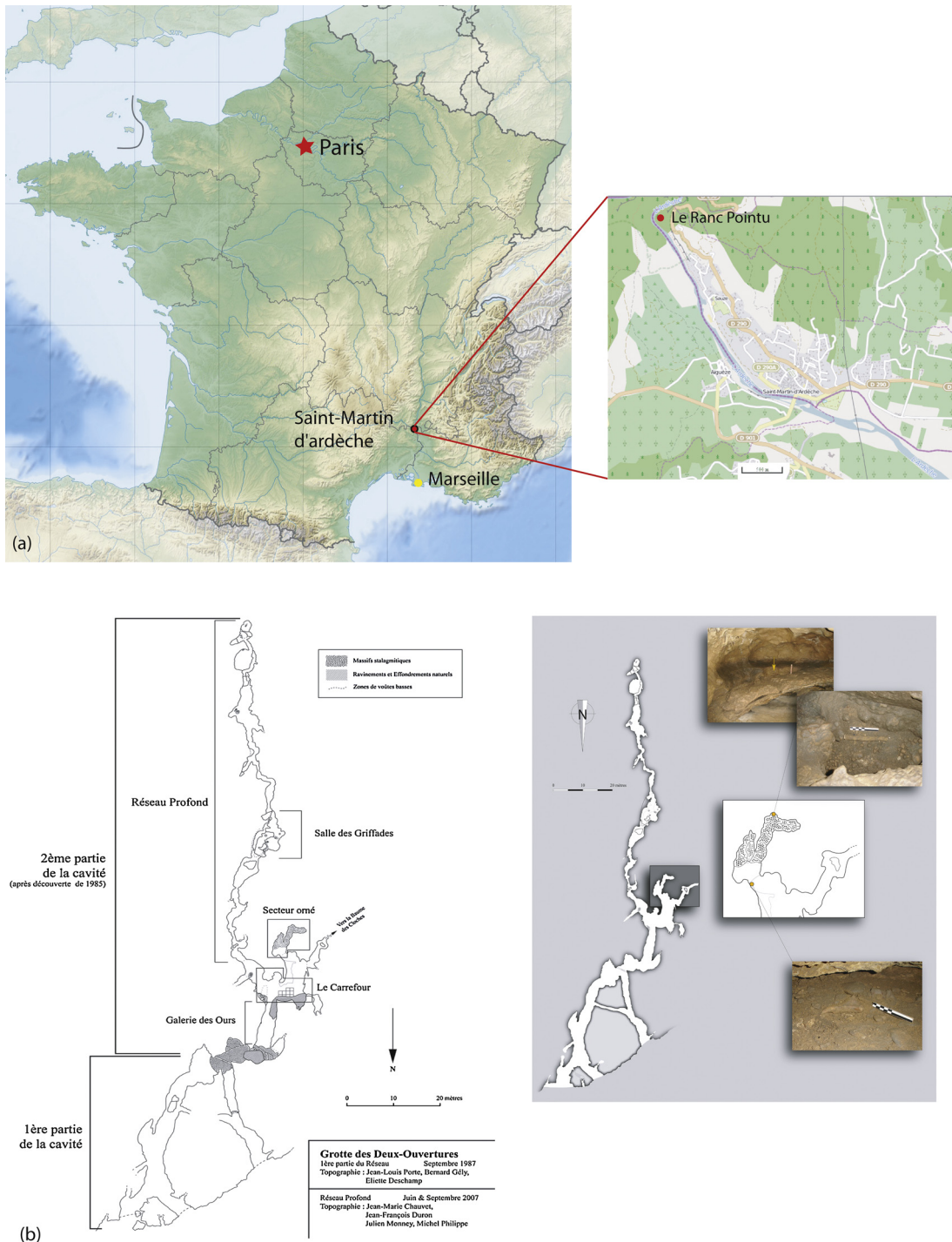


Fig. 1. (a et b) : localisation de la grotte des Deux-Œuvres ; (c) : schéma complet du réseau.
Fig. 1. (a and b): location of the "grotte des Deux-Œuvres"; (c): layout of the karstic network.

et al., 2014). La datation de ce radius aux alentours de 4400–4600 cal BP implique, soit que le massif stalagmitique n'a pas constitué une barrière infranchissable, même au-delà de 6000 cal BP, soit qu'un autre accès existait alors, peut-être via la baume des Cloches (Fig. 1).

2. Matériel et méthode

Les restes fossiles de comparaison proviennent d'individus du Paléolithique supérieur européen ainsi que de pièces attribuables à l'Homme moderne (Tableau 1).

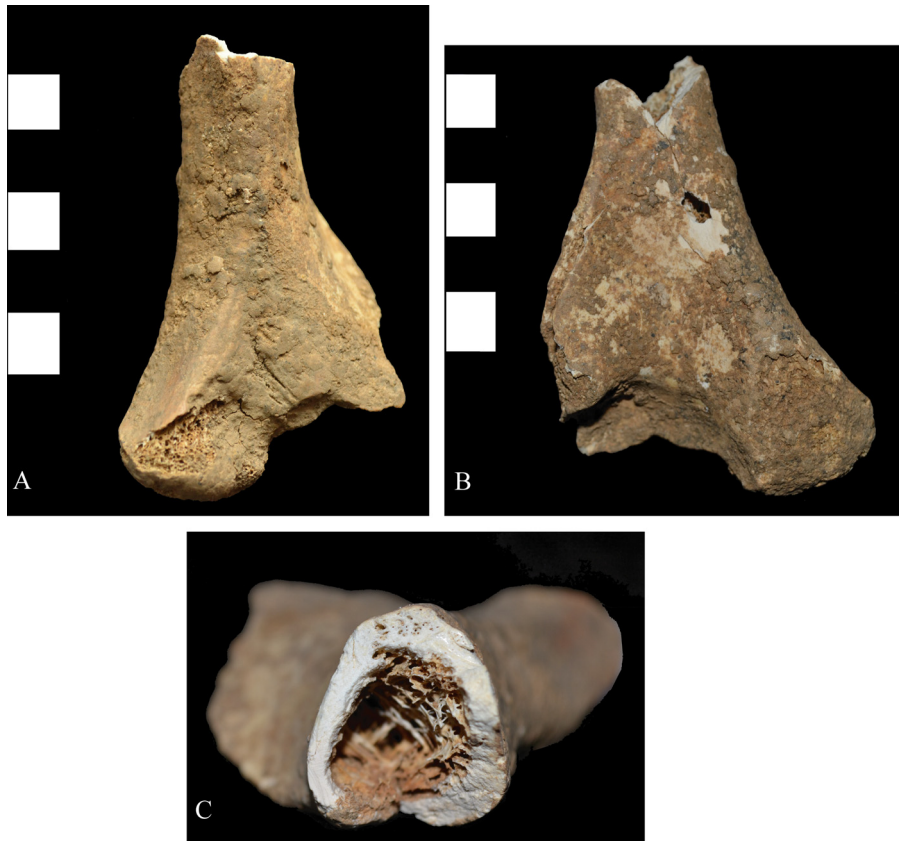


Fig. 2. Humérus des Deux-Ouvertures. A. Vue antérieure. B. Vue postérieure. C. Vue supérieure.
Fig. 2. Humeral diaphysis of the Deux-Ouvertures in anterior (A), posterior (B) and superior (C) views.

Tableau 1

Liste des fossiles utilisés pour comparaison pour cette étude.

Table 1

List of the specimens included in this study for comparison.

Humérus		Radius	
Nom du site	Numéro de référence	Nom du site	Numéro de référence
Eel Point	1	Dame du Cavillon	1
Paviland	1	Barma Grande	2
Dolní Vestonice	3	Grotte des Enfants	4
Abri Pataud	1	Dolní Věstonice	3
	22		13
	1519		14
Cap Blanc	1		15
Predmost	IV		16
Chancelade	1	Pavlov	1
Veyrier	1	Chancelade	1
Cro-Magnon	4293	Saint Germain la Rivière	1
	4294	Cro-Magnon	4303
	4295		4304
Barma Grande	2		4305
	5		4306
Grotte des Enfants	4		4307
Romito	1	Romito	1
	3		3
	4		4
	6		5
Ohalo II	H2		6
Rochereil	1	Saint Rabier	1



Fig. 3. Radius des Deux-Ouvertures. A. Vue antéro-médiale – à noter la présence de la crête interosseuse malgré l'importance de la concrétion –. B et C. Extrémité proximale. D. Extrémité la plus distale de la diaphyse ; le trait rouge montre l'épaisseur de la concrétion. E. Extrémité proximale après nettoyage virtuel de la concrétion. F. Diaphyse du radius en fonction de l'épaisseur de la concrétion de la plus grande épaisseur (en rouge) à la plus faible (en bleu).

Fig. 3. Radial diaphysis of the Deux-Ouvertures in anterior-medial (A) - Note the presence of the inter osseous crista in spite of the thick concretions), proximal (B and C) and distal (D) views; The red line shows the thickness of the concretion. The proximal extremity after virtual removal of the concretion (E); thickness of the concretion: dark blue indicates thin, red indicates thick (F).

Ces deux restes très fragmentaires ne permettent de réaliser que peu de mesures directes. Ainsi, quatre mesures ont seulement été prises sur l'humérus :

- la longueur maximale du reste prise selon l'axe de la diaphyse ;
- la largeur maximale de l'épiphyse, prise entre l'épicondyle médian et le bord latéral le plus éloigné ;
- l'épaisseur maximale de l'épiphyse distale, prise perpendiculairement à la largeur maximale ;
- la largeur du pilier médian.

Sur le radius, cinq mesures ont été réalisées et un seul indice a pu être calculé. Ces mesures sont les suivantes :

- la longueur totale du reste prise selon l'axe de la diaphyse ;
- le périmètre de la diaphyse mesuré à l'extrémité la plus distale du fragment de diaphyse, afin d'être proche du milieu de la diaphyse complète ;

- les diamètres antéropostérieur (AP) et médio-latéral (ML) à l'extrémité la plus distale possible, mesurés à l'extrémité la plus distale du fragment de diaphyse afin d'être proche du milieu de la diaphyse complète ;
- l'orientation de la tubérosité radiale ;
- l'épaisseur de la diaphyse au niveau du col du radius qui correspond au diamètre maximum à cet endroit ;
- les diamètres antéropostérieur et médio-latéral, qui permettent de calculer l'indice diaphysaire définissant l'aplatissement du radius. Cet indice est calculé ainsi : diamètre antéropostérieur/diamètre médio-latéral \times 100.

En raison de la présence d'un épais concrétionnement sur le radius, l'utilisation de données tomodensitométriques s'est révélée nécessaire. Ce fragment de radius a été scanné en mai 2011 au CHU-hôpital nord de Marseille, France. Un scanner de type Siemens Sensation Cardiac 64, avec les paramètres d'acquisitions suivants : 120 kV, 315 mA et une taille de voxel de $1901 \times 191 \times 300 \mu\text{m}$, a été utilisé.

Associée à la calcification du reste fossile, la bonne conservation des contours externes et internes du radius a permis l'application de la méthode de seuillage globale (HMH, Spoor et al., 1993) en mesurant les interfaces os/calcite et os/air sur plusieurs coupes du lot d'images (Coleman et Colbert, 2007 ; Fajardo et al., 2002). La segmentation semi-automatique avec corrections manuelles a été effectuée à l'aide des logiciels Avizo v. 7.1.0. (Visualisation Science Group Inc.) et ImageJ v.1.46a (Rasband, 2010). Le résultat de la segmentation est un maillage triangulaire des surfaces endostéale et périostéale composées de coordonnées 3D reliées par des lignes qui génèrent des faces triangulaires obtenues après lissage. Il est ainsi possible d'éliminer virtuellement la couche de calcite recouvrant le spécimen.

Étant donné l'absence de préservation des deux extrémités proximale et distale du radius des Deux-Ouvertures, il n'a pas été possible d'orienter précisément ce reste fossile.

La section virtuelle du radius située à environ 65 % de sa longueur a été définie du point de vue biomécanique. En effet, parmi les sections généralement caractérisées dans la littérature (par exemple, Trinkaus et Ruff, 2012), seule la section à 65 % est conservée sur notre reste fossile. Parmi les différents paramètres géométriques quantifiables, seuls les seconds moments de l'aire maximum et minimum, respectivement I_{max} et I_{min} (en mm^4), ont été déterminés du fait de son attribution au Néolithique et de l'état fragmentaire de ce reste.

Dans le but de comparer les propriétés biomécaniques et les dimensions linéaires du radius fossile de la grotte des Deux-Ouvertures, nous avons également caractérisé une population actuelle provenant de la ville de Marseille, d'âge et de sexe connus (22 hommes et 10 femmes ; âge moyen 24,2 ans). Nous avons exploité le registre tomographique, rendu anonyme, de cette population à partir des données issues du système PACS (Picture Archiving and Communication System) de l'Assistance publique des hôpitaux de Marseille (AP-HM). Les coupes tomographiques ont été extraites au format standard DICOM et les examens ont été réalisés à une taille de voxel comprise entre 295 et 977 μm selon x et y et entre 500 et 1200 μm selon z . Nous avons sélectionné les individus ne présentant pas de pathologies affectant le système ostéo-musculaire évidentes.

3. Étude anatomique et métrique

3.1. Humérus

Ce fragment, qui correspond à un humérus gauche, se limite à une unique extrémité distale très abîmée (Fig. 2). Cette dernière correspond à une portion très courte de la diaphyse reliée à la palette humérale sans l'épiphyse distale. Cet os était conservé sur une longueur de 82,53 mm, mais après prélèvement pour des analyses ADN et des datations, la partie diaphysaire a été réduite et la longueur totale de l'os est aujourd'hui de 71,5 mm (Tableau 2). Ce fragment osseux est recouvert en partie de sédiment, parfois concrétionné. L'ensemble est fragile et l'os ne montre pas un aspect bien fossilisé.

Tableau 2

Dimensions en millimètres du fragment d'humérus des Deux-Ouvertures.

Table 2

Size in mm of the humeral diaphyses of the Deux-Ouvertures.

Dimension	Valeur
Longueur totale du reste	82,53 mm (71,5 mm après prélèvement)
Largeur maximale de l'épiphyse	53 mm
Épaisseur maximale de l'épiphyse distale	19 mm
Largeur du pilier médian	25 mm

Tableau 3

Largeur bi-épicondyalaire des humérus du Paléolithique supérieur (en mm).

Table 3

Bi-epicondylar width of humerus fossils from the Upper Paleolithic.

	Largeur biépicondyalaire
<i>n</i>	24
Moyenne	59,8
Écart-type (ET)	4,97
Médiane	60
Valeur maximale	70
Valeur minimale	49

n : nombre total d'humérus fossiles.

Le fragment d'humérus des Deux-Ouvertures ne permettant pas de mesurer précisément la largeur bi-épicondyalaire, la valeur proposée de 53 mm est donc sous-estimée. Cependant, cette valeur, bien que légèrement inférieure à la valeur moyenne obtenue pour les individus du Paléolithique supérieur (Tableau 3 et Fig. 4) reste dans la variabilité humaine de cette période. Si ce fragment était complet, alors cette dimension serait plus importante et certainement plus proche de la valeur moyenne. Quoi qu'il en soit, cette largeur n'aurait pas été d'une exceptionnelle robustesse. D'une manière générale, ce fragment d'humérus a un aspect plutôt gracile, comme

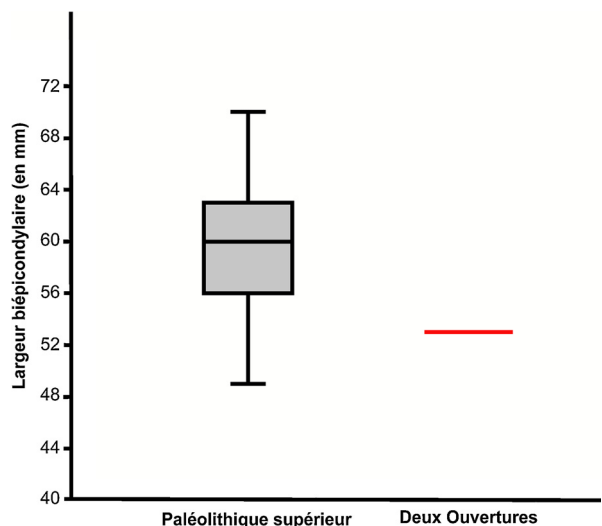


Fig. 4. Variation de la largeur bi-épicondyalaire des fossiles du Paléolithique supérieur et position de l'humérus des Deux-Ouvertures.

Fig. 4. Comparative values in mm of the bi-epicondylar width of the humeral diaphysis of Deux-Ouvertures and of other Upper Paleolithic humerus.

les autres restes huméraux de cette période (Schulting et al., 2005 ; Trinkaus, 2006), voire même comme des restes plus récents comme l'adolescent de Roc-de-Cave (Bresson, 2000), de Saint-Germain-la-Rivière (Blanchard et al., 1972) ou de l'abri Pataud (Billy, 1975). Cela est cohérent avec le travail de Jacobs (1985), qui montre que le Paléolithique supérieur est marqué par une réduction de la robustesse des os longs, surtout à la fin de cette période.

3.1.1. Face antérieure

La crête supra-condyloire médiale est encore présente et se termine par une surface érodée, d'une longueur d'environ 1 cm et mettant au jour la spongiosa correspondant à une partie de l'épicondyle médian. Ce dernier est présent, mais fortement érodé et de grande taille (largeur : 25 mm). La crête supra-condyloire latérale est présente sur une faible longueur et érodée. L'épicondyle latéral est absent suite à une destruction de l'os. La fosse coronoïdienne semble en partie présente, mais une pellicule de sédiments concrétionnés interdit de l'affirmer avec certitude (Fig. 2). L'aplatissement diaphysaire antéropostérieur est peu marqué.

3.1.2. Face postérieure

Une très petite partie de la fosse olécraniennne est présente et montre qu'elle devait être vaste et fortement concave. En revanche, le pilier médial est imposant, ce qui est contradictoire. En effet, une fosse olécraniennne étendue est caractéristique des Hommes associés à une industrie de type Paléolithique supérieur (Trinkaus et al., 2014), mais elle est associée à des piliers de l'humérus plutôt fins. La valeur proposée dans ce travail (Tableau 2) pour la grande largeur du pilier est due au fait que la mesure de la largeur du pilier médian n'a pu se faire au point le plus étroit, du fait de l'état de conservation de ce reste.

Un orifice, situé à environ 1 cm du bord de cassure de l'humérus, associé à une fissure allant jusqu'au bord de fracture de l'os, existe. Cet orifice et la fissure associée sont récents au vu de la couleur claire de l'os (Fig. 2).

La partie corticale de l'os ne présente pas d'épaisseur particulière. Cependant, les comparaisons sont impossibles, car nous ne pouvons pas déterminer la longueur de l'os et donc réaliser des coupes en fonction de la hauteur sur la diaphyse.

3.1.3. Sexe

Sur un humérus aussi fragmentaire, le sexe de l'individu ne peut qu'être déterminé à partir de la largeur biépicondyloire et d'équations de régression (France, 1983). Comme l'épicondyle latéral est absent, notre variable LrMe va être utilisée comme approchant la largeur biépicondyloire. L'équation, établie par France (1983), dans le cas des européens, est la suivante : $y = 5,074 - 0,5983x$ (avec x la largeur biépicondyloire). Si la valeur obtenue est supérieure à 1,51, alors l'individu peut être considéré comme de sexe masculin, dans le cas contraire, il peut être considéré comme féminin. En remplaçant x par 5,3, l'équation donne une valeur de 1,903, supérieure au seuil de 1,51. Cet individu serait donc attribuable à un sujet de sexe masculin. Ces résultats sont à prendre avec une extrême précaution. En effet, cette équation est établie à partir de populations

européennes actuelles et notre mesure, du fait de la conservation de l'os, ne correspond pas exactement à la largeur biépicondyloire. En outre, la Fig. 4 montre que l'essentiel des restes du Paléolithique supérieur serait masculin, ce qui n'est pas cohérent (à moins d'admettre une sélection par genre des individus). Il est fort probable que nos déterminations sexuelles soient biaisées par la robustesse des sujets et donc erronées.

3.2. Radius

3.2.1. Description et caractéristiques métriques

Le radius gauche était relativement bien conservé sur une longueur de 155 mm. Toute la moitié proximale de l'os, à partir du col, était présente et intacte (Fig. 3). L'os est recouvert d'une concrétion importante rendant impossible l'observation directe des reliefs sur la diaphyse. En effet, à l'extrémité distale de la diaphyse la section transverse montre que l'épaisseur de la concrétion varie entre 2,5 et 1 mm et l'analyse du registre tomographique révèle l'homogénéité de son épaisseur le long de la portion de diaphyse conservée (Fig. 3, Tableau 4). Cette concrétion présente un aspect granulé et clair sur la face antéro-médiale de l'os, alors que la face postéro-latérale est lisse et plus foncée.

3.2.2. Extrémité proximale

La tête du radius est absente et la morphologie de l'extrémité proximale de la diaphyse correspond à l'existence, durant la vie de l'individu, d'un cartilage de conjugaison (Fig. 3). Ainsi, cet os appartient à un individu juvénile, mais il est difficile d'être plus précis, car la fusion de l'épiphyse proximale avec la diaphyse est très variable (Scheuer et Black, 2000). Cette fusion se fait entre 11,5 et 13 ans pour les filles et entre 14 et 17 ans chez les garçons (Scheuer et Black, 2000). Cependant, les dimensions de ce fragment osseux, plutôt importantes, montrent que cet individu devait être un adolescent. Ce dernier devait sans doute avoir moins de 15 ans, car il n'y a absolument aucune marque de début de fusion entre la diaphyse et l'épiphyse proximale.

À l'aide de la morphologie de la crête interosseuse (*margo interosseus*), la section transverse à 65 % de la longueur du radius peut être déterminée, permettant ainsi d'estimer la longueur du radius à 250 mm. Cette valeur correspond à la valeur moyenne obtenue à partir des restes humains adultes du Paléolithique supérieur européen (Tableau 5) et rentre dans la variabilité supérieure des hommes actuels (Fisher, 1906). Or, cet individu n'ayant pas terminé sa croissance, le radius à l'âge adulte aurait été plus grand et donc sa longueur aurait été comprise dans la variabilité supérieure aussi bien du Paléolithique supérieur que de l'actuel.

La tubérosité radiale est nette et son orientation par rapport au bord interosseux est caractéristique des Hommes modernes actuels (Fig. 4). En effet, la crête interosseuse passe dans le tiers postérieur de la tubérosité radiale (Voisin, 2012).

Tableau 4

Dimensions en millimètres du fragment de radius des Deux-Ouvertures ; entre parenthèses, la longueur du radius après prélèvement.

Table 4

Size in mm of the radial diaphyses of the Deux-Ouvertures; in parentheses the length of radius after withdrawal.

Dimension	Valeurs brutes	Valeurs hors concrétion
Longueur du reste (LgMradius)	155 (127)	//
Longueur totale estimée	250	//
Périmètre de la diaphyse (Pr)	52,0	34,0
Diamètre antéropostérieur (Diam AP)	13,0	9,0
Diamètre médio-latéral (Diam ML)	16,0	12,3
Épaisseur du col (EpCol)	16,5	12,5

Tableau 5

Dimensions en mm des radius des fossiles du Paléolithique supérieur (en mm).

Table 5

Size in mm of the radius of the Upper Paleolithic fossils.

	Longueur totale	Périmètre	Diamètre ML	Diamètre AP	Indice diaphysaire
<i>n</i>	22	37	39	38	38
Moyenne	249,2	39,4	15,5	11,4	74,1
Écart-type	27,3	6,2	2,5	1,4	8,5
Médiane	252,0	40,0	15,5	11,4	72,2
Valeur max	291,0	58,3	21,0	15,0	98,4
Valeur min	195,0	28,5	10,7	9,0	58,8

n : nombre total de radius fossiles.

3.2.3. Diaphyse

Ni le trou nourricier, ni les insertions musculaires ne sont directement observables à cause de la concrétion qui recouvre l'os. Malgré la présence de cette concrétion, la crête interosseuse reste vive (Fig. 4), bien que la section de la diaphyse soit plutôt circulaire (Fig. 4).

L'épaisseur importante de la concrétion entourant l'os donne une fausse impression de robustesse à cet os, comme en témoignent les valeurs concernant les diamètres et le périmètre, après retrait de la concrétion, qui montrent un radius plutôt gracile (Tableau 4). En effet, les valeurs des diamètres médio-latéral et antéro-postérieur du radius des Deux-Ouvertures sont dans la limite inférieure de la variabilité du Paléolithique supérieur, en particulier le diamètre antéro-postérieur (Fig. 5). De même, le périmètre au milieu de la diaphyse radiale des Deux-Ouvertures est nettement inférieur à la valeur médiane du Paléolithique supérieur (Fig. 6). Il est intéressant de constater que la valeur du périmètre minimum de notre individu, bien que comprise dans la variation humaine moderne, toutes populations humaines confondues, est proche de la valeur moyenne des Boschimans et des Eskimos, qui présentent les valeurs les plus faibles (Hambucken, 1995). Cependant, il ne faut pas oublier que le radius des Deux-Ouvertures appartient à un jeune adolescent, ce qui pourrait expliquer aussi bien les faibles valeurs des diamètres que celle du périmètre minimum. Cette remarque est confirmée par l'indice diaphysaire du radius des Deux-Ouvertures, qui est à la fois très proche de la médiane et de la moyenne des individus du Paléolithique supérieur (Fig. 7). Ce résultat montre que les proportions de la diaphyse radiale ainsi que sa morphologie sont similaires à celles du Paléolithique supérieur et des Hommes actuels (Fisher, 1906).

3.2.4. Caractérisation biomécanique

Dans le cadre de cette étude, nous avons considéré les valeurs d' I_{\max} et d' I_{\min} mesurés au niveau de la section

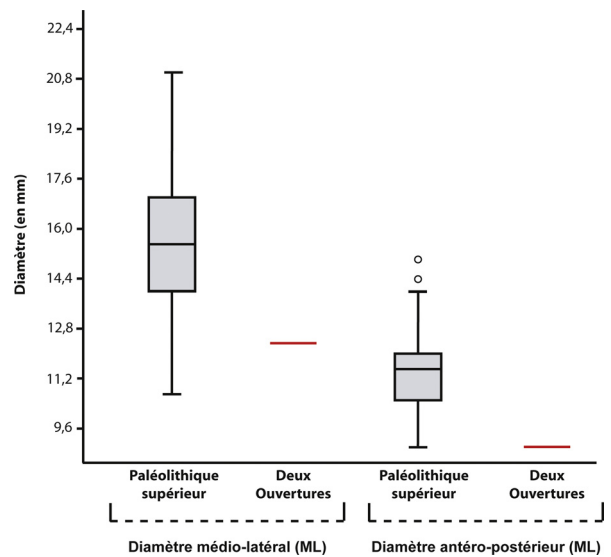


Fig. 5. Variation (en mm) des dimensions des diamètres médio-latéral (ML) et antéro-postérieur (AP) des radius des fossiles du Paléolithique supérieur et comparaison avec celles du radius des Deux-Ouvertures.

Fig. 5. Comparative values in mm of the outer antero-posterior (a-p) and medio-lateral (m-l) diameters of the radial diaphysis of Deux-Ouvertures and of other Upper Paleolithic radii.

transverse localisée proximale à 65 % de la longueur biomécanique.

Pour standardiser les valeurs d' I_{\max} et I_{\min} , nous n'avons pas utilisé la longueur biomécanique radiale à cause de l'incertitude de son estimation dans le cas du fossile de la grotte des Deux-Ouvertures. Ainsi, en accord avec Trinkaus et Ruff (2012), nous avons calculé le logarithme d' I_{\max} et I_{\min} , ce qui permet d'éliminer une part de la variation de taille comprise dans ces deux indices biomécaniques. Le fragment de radius de la grotte des Deux-Ouvertures se

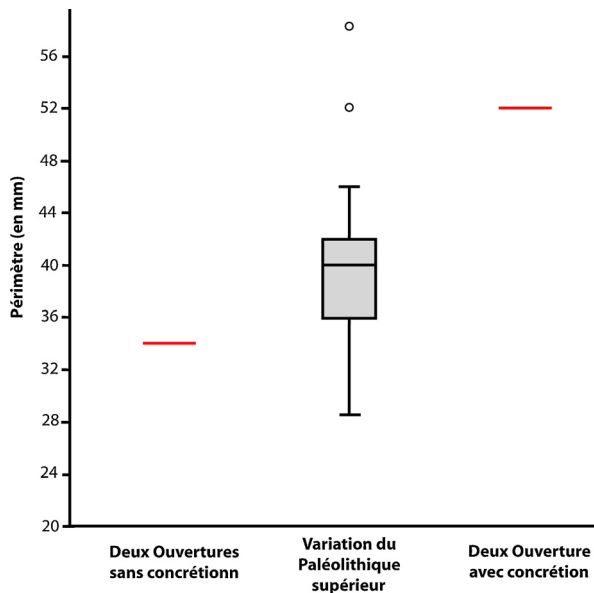


Fig. 6. Variation (en mm) du périmètre minimum des radius des fossiles du Paléolithique supérieur et comparaison avec celles du radius des Deux-Ouvertures. Les valeurs données avec la concrétion permettent d'illustrer l'importance de cette dernière.

Fig. 6. Comparative values in mm of the minimal perimeter of the radial diaphysis of Deux-Ouvertures and of other Upper Paleolithic radii.

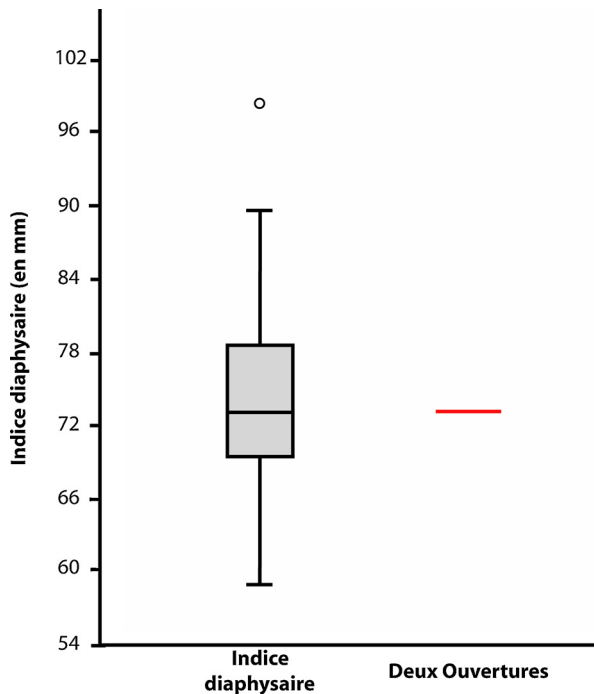


Fig. 7. Variation (en mm) de l'indice diaphysaire des radius fossiles du Paléolithique supérieur et comparaison avec celui des Deux-Ouvertures.

Fig. 7. Comparative values in mm of the diaphyseal index of the radial diaphysis of Deux-Ouvertures and of other Upper Paleolithic radii.

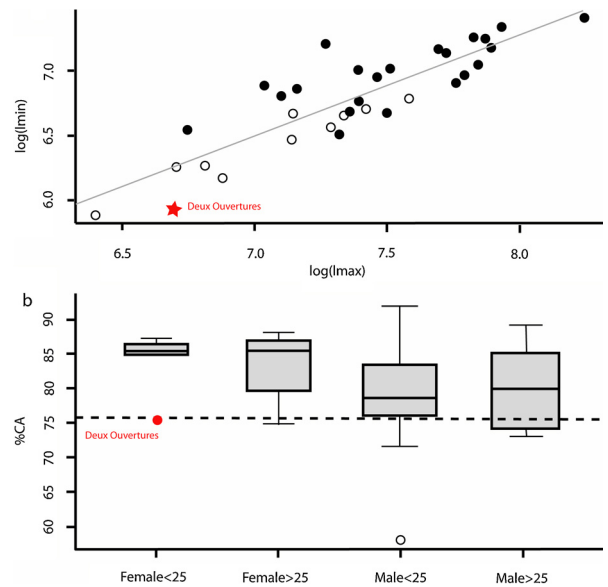


Fig. 8. (a) Mesures comparatives des logarithmes de I_{\max} en fonction de I_{\min} (cf. texte), établies à 65 % de la longueur biomécanique du radius des Deux-Ouvertures (étoile noire) et au sein de la population sapiens actuelle servant de comparaison pour cette étude (ronds pleins pour les hommes et vides pour les femmes). La droite de régression linéaire entre les deux variables mesurées pour la population actuelle est figurée en gris ; (b) pourcentage d'aire corticale (%CA) mesuré à 65 % de la longueur biomécanique du radius. La valeur de %CA du fossile est représentée par la ligne horizontale pointillée.

Fig. 8. (a) Comparative values of the logarithms of I_{\max} as a function of I_{\min} (see text of the article) measured at 65% of the biomechanical length of the radius from Deux-Ouvertures (black star) and in the modern humans used for comparison in this study (solid circles for the men and empty circles for the women). The linear regression between the two measured variables for the current population is depicted in grey; (b) percent cortical area (%CA) measured at 65% (proximal) of the estimated biomechanical length of the radius. The value of the %CA of the fossil is represented by the dotted horizontal line.

retrouve parmi les individus les moins robustes (Fig. 8), ce qui correspond aux individus de sexe féminin dans notre échantillon de comparaison. Le dimorphisme sexuel des valeurs des logarithmes d' I_{\max} et d' I_{\min} est statistiquement significatif, ce qui est cohérent avec les données métriques. En ce qui concerne le pourcentage d'aire corticale, le fossile de la grotte des Deux-Ouvertures présente une valeur assez faible (75,5 %) parmi notre échantillon de comparaison moderne, dont les différences liées au dimorphisme sexuel ou liées à l'âge ne sont pas significatives.

4. Conclusions

L'étude des deux os humains provenant de la grotte des Deux-Ouvertures montre que la diaphyse radiale, appartenant à un sujet jeune, d'âge Néolithique, ne présente pas de différence en regard de radius modernes. En revanche, la partie distale de l'humérus d'un sujet adulte, bien qu'incomplète et altérée, est le premier reste humain d'adulte associé à une grotte ornée paléolithique en Ardèche à avoir été daté. Ce dernier, exception faite peut-être pour la largeur du pilier médian, est plutôt gracile et ne présente pas de différence significative avec les

autres restes du Paléolithique supérieur. Il a été montré qu'il existe une dysharmonie entre des membres inférieurs très robustes et des membres supérieurs plutôt graciles pour les individus du Paléolithique supérieur (Formicola et Holt, 2007, 2015). La gracilité de l'humérus de la grotte des Deux-Ouvertures conforte cette observation, bien que l'on ne puisse exclure une variabilité morphologique importante, très certainement régionale, au sein des populations humaines européennes du Paléolithique supérieur (Voisin et Stalens, sous presse).

Remerciements

Nous tenons à remercier les personnes et les institutions qui ont permis la réalisation de la fouille de ce site et la datation de ses vestiges osseux. La fouille de 2007 a été rendue possible grâce à l'autorisation et au soutien du SRA Rhône-Alpes, aux facilités accordées par la Cité de la préhistoire d'Orgnac Grand Site pour l'hébergement des fouilleurs et à l'aide financière du ministère de la Culture et du département de l'Ardèche. Les datations ont été financées par le ministère de la Culture et par le laboratoire de physiogénomique du CEA de Saclay. Les auteurs souhaitent également remercier les professeurs Michel Panuel et Kathia Chamoître (APHM, service de radiologie et imagerie médicale, UMR 7268 ADES), qui nous ont donné accès à la base de données du CHU, hôpital nord de Marseille. Cet article est dédié à la mémoire de Laurent Puyménil, prématurément disparu.

Références

- Billy, G., 1975. Étude anthropologique des restes humains de l'Abri Pataud. In: Movius, H.L. (Ed.), *Excavation of the Abri Pataud, les Eyzies (Dordogne)*. Peabody Museum of Archaeology and Ethnology. Harvard University, Cambridge, MA, USA, pp. 201–261.
- Blanchard, R., Peyron, D., Vallois, H.V., 1972. Le gisement et le squelette de Saint-Germain-la-Rivière. *Arch. Institut Paleontol. Hum.* 34, 1–112.
- Bresson, F., 2000. Le squelette du Roc-de-Cave (Saint-Cirq-Madelon, Lot). *Paleo* 12, 29–59.
- Chiron, L., 1896. *La préhistoire dans le Vivarais*. Imprimerie centrale de l'Ardèche. Privas, 56 p.
- Coleman, M.N., Colbert, M.W., 2007. Technical note: CT thresholding protocols for taking measurements on three-dimensional models. *Am. J. Phys. Anthropol.* 133, 723–725.
- Elalouf, J.M., Bon, C., Plicht (van der), J., Philippe, M., 2011. Analyse génétique et datation d'échantillons d'ours des cavernes (*Ursus spelaeus*) de la grotte des Deux-Ouvertures (Ardèche, France). *Quatern. Hors Serie* 4, 283–289.
- Fajardo, R.J., Ryan, T.M., Kappelman, J., 2002. Assessing the accuracy of high-resolution X-ray computed tomography of primate trabecular bone by comparisons with histological sections. *Am. J. Phys. Anthropol.* 118, 1–10.
- Fisher, E., 1906. Die Variationen an Radius und Ulna des Menschen. *Zeitschrift für Morphol. und Anthropol.* 9, 147–247.
- Formicola, V., Holt, B.M., 2007. Resource availability and stature decrease in Upper Palaeolithic Europe. *JASs Reports. J. Anthropol. Sci.* 85, 147–155.
- Formicola, V., Holt, B.M., 2015. Tall guys and fat ladies: Grimaldi's Upper Paleolithic burials and figurines in an historical perspective. *JASs Hist. Corner J. Anthropol. Sci.* 93, 71–88.
- France, D.L., 1983. Dans Bass W. 1995. *Human Osteology—A laboratory and field manual—Fourth edition*. Missouri Archaeological Society, Columbia, pp. 1–361.
- Gely, B., Porte, J.-L., 1996. Les gravures paléolithiques de la grotte des Deux-Ouvertures à Saint-Martin-d'Ardèche. *Bull. Soc. Prehist. Ariège-Pyrénées* 51, 81–98.
- Hambucken, A., 1995. Étude du degré de robustesse des os longs du membre supérieur des Néandertaliens. *Bull. Mem. Soc. Anthropol. Paris* 37, 37–47.
- Jacobs, K.H., 1985. Evolution in the postcranial skeleton of Late Glacial and early Postglacial European hominids. *Z. Morphol. Anthropol.* 75, 307–326.
- Monney, J., Baracchini, L., Lateur, N., Stocchetti, S., 2010. La grotte des Deux-Ouvertures : le regard et la mémoire. Perception d'une grotte ornée paléolithique à la sortie des gorges de l'Ardèche. *Ardeche Archeol* 27, 3–12.
- Monney, J., Delannoy, J.-J., Genty, D., Hellstrom, J., Jaillet, S., Kaltnecker, E., Lateur, N., Moreau, C., Philippe, M., Sadier, B., Stocchetti, S., Valladas, H., 2014. La grotte des Deux-Ouvertures à Saint-Martin-d'Ardèche : approches chronométriques croisées de la mise en place du massif stalagmitique (U/Th et ¹⁴C AMS) : implications quant aux fréquentations humaines de la cavité et à la présence ursine dans la région. In: Paillet, P. (Ed.), *Les arts de la préhistoire : micro-analyses, mises en contextes et conservation*. Actes du colloque « Micro-analyses et datations de l'art préhistorique dans son contexte archéologique ». MADAPCA, Paris, pp. 41–50, 16–18 novembre 2011. *Paleo*, numéro spécial.
- Philippe, M., 2009. Découverte de vestiges osseux humains dans le secteur orné paléolithique de la grotte des Deux-Ouvertures. *Ardeche Archeol* 26, 13–14.
- Philippe, M., Monney, J., Argant, J., Chauvet, J.-M., Debard, E., Gely, B., Lateur, N., Stocchetti, S., 2009. La grotte ornée paléolithique des Deux-Ouvertures (Saint-Martin-d'Ardèche) en tant que « grotte à ours des cavernes » ; une « grotte à ours des cavernes » à la sortie des gorges de l'Ardèche. *Ardeche Archeol* 26, 3–12.
- Rasband, W.S. 2010. ImageJ. U. S. National Institutes of Health, Bethesda, MD, USA. <http://rsb.info.nih.gov/ij/>.
- Scheuer, L., Black, S., 2000. *Developmental juvenile osteology*. Academic Press, London, 587 p.
- Schulting, R.J., Trinkaus, E., Higham, T., Hedges, R., Richards, M., Cardy, B., 2005. A Mid-Upper Palaeolithic human humerus from Eel Point, South Wales, UK. *J. Hum. Evol.* 48, 493–505.
- Spoor, F., Zonneveld, F., Macho, G.A., 1993. Linear measurements of cortical bone and dental enamel by computed tomography: applications and problems. *Am. J. Phys. Anthropol.* 91, 469–484.
- Trinkaus, E., 2006. The upper limb remains. In: Trinkaus, E., Svoboda, J. (Eds.), *Early modern human evolution in central Europe - The people of Dolní Věstonice and Pavlov*. Oxford University Press Oxford, UK, pp. 327–372.
- Trinkaus, E., Ruff, C.B., 2012. Femoral and tibial diaphyseal cross-sectional geometry in Pleistocene *Homo*. *PaleoAnthropology*, 13–62.
- Trinkaus, E., Buzhilova, A.P., Mednikova, M.B., Dobrovolskaya, M.V., 2014. *The People of Sungir: Burials, Bodies and Behavior in the Earlier Upper Paleolithic*. Oxford University Press, New York, New York, 339 p.
- Voisin, J.-L., 2012. Les caractères discrets des membres supérieurs : un essai de synthèse des données. *Bull. Mem. Soc. Anthropol. Paris* 24, 107–130.
- Voisin, J.-L., Stalens, H., 2016. Chapitre 57 - Le membre supérieur de la « Dame du Cavillon ». In: de Lumley, H. (Ed.), *La grotte du Cavillon, sous la falaise des Baoussé-Roussé, Grimaldi, Italie*. Édition du CNRS, Paris, pp. 869–908.