

# De la **quadrupédie** à la **bipédie**

L'importance de l'anatomie comparée dans la détermination des asymétries bipèdes, ou comment reconnaître un équilibre postural occlusal, cranio-facial, vertébral et appendiculaire.

**Dr Djillali Hadjouis**  
Archéologue,  
paléanthropologue

## Introduction

En dépit d'une forte implication depuis une vingtaine d'années dans des champs anatomiques méconnus ou peu abordés en anatomie, en anatomie comparée, en zoologie, en paléontologie ou en paléanthropologie, la communication dans ces domaines apparaît hélas encore aujourd'hui comme nouvelle. Pourtant, les sources bibliographiques qui ont contribué à mettre en pratique les postulats et leurs développements analytiques sont plus conséquentes (pour plus de détails, voir la bibliographie sur le site [djillali-hadjouis.fr](http://djillali-hadjouis.fr)) ; de même, des thèses universitaires (MNHN, universités de chirurgie dentaire, écoles d'ostéopathie) ont été soutenues avec grand succès (Cho, Carré, Siffre, Lahousse...) et ne devraient plus susciter un quelconque caractère inédit, compte tenu des exemplaires démonstratifs pris sur de larges collections archéologiques.

De quoi s'agit-il ? La triple spécialité de l'auteur – paléontologie quaternaire des vertébrés, paléanthropologie et paléopathologie dentaire et osseuse – a été mise à contribution pour la compréhension d'un concept d'équilibre postural quadrupède et bipède selon une architecture anatomique holistique afin que soient mieux appréciés les rapports biomécaniques et biodynamiques de cause à effet, cette démarche s'inscrivant à partir d'individus ou de populations dites normales, anormales ou pathologiques. Dès lors que ces trois frontières sont délimitées selon leurs informations différentielles anatomiques et nosologiques, les critères retenus, qu'ils soient occlusal, basicrânien, vertébral ou appendiculaire, apparaissent nettement plus explicites. Autrement dit, l'analyse d'une asymétrie cranio-faciale (hémiplogie, plagiocéphalie, asymétrie verticale par hypomandibulie...), d'une cypho-scoliose ou d'une dysplasie de la hanche chez l'homme bipède est menée avec plus de données sur leur architecture. Cet article ne traitant ici que de l'asymétrie posturale, le lecteur trouvera une documentation plus approfondie dans les travaux d'anatomie comparée de Le Double (1903, 1906, 1912), les nombreux travaux de Delmas depuis 1938 et ceux de Vallois.

### Les quadrupèdes : équilibre occlusal et équilibre postural

L'analyse posturale de certains vertébrés quaternaires (genres *Bos*, *Bison*, *Syncerus*, *Bubalus*, *Equus*) a montré, tant sur le plan occlusal que sur le plan appendiculaire, des rapports d'équilibre au sol fort différents

de ceux adaptés par l'homme dès son acquisition à la station debout. En effet, force est de constater que ces ongulés adaptés à la course rassemblent des critères posturaux (segment cervical, segments distaux des membres, port de tête) identifiés selon leur morphologie adaptative environnementale et locomotrice. Ainsi, un port de tête surélevé chez l'aurochs (*Bos*

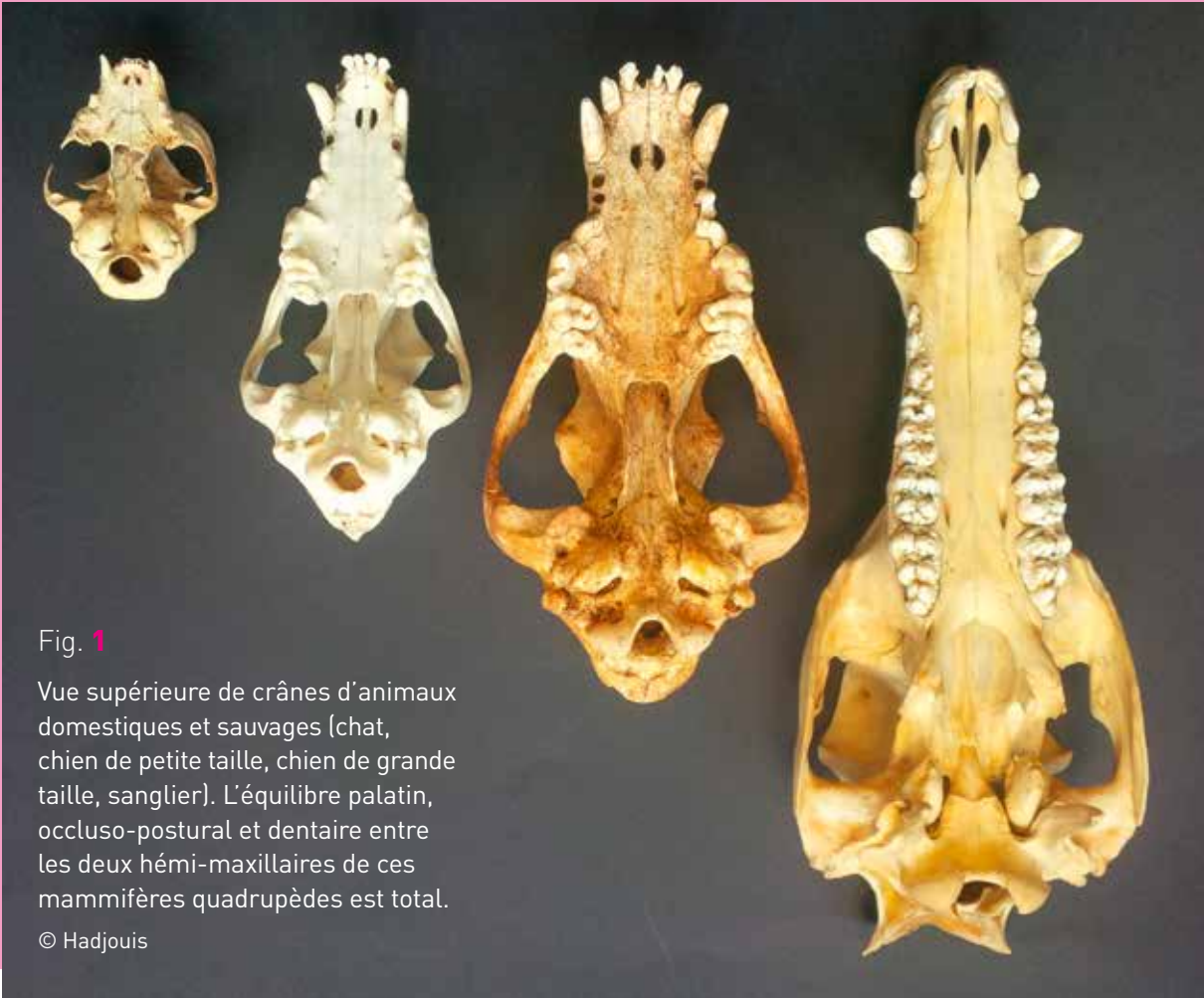


Fig. 1

Vue supérieure de crânes d'animaux domestiques et sauvages (chat, chien de petite taille, chien de grande taille, sanglier). L'équilibre palatin, occluso-postural et dentaire entre les deux hémimaxillaires de ces mammifères quadrupèdes est total.

© Hadjouis

*primigenius*), habitué à une alimentation de type mangeur de feuilles, est souvent associé à un allongement des métacarpes avec des extrémités distales dont la largeur est proportionnelle à la longueur de l'os. Cette mécanique suggère une adaptation locomotrice sur des terrains durs. À l'inverse, des buffles et des bisons ont développé une assise posturale quelque peu différente compte tenu d'un port de tête bas de type broyeur ou tondeur d'herbe, associé à une réduction des métacarpes aux extrémités nettement plus élargies les prédisposant à des terrains meubles. Qu'ils aient un centre de gravité positionné au centre du corps (*Bos primigenius*) ou ramené vers l'avant (*Syncerus*, *Bubalus*, *Bison*, certaines antilopes), ces vertébrés quadrupèdes et la majorité des espèces mammaliennes (espèces fossiles, sauvages ou domestiques) sont symétriquement disposés sur leurs côtés droit et gauche, les centres gravitaires étant positionnés entre train avant et train arrière (garrot et croupe) et côtés gauche et droit.

La position de la tête de l'ensemble de ces mammifères quadrupèdes est en porte-à-faux, libre de tout mouvement par rapport au reste du squelette

postcrânien, et ne développe manifestement aucune contrainte mécanique ni aucune influence sur toute l'architecture horizontale postcéphalique du rachis. De même, les rapports cranio-faciaux et occlusaux ne subissent aucune contrainte, les asymétries de la sphère cranio-faciale et les dysmorphoses étant tout bonnement absentes, l'équilibre est total [fig. 1]. La posture céphalo-caudale des quadrupèdes (*foramen magnum* situé à l'arrière du crâne) est maintenue tel un pont suspendu entre deux piliers représentés par un garrot et une croupe. Cette harmonie architecturale que l'on retrouve chez les vertébrés quadrupèdes et chez les espèces sauvages est brisée avec l'avènement du Néolithique et son cortège de nouvelles expériences de domestication et d'élevage. Ainsi, les bêtes de somme (mulets) et les animaux de trait et de labour (bœufs, chevaux) vont développer non seulement des asymétries dimensionnelles et des croisements des membres mais également des pathologies diverses liées à ces travaux (surtout spondylarthrose ankylosante et ostéite déformante). Mais là aussi, y compris chez les espèces actuelles, l'équilibre occlusal et l'équilibre cranio-facial ne sont jamais perturbés.

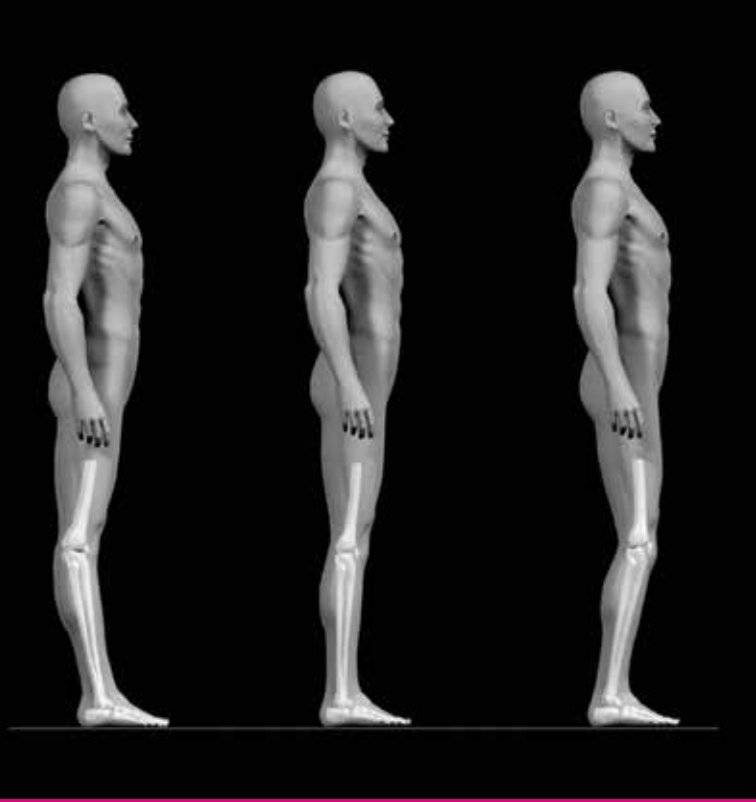


Fig. 2

Trois postures anatomiques du bipède de profil droit, montrant des relations architecturales évidentes entre elles. Si la posture du centre semble équilibrée, avec une articulation du genou dont la charge gravitaire est répartie harmonieusement sur l'ensemble des compartiments tibiaux, celle de droite montre une posture à l'articulation du genou semi-fléchie. Cette dernière est à la suite de comportements architecturaux sus-jacents importants : une absence ou une faiblesse de la lordose lombaire avec un bassin en rétroversion. Le tibia montre une pente tibiale importante avec des appuis postérieurs quant à l'assise des pieds, leur charge étant plus répartie sur les tarses médian et antérieur. La posture de gauche arbore un phénomène inverse : l'articulation du genou est en hyper-extension (*genu recurvatum*, avec une pente tibiale inversée et des appuis antérieurs). Celle-ci est en relation avec une hyper-lordose et un bassin en antéversion exagérée. La répartition de la charge gravitaire aux pieds est plus importante sur les tarses médian et postérieur.

© Hadjouis et Huard

## Les grands singes : quel équilibre ?

Dans ce cas, comment les grands singes se comportent-ils ? Les plus proches parents de l'homme, tels que chimpanzés, gorilles, orangs-outangs, ont une adaptation au sol proche des quadrupèdes avec une colonne vertébrale dressant une courbure unique et à convexité postérieure. Cette dernière s'oriente selon une direction céphalo-caudale diagonale ou subverticale lors de l'érection du corps ou de la locomotion, ramenant le centre et la ligne de gravité au sommet du segment lombaire ou plus haut (T12 chez le singe quadrumane, L1 chez le gorille, L2 chez le gibbon). Cette posture architecturale arc-boutée se comporte de la même manière qu'un homme ayant développé une cyphose arrivée à son stade le plus extrême (spondylarthrose ou spondylarthrite ankylosante sur rachis scoliotique ou cypho-scoliotique) : l'un comme l'autre ne pourront ramener la ligne de plomb gravitaire le plus en arrière possible qu'au prix d'une plicature des genoux. La flexion du genou, qui paraît anodine, montre que cet exemple est partagé par les Néandertaliens. La posture de ces derniers offre un schéma architectural similaire aux grands singes et au cyphotique par une association de caractères remarquables : crâne en extension, *foramen magnum* légèrement en situation distale due à la faiblesse

de la rotation antérieure de l'écaïlle de l'occipital, cyphose cervicale, lordose absente ou insuffisante, rétroversion du bassin, genou en flexion.

L'extension cranio-faciale antéro-postérieure des grands singes et une disposition distale du trou occipital suggèrent également une adaptation morpho-fonctionnelle proche des quadrupèdes ne développant aucune asymétrie du bloc cranio-facial ni de l'occlusion. Mais cette dernière dégage une particularité supplémentaire propres aux primates : le verrouillage canin. Le grand développement en hauteur des canines (appelées également défenses) et la programmation de diastèmes aux endroits respectifs maxillo-mandibulaires ont verrouillé systématiquement tout mouvement lors de la fermeture de la bouche. Ainsi, les primates font partie des grands mammifères qui possèdent un équilibre postural et ne présentent pas d'asymétrie.

## Le bidouillage de la station debout de l'homme

Avec le redressement vertical, la station debout des *Homininae* ne s'est pas faite sans dégâts. Plusieurs modifications morpho-fonctionnelles et spatiales se mettent en place. La libération du membre antérieur devenant membre supérieur et l'augmentation de la

cavité cérébrale évoluent de pair avec le redressement de la colonne vertébrale. Celle-ci aura deux conséquences majeures. La première conséquence est située à la charnière occipito-cervicale, dont le *foramen* occipital sera désormais en situation mésiale après un long mécanisme complexe occipito-basi-sphénoïdien, ramenant tout cet ensemble basi-crânien selon une trajectoire en flexion positionnant la tête au-dessus d'une colonne vertébrale verticalisée. La seconde conséquence intéressera la région lombo-sacrée. Le passage d'une colonne vertébrale à courbure unique chez les grands singes à une colonne redressée chez *Homo* (ou les pré-humains) nécessitera d'abord la formation d'une lordose lombaire qui, par son mouvement de traction antérieure, tirera à elle un bassin dont la rotation se retrouvera en antéverson [fig. 2]. Cette courbure s'ajoutera aux trois autres courbures sagittales primitives (cervicale, dorsale et sacro-coccygienne). Avec l'acquisition de la bipédie, des répercussions importantes vont intervenir au niveau postural, met-

tant ainsi en place de nouvelles adaptations morpho-fonctionnelles inconnues chez les quadrupèdes. La charge mécanique n'est pas répartie de la même manière sur les membres inférieurs et surtout sur l'articulation du genou des populations fossiles et actuelles. Chez ces dernières, la ligne de charge, qui correspond aux points gravitaires du corps, n'est pas uniforme bilatéralement et répond à certains paramètres liés au poids, à l'ossature, à la morphologie architecturale, à la disposition bipodale et à certaines pathologies congénitales et/ou héréditaires. Ces nouvelles adaptations déstabilisent les points d'équilibre au niveau de leur articulation et du même coup désorientent le rapport avec le sol. Les exemples d'asymétrie sont nombreux à tous les niveaux d'articulation (base du crâne, face, occlusion, rachis, bassin, membres supérieurs et inférieurs) [fig. 3 et 4]. Les répercussions sont considérables. Les phénomènes inflammatoires du rachis (arthrose cervicale, lombalgies, discarthrose, hernie discale) et leurs déformations (scoliose, cyphose, hyper-lordose),

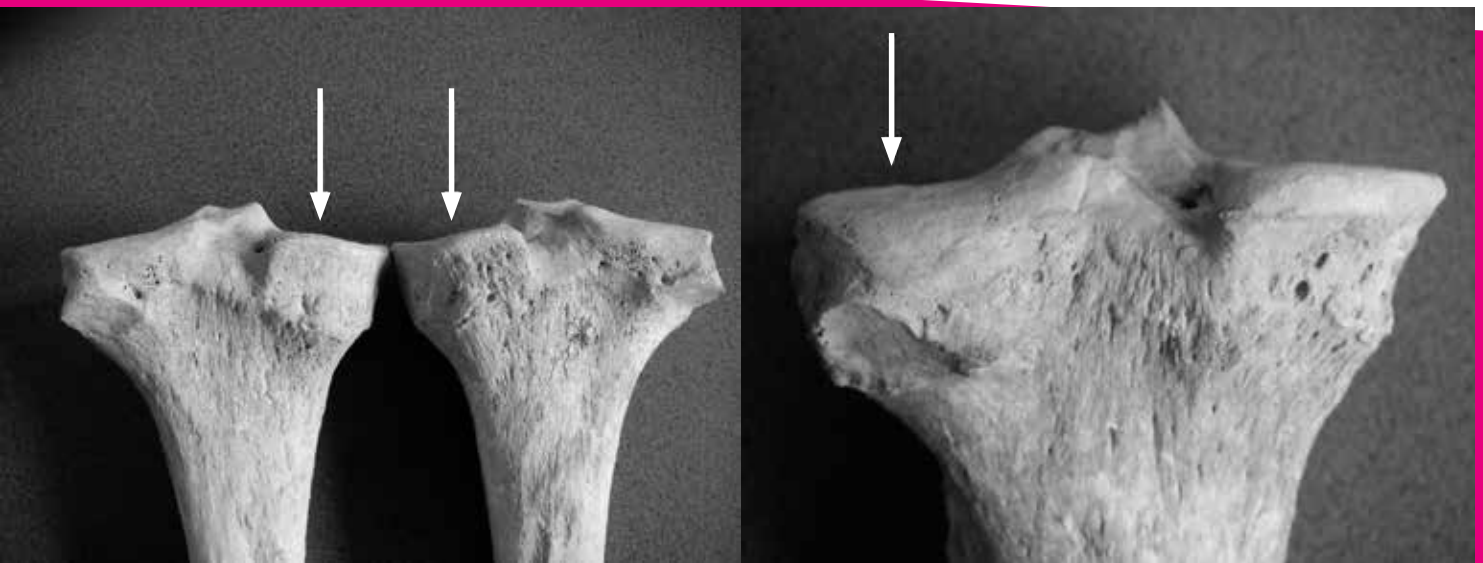


Fig. 3

Deux extrémités proximales de tibia d'un même individu jeune adulte de sexe masculin en vue postérieure (nécropole médiévale et moderne de Chennevières-sur-Marne), montrant des appuis importants sur le compartiment tibial médial. À noter également, l'obliquité de l'épiphyse dans sa partie centro-médiale. Cet exemple est celui d'un *genu varum* bilatéral.

© Hadjouis

Fig. 4

Extrémité proximale de tibia d'un adulte de sexe masculin en vue postérieure (nécropole médiévale et moderne de Chennevières-sur-Marne), montrant un appui important sur le compartiment tibial latéral. À noter également que la partie médiale présente un alignement horizontal entre le compartiment tibial et la trace épiphysaire. Cet exemple est celui d'un *genu valgum*.

© Hadjouis

les malformations congénitales (torticolis, sacralisation de L5 et lombalisation de S1 ou leur soudure unilatérale), les malformations de la hanche (dysplasie luxante, ostéonécrose de la hanche, *coxa vara*, *coxa valga*, *coxa plana*), du genou (*genu valgum*, *genu varum*, *genu recurvatum*) ou du pied (*hallux valgus*, pied bot) ainsi que toutes les asymétries dimensionnelles du membre inférieur ne sont que la résultante de l'homínisation : la station bipède du genre *Homo*.

## Qu'en est-il de l'enseignement académique ?

Longtemps, les paléoanthropologues et les paléontologues se sont surtout intéressés aux seuls fossiles humains les plus anciens, eu égard à leur originalité et au caractère quasi sacré du fossile rare, tout en méconnaissant la grande variabilité architecturale contemporaine. J'entends par «variabilité» y compris l'anomalie qui siège au niveau du crâne, de l'occlusion et de l'équilibre postural bipède. Car l'anomalie n'étant pas une pathologie, elle devrait être prise en considération dans l'analyse du morphotype humain. Or, il se trouve que les enseignements de paléoanthropologie et de paléontologie humaine ne prennent pas en compte cette caractéristique différenciant quelque peu de la variabilité classique (dimorphisme, polymorphisme, différences de taille...). De même, les asymétries, les torsions du visage, les déséquilibres maxillo-mandibulaires (anomalies et/ou pathologies), dont les causes sont multiples (hérédité, endogamie, trauma, syndromes, maladies métaboliques, déformation intentionnelle, malformation congénitale...), ne sont pas pris en compte. Par ailleurs, les analyses paléontologiques et paléoanthropologiques s'appuyant rarement sur les mécanismes complexes de l'évolution des systèmes squelettiques chez les espèces fossiles, c'est surtout la description des restes osseux (crâne, dents, os des membres) qui primera dans un contexte paléoenvironnemental, chronostratigraphique et paléogéographique. Si les quelques chercheurs qui ont initié ce domaine restent certes en nombre limité, leurs analyses livrent des données anatomiques, statistiques et radiographiques assez singulières, compte tenu des modèles de réflexion nouveaux sur la posture des quadrupèdes et la verticalisation des bipèdes. De quoi s'agit-il au juste ? Les recherches fondamentales sur l'évolution des *Hominidae* s'appuient traditionnellement sur des notions de phylogénèse, d'ontogénèse, de paléogéographie, de taxonomie, y compris la variabilité inter et intra-spécifique qui existe au sein des taxons. En raison des disparités et de la rareté des restes fossiles complets, leur étude est centrée sur l'élément conservé et rien n'indique

les relations qui peuvent exister avec d'autres restes, y compris parfois du même individu. En revanche, la présence de squelettes complets de plusieurs individus d'une même population, comme c'est le cas dès le Paléolithique supérieur, amène à reconsidérer la question de la simple étude paléoanthropologique (âge, sexe, stature, biométrie de la denture et des restes osseux, polymorphisme et dimorphisme, plésiomorphie, apomorphie...) par une lecture à la fois nouvelle et complémentaire de l'architecture cranio-faciale et de ses relations avec l'occlusion, puis de ses relations avec l'ensemble du squelette, quand celui-ci est normal, anormal ou pathologique. Ainsi, la perturbation suturale de la voûte crânienne, la mauvaise jonction de la synchondrose sphéno-occipitale, une psalidontie exagérée ou une labidontie par une forte usure dentaire, une hypodontie, une hypérodontie, une inclusion dentaire, la persistance de dents lactéales chez l'adulte, une usure non équilibrée des dents, une avulsion dentaire orientent d'emblée le diagnostic d'un déséquilibre maxillo-mandibulaire. Ces dysmorphoses primitives dento-squelettiques cachent en réalité un déséquilibre cranio-facial plus profond se situant le plus souvent au niveau de la base du crâne, dont la lésion ou l'anomalie s'est mise en place très tôt (période intra-utérine ou postnatale). L'analyse de la cinématique architecturale de ces dysmorphoses appuyée par l'imagerie s'oriente vers un constat d'échec du développement cranio-facial. Les autres pièces osseuses périphériques vont suivre une trajectoire dont la dynamique sera également tenue en échec. C'est dans ce contexte de bouleversements architecturaux en cascade que l'analyse de l'équilibre postural bipède est intéressante à suivre (équilibre occlusal / équilibre bipodal). Ainsi, les relations posturales avec les lésions d'origine ascendante ou descendante chez un individu normal ou pathologique (affections descendantes et ascendantes dans une dysplasie de la hanche ou dans une *coxa vara* de croissance) sont mieux perçues et analysées avec précision (Hadjouis, 2006, 2018).

## BIBLIOGRAPHIE

→ D. Hadjouis, «Variations anatomiques posturales chez les populations franciliennes du Moyen Âge (Val-de-Marne). L'exemple des dysplasies luxantes de la hanche et des malformations articulaires du genou», *Biom. hum. anthropol.*, t. 24, n°s 3-4, 2006.

→ D. Hadjouis, *Atlas des maladies et traumatismes du monde médiéval et moderne (I<sup>er</sup> siècle-XVII<sup>è</sup> siècle)*, Londres, ISTE Éditions, 2018, 276 p.