



Thèse

2007

Open Access

This version of the publication is provided by the author(s) and made available in accordance with the copyright holder(s).

Adaptation structurelle des os du membre supérieur et de la clavicule à l'activité

Perreard Lopreno, Geneviève

How to cite

PERREARD LOPRENO, Geneviève. Adaptation structurelle des os du membre supérieur et de la clavicule à l'activité. Doctoral Thesis, 2007. doi: 10.13097/archive-ouverte/unige:18785

This publication URL: <https://archive-ouverte.unige.ch/unige:18785>

Publication DOI: [10.13097/archive-ouverte/unige:18785](https://doi.org/10.13097/archive-ouverte/unige:18785)

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

FACULTÉ DES SCIENCES

Section de biologie
Département d'anthropologie et d'écologie
Laboratoire d'archéologie préhistorique
et d'histoire des peuplements

Professeur Alain Gallay
Professeure Marie Besse

Adaptation structurelle des os du membre supérieur et de la clavicule à l'activité : analyse de l'asymétrie des propriétés géométriques de sections transverses et de mesures linéaires dans une population identifiée (collection SIMON)

THÈSE

présentée à la Faculté des sciences de l'Université de Genève pour obtenir le grade de
Docteur ès sciences, mention anthropologie

par

Geneviève PERRÉARD LOPRENO

de Genève

Thèse N° 3845

Genève
2007

UNIVERSITÉ DE GENÈVE

FACULTÉ DES SCIENCES

Section de biologie
Département d'anthropologie et d'écologie
Laboratoire d'archéologie préhistorique
et d'histoire des peuplements

Professeur Alain Gallay
Professeure Marie Besse

Adaptation structurelle des os du membre supérieur et de la clavicule à l'activité : analyse de l'asymétrie des propriétés géométriques de sections transverses et de mesures linéaires dans une population identifiée (collection SIMON)

THÈSE

présentée à la Faculté des sciences de l'Université de Genève pour obtenir le grade de
Docteur ès sciences, mention anthropologie

par

Geneviève PERRÉARD LOPRENO

de Genève

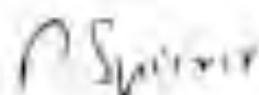
Thèse N° 3845

Genève
2007

La Faculté des sciences, sur le préavis de Monsieur A. GALLAY, professeur honoraire et directeur de thèse (Département d'anthropologie et d'écologie), Madame M. BESSE, professeur adjoint et co-directrice de thèse (Département d'anthropologie et d'écologie), Messieurs R. RIZOU, professeur ordinaire (Faculté de médecine - Dpt de réhabilitation et gériatrie), et C. CHISEL, docteur (University of Bradford - Division of Archaeological, Geographical and Environmental Sciences - Bradford, United Kingdom), autorise l'impression de la présente thèse, sans exprimer d'opinion sur les propositions qui y sont énoncées.

Genève, le 3 avril 2007

Thèse - 3845 -



Le Doyen, Pierre SPIERER

Où il est question de *thèser* ...

tendre à, viser, ambitionner, convoiter, désirer, prétendre, s'efforcer, poursuivre, vouloir, rêver de, aspirer à, envier, espérer, rechercher, souhaiter, aller vers ...

devenir, tourner, aboutir, conduire, mener, se terminer, se transformer en, s'orienter, converger, se rapprocher, concourir, contribuer ...

SOMMAIRE

Remerciements	i
1. Introduction	1
1.1. À l'origine du projet	1
1.2. Problématique et objectifs	2
2. Les choix méthodologiques	5
2.1. Quels indicateurs pour parler des activités physiques dans le passé ?	5
2.2. L'asymétrie	7
2.3. Les régions anatomiques et les sections	8
3. Contexte de la recherche	11
3.1. Bases ostéologiques	11
3.1.1. Formation et renouvellement du tissu osseux	11
3.1.2. Évolution de la structure osseuse avec l'âge	12
3.1.3. La composante ethnique ou populationnelle	14
3.2. L'asymétrie	15
3.2.1. L'asymétrie comportementale	15
3.2.2. Concordance entre l'asymétrie comportementale et l'asymétrie de la structure	17
3.3. Quelques applications de l'approche biomécanique à l'étude de populations anciennes	19
4. Matériel	29
4.1. La collection SIMON de squelettes identifiés	29
4.1.1. La constitution de la collection SIMON – fouilles 1998-2003	29
4.1.1.1. Les démarches administratives	30
4.1.1.2. L'organisation des cimetières vaudois	30
4.1.1.3. Les archives	31
4.1.1.4. Les critères de sélection des squelettes	32
4.1.1.5. Le terrain	32
4.1.1.6. Les caractéristiques de la collection	33
4.1.2. La place de la collection SIMON parmi les séries ostéologiques de référence	34
4.2. Le corpus sélectionné pour l'application	35
4.2.1. La pathologie traumatique	36
4.2.2. Constitution et caractérisation des groupes d'activités	36
5. Méthodes	41
5.1. Les propriétés géométriques des sections transverses	41

5.1.1. Principes biomécaniques	41
5.1.2. Les propriétés géométriques retenues	42
5.1.3. Présentation et illustration de variables indicatives de la géométrie des sections	44
5.1.3.1. Le rapport des propriétés géométriques I_x/I_y et I_{max}/I_{min}	44
5.1.3.2. L'angle θ : orientation de I_{max}	45
5.1.4. Modalités d'acquisition des propriétés géométriques	47
5.1.4.1. Positionnement des ossements sur la table d'examen du CT scanner	47
5.1.4.2. Traitement des images	48
5.2. <i>La calibration des images tomодensitométriques</i>	48
5.2.1. Introduction	48
5.2.2. Facteurs et contraintes ayant orienté la mise en place du protocole de calibration	51
5.2.3. Déroulement du protocole	52
5.2.4. Premier temps de la calibration : application du protocole à un échantillon archéologique	54
5.2.4.1. Evaluation de la reproductibilité de la mesure des sections sciées	54
5.2.4.2. Repérer une fenêtre de lecture des images	55
5.2.5. Second temps de la calibration : application du protocole à un échantillon tiré de la collection SIMON	55
5.2.5.1. Application préliminaire : avec ou sans interpolation ?	56
5.2.5.2. Repérer une fenêtre de lecture des images	56
5.2.6. Validation de la fenêtre sélectionnée	57
5.2.6.1. Résultats pour l'humérus	57
5.2.6.2. Résultats pour le radius	58
5.2.7. Mesure de la densité maximale (HU)	58
5.2.8. Indications sur la précision du repositionnement des os	59
5.2.9. Examen comparatif des échantillons archéologique AR et moderne CS	59
5.2.10. Décisions sur la calibration des fenêtres des images CT scan	61
5.2.10.1. L'humérus	61
5.2.10.2. Le radius	62
5.2.10.3. La clavicule.....	62
5.2.10.4. Le mot de la fin	63
5.3. <i>Les mesures linéaires</i>	63
5.3.1. Les mesures : nom, référence, description et commentaires	63
5.3.2. La reconstitution de données manquantes	67
5.3.3. Estimation des erreurs de mesure	67
5.4. <i>Mesure de l'asymétrie</i>	68
5.5. <i>Les traitements statistiques</i>	69
6. Résultats de l'exploration des variables	71
6.1. <i>L'asymétrie et la latéralisation du membre supérieur</i>	72
6.1.1. Procédé de repérage d'individus potentiellement gauchers	72
6.1.2. Le sous-groupe des « profils inversés »	73
6.1.3. Validation	74
6.1.4. Eléments de conclusion	78
6.1.5. Que faire des « gauchers » pour les analyses qui vont suivre	79
6.2. <i>Analyse de l'asymétrie des mesures linéaires ou externes</i>	81
6.2.1. La clavicule	82
6.2.1.1. L'asymétrie des aires totales des sections transverses	82
6.2.1.2. L'asymétrie de longueur	82

6.2.1.3. L'asymétrie de la profondeur de la courbure médiale	83
6.2.1.4. L'asymétrie de la profondeur de la courbure latérale	83
6.2.1.5. L'asymétrie de la somme des profondeurs des courbures médiale et latérale	84
6.2.2. L'humérus	84
6.2.2.1. Les aires totales des sections transverses	84
6.2.2.2. L'asymétrie de longueur	85
6.2.2.3. L'asymétrie de la largeur bicondyalaire	85
6.2.2.4. L'asymétrie de la largeur articulaire de l'épiphyse distale	85
6.2.2.5. L'asymétrie du diamètre vertical de la tête humérale	86
6.2.2.6. L'asymétrie de la largeur du tubercule majeur	86
6.2.3. Le radius	87
6.2.3.1. Les aires totales des sections transverses	87
6.2.3.2. L'asymétrie de la longueur	87
6.2.3.3. L'asymétrie des dimensions au maximum de développement de la diaphyse	87
6.2.3.4. L'asymétrie des dimensions de l'épiphyse distale	88
6.2.3.5. L'asymétrie de la tête radiale	88
6.2.4. Evaluation de l'influence d'une activité physique sur l'asymétrie du développement de la morphologie externe	88
6.2.4.1. L'activité physique en général	89
6.2.4.2. L'activité physique spécialisée modérée	89
6.2.4.3. L'activité physique spécialisée intense	90
6.2.4.4. L'activité physique spécialisée.....	90
6.3. Analyse de l'asymétrie des propriétés géométriques des sections transverses	91
6.3.1. L'aire totale, l'aire corticale et le pourcentage d'aire corticale	91
6.3.1.1. Évaluation de l'influence de l'activité physique	93
6.3.1.2. À retenir	94
6.3.1.3. Évaluation de l'effet de la pratique d'une activité spécialisée	94
6.3.1.4. À retenir	95
6.3.2. Les seconds moments de l'aire, I_x et I_y	95
6.3.2.1. Évaluation de l'influence de l'activité physique	96
6.3.2.2. Évaluation de l'effet de la pratique d'une activité spécialisée	97
6.3.2.3. À retenir	97
6.3.3. Les seconds moments de l'aire maximum (I_{max}) et minimum (I_{min})	97
6.3.4. Éléments de conclusion	98
6.4. Analyse de la géométrie des sections transverses	100
6.4.1. Analyse des rapports des propriétés géométriques I_x/I_y et I_{max}/I_{min}	100
6.4.1.1. La forme des sections de l'ensemble de la population	100
6.4.1.2. Évaluation de l'influence de l'activité physique	101
6.4.1.3. À retenir	104
6.4.1.4. Évaluation de l'effet de la pratique d'une activité spécialisée	105
6.4.1.5. À retenir	106
6.4.1.6. Éléments de synthèse et commentaires	106
6.4.2. Analyse des valeurs de l'angle θ , orientation de I_{max}	107
6.4.2.1. L'orientation de I_{max} pour l'ensemble de la population	107
6.4.2.2. Évaluation de l'influence de l'activité physique	108
6.4.2.3. Évaluation de l'effet de la pratique d'une activité spécialisée	109
6.4.2.4. L'asymétrie de l'orientation de I_{max} ?	109
6.4.2.5. À retenir	110

7. Un bilan de l'adaptation structurelle à l'activité physique 111

7.1. Composition de l'échantillon de population et conservation	111

7.2. Influence de l'âge	112
7.3. Apport de l'analyse statistique	112
7.4. Effet d'une vie active sur l'asymétrie de la structure osseuse des diaphyses	113
7.4.1. Comparaison entre un mode de vie rural et une vie quotidienne non manuelle	114
7.4.2. Comparaison entre des activités spécialisées et physiquement astreignantes et une vie quotidienne non manuelle	115
7.4.3. Pour conclure	117
7.5. Bilan des informations relatives à l'adaptation fonctionnelle entre agriculteurs et spécialistes	118
8. Les résultats obtenus dans le contexte de la recherche actuelle	121
8.1. Les données de comparaison	121
8.2. Comparaisons des données sur la géométrie des sections	122
8.3. Le pourcentage d'aire corticale comme indicateur de la masse osseuse	123
8.4. L'asymétrie des propriétés géométriques à 35% de la hauteur de l'humérus	124
9. Une voie pour l'exploration des populations anciennes : caractéristiques morphologiques populationnelles versus adaptations fonctionnelles	127
9.1. Une représentation des asymétries indicatives de la morphologie populationnelle	127
9.2. L'asymétrie fonctionnelle de groupes actifs d'effectifs restreints	128
9.3. Envisager une application aux populations anciennes	130
Conclusions	131
Bibliographie	137
Figures	151
Annexes	263
Liste des figures	347
Liste des annexes	353
Catalogue des individus	CD-Rom

Remerciements

C'est un moment émouvant et important de penser à toutes celles et ceux qui m'ont aidée à arriver à bon port ...

C'est aux membres du jury que je pense en un premier temps.

À un professeur d'exception, Alain Gallay, j'adresse toute ma reconnaissance pour avoir accepté d'être le directeur de mon projet de recherche au sein du Département d'anthropologie et d'écologie, alors sous sa direction, et pour son enseignement fondamental.

À Marie Besse, professeure, responsable du Laboratoire d'archéologie préhistorique et d'histoire des peuplements, à qui j'ai imposé une correction marathon dont je lui suis infiniment redevable, j'adresse ma profonde gratitude pour sa confiance, ses encouragements, et pour avoir co-dirigé cette thèse.

Je remercie particulièrement le Dr Christopher Knüsel, senior lecturer en anthropologie biologique à l'Université de Bradford (U.K.), qui a éveillé mon intérêt pour les indicateurs de l'activité et qui m'a orientée et soutenue dans ma recherche.

Mes remerciements vont également au professeur René Rizzoli, chef du Département de réhabilitation et gériatrie des hôpitaux universitaires de Genève, avec lequel j'ai pu partager des discussions qui ont contribué à m'orienter de manière décisive dans mon projet, et qui a accepté d'évaluer ce travail.

Mes remerciements vont ensuite aux institutions et aux personnes qui m'ont accordé un accès à des équipements très précieux.

À l'Institut de radiologie de l'hôpital cantonal universitaire de Genève où j'ai eu le privilège d'avoir accès à un CT scanner, grâce à l'aval donné à ma recherche par le professeur Antoine Geissbuhler, directeur, et par le professeur Jean-Paul Vallée, responsable du Département d'imagerie médicale. Je remercie également Madame Fabienne Betting et Monsieur Patrice Bregis pour leur disponibilité et le temps consacré à m'aider dans cette entreprise.

À l'Institut de radiologie de Bâle et au Dr. Bongartz qui m'a permis de m'initier à l'imagerie médicale.

Je tiens à remercier M. Dunant, directeur de la filière physiothérapie à la Haute Ecole de Santé à Genève, qui m'a permis d'intégrer les cours dispensés en biomécanique et en anatomie fonctionnelle.

Ce sujet de recherche a requis l'apprentissage de notions dans des domaines variés et sans l'aide d'un grand nombre de personnes dont j'ai sollicité les conseils, ce travail aurait été impossible. Qu'ils soient ici très chaleureusement remerciés.

Le Dr Michaël Papaloïzos, orthopédiste, qui a essuyé, avec patience, une rafale de questions et m'a aidée lors du diagnostic des pathologies traumatiques,

Le Dr Antoine Rosset, radiologue à l'hôpital cantonal universitaire de Genève, pour ses recommandations lors du processus de calibration des images tomodensitométriques,

La Dresse Jaroslava Toman, radio-orthopédiste à hôpital cantonal universitaire de Genève, pour l'analyse des images radiologiques,

Le Dr Patrick Ammann, Médecin-adjoint agrégé à l'hôpital des Trois-Chênes, pour ses conseils dans le domaine de la biomécanique,

Le Pr Georges Leonetti, professeur de médecine légale à la Faculté de Médecine de Marseille, Université de la Méditerranée, qui a contribué à orienter ma recherche à un moment délicat,

Cécile Delhumeau, docteure en génie biologique et médical, dont l'encadrement et les encouragements ont grandement participé à garder confiance et aller de l'avant,

Les docteurs Laurent Bernheim, Jean-Paul Janssens, Danilo Janjic pour leurs précieux avis.

Cette recherche a bénéficié plusieurs années du soutien financier de différentes institutions que je remercie pour la confiance qu'elles m'ont accordée.

Du Fonds National de la Recherche Scientifique (subside n° FNS 31-53681.98).

De l'archéologie cantonale vaudoise, qui a permis d'assurer les frais des chantiers de fouilles pour la constitution de la collection SIMON, tout au long de ces années de terrain. Je remercie tout spécialement l'archéologue cantonal, Denis Weidmann, pour le soutien de ce projet auprès des autorités communales vaudoises.

Aux autorités et aux habitants des communes vaudoises qui ont permis que le projet de constitution de la collection de squelettes identifiés se concrétise, nous adressons notre profonde reconnaissance. Ce sont les communes d'Aigle, Bière, Bournens, Crassier, Cully, Etagnières, Lausanne, Lavigny, Moiry, Provence, Valeyres-sous-Rances, Saint-Oyens, Servion, Vallamand, Villette et Trélex.

Pour leur(s) participation(s) énergique(s) aux diverses campagnes de fouilles, je remercie vivement Jocelyne Desideri, Suzanne Eades, Sylvain Ozaine, Magali Schweizer, Franck Raeli, Patricia Chiquet, Cyrille Eloi Tolo, Dominique Sterlin, Luca Dinelli, Sylvie Andrey, Michel Signoli, Yann Ardagna et Gerhard Hotz.

Mes remerciements les plus chaleureux vont à toute l'équipe du personnel administratif et technique du Département qui m'a aidée, selon les compétences de chacun, à résoudre les divers problèmes quotidiens : Marisa Andosilla, Jean Gabriel Elia, Leila Gaudé, Matteo Gios, Marie-Noëlle Lahouze, Valérie Mirault, David Roessli, Micheline Vautravers, Stéphane Weber.

Ces derniers ainsi que tous les autres collègues et amis du Département ont contribué à créer une ambiance de travail incomparable, chaleureuse et stimulante.

Et merci Caroline Crivelli pour avoir partagé le stress des acquisitions CT avec moi !



Un merci tout particulier à mes collègues et amies paléoanthropologues, Christiane Kramar et Jocelyne Desideri, soutiens de tous les instants. Ces années partagées ont une valeur inestimable ...

À mes très chers parents, mes sœurs et frère, beaux-frères et belle-sœur et à ma toute-belle-famille, ma reconnaissance la plus sincère pour leurs encouragements répétés et leurs contributions de toutes sortes – kid-sitting, conseils, photos, traductions ...

Aux membres de ma petite famille, Max, Camille, Gaétan, Léonore, j'adresse mes remerciements infinis pour votre patience et votre soutien.

Max, à nos projets communs maintenant !

Merci mille fois à Carla, qui a été une présence constante et attentionnée auprès de nos enfants.

Je félicite mes grands d'avoir si bien grandi et ma petite de s'être débrouillée comme une grande pendant toutes ces années. Vous savez probablement combien il m'en a coûté de vous laisser autant, mais je vous souhaite d'avoir, un jour, la possibilité d'accomplir un projet aussi prenant et enrichissant.

Merci donc à tous mes trésors de la vie.

1. Introduction

1.1. À l'origine du projet

Parmi la série de squelettes provenant de la nécropole datée du haut Moyen-Âge, le Pré de la Cure à Yverdon-les-Bains (Vaud), de multiples traces de traumatismes mortels infligés au moyen d'armes tranchantes, épées ou haches, ont été relevées sur les ossements de huit hommes (Steiner et al. 2000). Ces traumatismes sont interprétés comme des blessures de combats. Trois d'entre eux ont été inhumés simultanément dans la même tombe et les sépultures individuelles des autres victimes ont été retrouvées en divers endroits de la nécropole. Plusieurs indices historiques, archéologiques et anthropologiques laissent à penser qu'ils auraient pu faire partie d'un corps armé, sans toutefois que les vestiges permettent de le certifier. Un moyen de prolonger la reconstitution de l'histoire de ces personnes inhumées ainsi que de l'ensemble de la population de la nécropole, est de chercher à savoir si des caractéristiques physiques témoignant d'un entraînement spécifique à l'exercice militaire sont repérables sur le squelette de ces hommes.

Les résultats de l'étude anthropologique des squelettes inhumés dans le cloître de l'abbaye de Romainmôtier (Vaud) entrent en contradiction avec les faits historiques. Tous les squelettes sont identifiés comme masculins par l'anthropologie qui fait alors l'hypothèse que ces inhumés sont des moines. Cependant, la localisation des sépultures indiquerait plutôt que ces personnes sont des laïcs, probablement bienfaiteurs de l'abbaye, les moines ayant un lieu d'inhumation réservé en dehors des murs d'après les archives. L'étude de leur morphologie, sur la base de l'hypothèse qu'ils ont mené des vies quotidiennes – dans son acception physique – différentes, pourraient être un moyen d'apporter de nouveaux arguments à la discussion. Ces exemples sont deux questions archéo-anthropologiques, parmi tant d'autres, qui ont éveillé notre intérêt pour le domaine des indicateurs de l'activité.

L'état de la recherche ne permet actuellement pas d'aborder directement ce type de question, mais il est très vraisemblable de penser, qu'au terme d'un certain nombre d'étapes, dont la première sera accomplie dans le cadre de ce travail, il sera possible de l'envisager.

Parmi des indicateurs potentiels de l'activité (morphologie des insertions musculaires ou tendineuses, traumatismes, arthrose ...), les propriétés géométriques des sections transverses des diaphyses des os longs, qui permettent l'analyse de l'adaptation structurelle des os longs au moyen des principes de la biomécanique, ont été privilégiées. C'est une approche macroscopique qui permet l'exploration de l'architecture du squelette, qui reflète à la fois le

résultat de la croissance d'un individu et l'adaptation d'un tissu en continuelle évolution. De plus, cette approche bénéficie d'une multitude d'informations provenant du domaine médical, formant un cadre méthodologique fondamental.

Les acquis de la recherche en ostéologie permettent d'affirmer, avec un certain degré de confiance, que la morphologie du squelette est en partie modelée sous l'effet des contraintes mécaniques. Toutefois, les indicateurs osseux de l'activité utilisés dans le domaine de la paléoanthropologie n'apportent pas de réponse suffisamment spécifique pour considérer leur application directe aux squelettes de la nécropole d'Yverdon-les-Bains. Les résultats sont très variables entre les études et n'offrent pas de réponse à des questions qui paraissent pourtant importantes : existe-t-il une région ou des régions anatomiques dont la structure serait plus influencée(s) par l'activité que d'autres, lesquelles et par quel type d'activités ? Est-ce que le cumul de l'information provenant de plusieurs os et sections est plus révélateur qu'une seule section sur un seul os ?

Il paraît alors tout à fait intéressant, autant qu'indispensable, d'envisager une approche qui permette de contrôler et d'améliorer le potentiel d'interprétation de ces indicateurs.

1.2. Problématique et objectifs

Sur le plan de la démarche méthodologique, cette étude prétend vérifier la relation entre des vies quotidiennes et des morphologies, avec l'ambition d'atteindre un stade interprétatif, ce qui manque aujourd'hui aux études sur les populations archéologiques utilisant des indicateurs biomécaniques de l'activité.

Nous avons choisi de mettre en place un protocole d'étude qui permet de tester des groupes de squelettes dont les caractéristiques connues de l'activité recoupent des informations exploitables sur des populations archéologiques. En s'appuyant sur les résultats obtenus en contexte clinique ou médico-sportif et l'anthropologie, nous tenterons de créer des références pour le matériel archéologique en tenant compte des contraintes inhérentes (âges au décès estimés, problème de la conservation des ossements, des techniques disponibles ...) et des questions spécifiques à ce contexte.

Ce travail est basé sur l'étude d'un ensemble de squelettes d'hommes issu de la collection SIMON, série de squelettes récents identifiés pour lesquels l'âge et la profession sont connus. Le propos de cette étude est de démontrer que des adaptations fonctionnelles existent entre des groupes d'activités issus d'un ensemble populationnel cohérent. L'élément clé qui préside à la constitution de ces groupes est le fait que les populations humaines favorisent le plus souvent un côté, le membre dominant, pour accomplir les activités requérant de l'habileté, de la précision, comme de la force. Nous verrons, qu'au moyen de l'asymétrie, nous sommes en mesure de différencier les professions spécialisées, pour lesquelles on fait l'hypothèse que

l'emploi du côté dominant s'impose pour une grande partie des gestes quotidiens, et les professions requérant une plus grande variété d'activités (les agriculteurs essentiellement). Cela ne sera possible que si les indicateurs sélectionnés et les groupes d'activités constitués sont pertinents. Il convient donc de distinguer les indicateurs les plus adaptés à la problématique. Notre choix s'est ainsi porté sur l'analyse de l'asymétrie bilatérale de la géométrie des sections transverses et des dimensions externes des os du membre supérieur et de la clavicule (cf. chapitre 2). Cela implique également que l'on doit s'interroger sur la relation entre la nature des sollicitations mécaniques, le type de modification osseux et sa localisation sur le squelette.

Les professions représentées dans cette série subactuelle de squelettes de référence vont permettre d'explorer l'effet de l'activité physique sur le squelette en comparant des personnes qui, a priori, n'ont pas eu une activité quotidienne physiquement astreignante (non ou peu actifs) avec des actifs. Mais surtout, nous allons tenter de savoir si l'activité quotidienne des artisans (spécialistes) génère des réponses sur le squelette qui se distinguent de celles des paysans (généralistes). Ce dernier groupe est important dans notre étude, non seulement parce qu'il est le mieux représenté numériquement, mais également parce que les paysans représentaient une très forte proportion de la population active des époques qui nous précèdent. Il constitue le groupe de référence qui permettra de remonter le plus sûrement dans le passé. La vie quotidienne des paysans de la campagne vaudoise au début du 20^{ème} siècle n'est vraisemblablement pas si éloignée des conditions vécues par les populations plus anciennes. Ce seront des arguments à vérifier au moyen de l'histoire, de l'ethnographie et de l'archéologie.

Si des différences d'adaptation structurelle entre spécialistes et agriculteurs peuvent être établies, il sera temps alors de mener notre exploration plus loin. Connaissant la variabilité morphologique des populations en général et les particularismes régionaux, il faudra encore démontrer que les résultats obtenus pour la collection SIMON peuvent être reproduits avec d'autres échantillons identifiés d'abord, pour confirmation, puis sur des échantillons de populations archéologiques, dont les contextes permettent d'avoir quelques connaissances sur leurs activités. Nous serons, alors, peut-être en mesure d'apporter quelques lumières sur la vie quotidienne des populations du passé sur la base de leurs caractéristiques morphologiques, avec des arguments spécifiques et directes.

2. Choix méthodologiques

2.1 Quels indicateurs pour parler des activités physiques dans le passé ?

Des questions portant sur le mode de vie, la pratique d'activités spécialisées (techniques de chasse, mouture des céréales, tir à l'arc militaire, par exemple), la répartition du travail entre les sexes, les changements de stratégies de subsistance sont des thèmes abordés au moyen de l'étude d'indicateurs de l'activité. Les indices sur le squelette que l'on peut rattacher à la vie quotidienne ou à des événements particuliers sont multiples, d'ordre adaptatif, pathologique, traumatique voire culturel, mais sont généralement abordés dans deux cadres de référence distincts.

Le premier cadre de référence est celui de la paléopathologie. Une des atteintes la plus couramment employée pour évoquer l'activité dans le passé est l'affection dégénérative non inflammatoire des articulations, ou arthrose (Molleson 1989, Bridges 1992, Pálfi 1997, Knüsel et al. 1997, Jurmain 1999, Sofaer Derevenski 2000, Crubézy et al. 2002). Les lésions traumatiques (fréquence, localisation, type dominant) sont également en mesure d'apporter des informations sur le mode vie (Knüsel et al. 1996, Larsen 1997, Judd & Roberts 1999, Djuric et al. 2006), tout comme les extensions ou créations de surfaces articulaires (Pálfi 1992, Schulter-Ellis 1980).

Dans le cadre de la paléopathologie encore, une approche s'est peu à peu développée *per se*, qui consiste à analyser le remodelage osseux des enthèses, soit la région où s'insère sur l'os un tendon, un ligament, une capsule articulaire ou un fascia (Pinieux et Forest 2003). Historiquement, ce sont les aspects pathologiques qui ont d'abord fait l'objet d'études particulières, puis au cours des recherches, il s'est avéré nécessaire de tenir également compte des aspects sains de ces morphologies, afin d'en comprendre les modalités de mise en place et l'étiologie. On parle d'enthésopathies lorsque ces zones d'ancrage sont profondément lésées. Cette approche a pris un essor certain ces deux dernières décennies dans l'idée d'identifier des « marqueurs de stress liés à l'activité » (markers of occupational stress - Kennedy 1989, ou musculoskeletal stress markers - Hawkey et Merbs 1995). Elle a été appliquée à de nombreuses séries de squelettes préhistoriques et historiques (Hawkey 1988, Bailly-Maître et al. 1996, Munson Chapman 1997, Stirland 1998, Peterson 1998, Robb 1998, Pany 2003, al Oumaoui et al. 2004, Eshed et al. 2004). Malgré la contribution significative de ces études basées sur des sources archéologiques, ethnographiques ou historiques, les résultats de ces recherches n'ont pas été confrontés à des études expérimentales sur des populations identifiées, ni validés par des études cliniques (Jurmain 1999). Wilczak et Kennedy (2000)

relève que le savoir qu'on en a persiste à être anecdotique et que la question scientifique à l'ordre du jour est d'établir des standards pour organiser ces variables et générer des résultats fiables ainsi que d'établir des critères d'enregistrement. Une thèse en cours aborde cette thématique en tenant compte de ces critiques (Villotte 2006). Ce travail intègre les nouvelles connaissances médicales sur le mode de formation des enthèses et propose un nouveau système d'enregistrement qui est appliqué à plusieurs populations identifiées. Cunha et Umbelino (1995) avaient tenté une telle approche sur la population archéologique identifiée de Coimbra, Portugal (profession des individus connue), mais sans aboutir à démontrer une relation entre le développement des enthèses et un type de vie quotidienne. La corrélation à l'âge a parfois été mise en évidence et les résultats font apparaître l'idée que le rôle de l'activité dans la « fabrication » des enthèses est loin d'être sans équivoque.

Le second cadre de référence est donné par les principes de la biomécanique qui permettent l'analyse de l'adaptation structurelle des os, potentiellement à l'activité. Cela consiste à mesurer, sur les sections transverses des diaphyses des os longs, des propriétés géométriques (cf. chapitre 5.1) qui reflètent la capacité de l'os à résister aux différentes forces qui lui sont appliquées. Ces informations sont complétées par l'enregistrement de dimensions externes, souvent issues de l'anthropométrie classique, qui contribuent à décrire la morphologie des os.

Ces différents moyens d'aborder l'activité dans le passé sont globalement confrontés aux mêmes interrogations et problèmes méthodologiques et contextuels. Quel est le degré de fiabilité de l'indicateur pour la reconnaissance d'une activité spécifique ou d'un mode de vie ? Dans quelle mesure, à quelles conditions, des observations sur les populations actuelles peuvent-elles être appliquées sur les populations du passé ? (Jurmain 1991, 1999, Dutour 1992, 1993, Pálfi et Dutour 1996, Stirland 1998, Kennedy 1998, Wilczak et Kennedy 2000, Knüsel 2000).

On ne peut actuellement hiérarchiser ces approches, ni en ce qui concerne le poids de l'influence des facteurs mécaniques par rapport aux facteurs non mécaniques dans la formation de ces formes, reliefs ou altérations osseuses, ni en ce qui concerne le potentiel de restitution des gestes ou mode de vie. Il n'existe actuellement pas de travail à l'échelle d'une population qui intègre des indicateurs pathologiques et biomécaniques en dehors de la recherche menée par Stirland (1998) qui s'est intéressée à la relation entre propriétés géométriques des sections transverses et développement d'une enthèse. Cette tentative de comparer les observations subjectives des insertions avec la quantité d'os cortical présent au même endroit a eu toutefois un succès limité. Des individus isolés ont fait occasionnellement l'objet d'études très détaillées comme dans le cas de fossiles d'hominidés (Churchill et Formicola 1997). Un travail de maîtrise associe des indications de la géométrie des sections obtenues à partir de dimensions externes et des observations relatives à la morphologie des enthèses (Perron 2006).

Nous avons considéré que l'approche biomécanique, en ce qu'elle permet de connaître les caractéristiques de l'architecture du squelette, la structure de base qui supportent les autres marqueurs potentiels, devait être privilégiée dans un premier temps. De plus, cette approche est vitalisée par la quantité phénoménale de recherches menées autour de l'ostéoporose, ou d'une manière plus générale, dans un but de compréhension des processus et des facteurs qui influencent la croissance et le vieillissement du squelette. Elles contribuent à une compréhension toujours plus fine des processus de modelage et remodelage du tissu osseux, en particulier, de la masse et de la géométrie des os en général. Les résultats de décennies de recherches en biologie et médecine indiquent que la base morphologique du squelette est déterminée génétiquement, mais que sa masse et son architecture finales sont modulées par des mécanismes adaptatifs sensibles aux facteurs mécaniques (Trinkaus et al. 1994, Carter et al. 1996, Burr 1997, Proctor et al. 2000, Forwood 2001, Lieberman et al. 2001, Robling et al. 2002, Ruff et al. 2006).

2.2 L'asymétrie

Si les chercheurs s'accordent sur le fait que la structure osseuse est le résultat d'une combinaison de facteurs, ce n'est pas le cas du poids respectif attribué à ces différents agents. Certains voient un rôle essentiel dans l'effet des stimulus mécaniques (Lanyon 1990, Trinkaus et al. 1994, Jee 2000, Frost 2003). Pour d'autres, la présomption selon laquelle le stress induit par les contraintes mécaniques se refléterait dans les caractéristiques morphologiques, la robustesse des os et des attaches musculaires, est une approche trop simpliste (Ohman et al. 2000, Lovejoy et al. 2003, Pearson et Lieberman 2004).

Quoiqu'il en soit, on peut affirmer avec un certain degré de confiance que la morphologie du squelette est en partie modelée par les contraintes mécaniques (Larsen 1997, Knüsel 2000, Lazenby 2002, Ruff 2005, Ruff et al. 2006). Le meilleur moyen d'en faire la preuve, en anthropologie, est d'étudier l'asymétrie entre des structures paires qui répondent de manière égale aux changements systémiques, alimentaires ou physiologiques. Et tout particulièrement le membre supérieur qui est libre des contraintes de la locomotion. L'analyse de l'asymétrie bilatérale du membre supérieur permet d'estimer au mieux ce potentiel de plasticité de l'os, dans les populations vivantes comme archéologiques.

Les chercheurs en paléanthropologie ont souvent mentionné tout l'intérêt de l'asymétrie comme moyen de consolider les bases méthodologiques de la discipline. En effet, Churchill (1994, p. 274) relève l'importance de multiplier l'étude de l'asymétrie pour des échantillons de différentes régions comme de différentes époques « future work should also investigate variation in upper and lower body robusticity, including work on upper limb bilateral asymmetry differences, in more regionally and temporally constrained samples of late pleistocene humans. By so doing, we can incorporate regionally specific archaeological data

and better understand how variation in skeletal morphology relates to variability in subsistence behavior ». D'autre part, Larsen (1997, p. 210) évoque l'asymétrie comme un facteur clé pour la compréhension des poids respectifs de l'hérédité et des sollicitations mécaniques « Asymmetry is of particular interest because some degree of left-right side difference has been documented in a variety of human populations and has played a key role in discussion of genetic vs. functional explanations of bone size and morphology ». On peut encore relever les propos tenus tout récemment par Ruff (2005, p. 209) qui évoque l'intérêt de l'asymétrie qui permet, entre autres, d'échapper à la difficulté de la standardisation des variables « Bilateral asymmetry in upper limb bone strength is another way to assess bone structural responses to mechanical loading, since most humans strongly favor one upper limb (usually the right) over the other during behavioral use. This method has the advantage of inherently controlling for systemic factors such as body size and nutrition ».

L'asymétrie offre ainsi également l'immense avantage de pouvoir s'affranchir du problème de la standardisation des variables. Dans toute analyse morphométrique, il s'impose en effet de tenir compte de la stature d'un individu pour évoquer sa robustesse*, et l'objectif de la standardisation est ainsi de rapporter le résultat de la mesure à l'échelle de l'individu. C'est un problème complexe et en pleine évolution (Ruff 2000b, Holliday 2002, Auerbach et Ruff 2004). La population de la collection SIMON est très homogène sur le plan chronologique et géographique, mais la variabilité morphologique, particulièrement la robustesse, estimée visuellement, est importante.

Finalement, l'asymétrie est à priori un facteur beaucoup moins sensible à l'évolution des paramètres avec l'âge.

2.3 Les régions anatomiques et les sections

Parmi les os du membre supérieur, l'humérus a été très largement privilégié dans nombre d'investigations. Probablement en raison du fait que les premières études biomécaniques se sont faites à partir de radiographies ou de la combinaison de radiographies et de moulages externes. Cette technique d'acquisition nécessite d'avoir recours à des formules d'estimation des propriétés géométriques, formules mathématiques qui requièrent des sections aussi circulaires que possibles, ce que les auteurs ont considéré être le cas à une hauteur de 35% de la diaphyse de l'humérus, en partant de l'épiphyse distale. Les premières publications ayant porté sur l'humérus, il est probable que par la suite, les chercheurs se sont conformé à ce projet dans le but de disposer d'éléments de comparaison.

Une personne est quotidiennement amenée à faire une très grande variété d'actions qui implique probablement que sa structure représente un patchwork de différentes sollicitations

* définie ici comme la résistance ou la rigidité d'une structure relativement à une mesure mécaniquement pertinente de la taille du corps (Ruff et al. 1993)

et d'intensité diverses. Dans le cadre d'études visant à interpréter des modes de vie, réduire l'exploration de la morphologie osseuse à un os nous semble être un choix trop restrictif, dans la mesure où il est peu probable qu'un seul élément soit représentatif de l'ensemble d'une région fonctionnelle. Peck et Stout (2006) observent une masse osseuse plus élevée pour le radius et l'ulna que pour l'humérus, qu'ils mettent en relation avec la fréquence des charges (imposées à travers les muscles lors d'activités normales), même lorsque les contraintes ont une faible intensité. Toutes les parties d'un même élément ne reflètent pas de manière équivalente les influences environnementales (Lazenby 2002).

Notre choix s'est ainsi porté sur l'étude de trois os pairs : la clavicule, l'humérus et le radius. Ce dernier a été privilégié à l'ulna, comme représentant de l'avant-bras, dans la mesure où il a fait l'objet d'un beaucoup plus grand nombre de recherches dans le monde médical. Par ailleurs, l'ulna semble être l'os du membre supérieur qui présente le moins d'asymétrie (Steele 2000). La clavicule est un os extrêmement intéressant car il joue un rôle mécanique fondamental, en reliant le tronc aux membres supérieurs ; de nombreux muscles et ligaments s'y insèrent et sa morphologie est très variable. Cette variabilité morphologique qui en fait son intérêt est également ce qui rend son étude un peu délicate ; il n'a pas été facile, nous le verrons, de le positionner pour l'acquisition des images tomodensitométriques. De plus, on ne trouve qu'excessivement peu de données de référence dans la littérature.

Un des pionniers des applications biomécaniques en paléanthropologie, a fondé sa recherche sur cinq sections du fémur et autant du tibia Ruff (1981). Cet auteur se réfère à Minns et al. (1975), Lovejoy et al. (1976) et Martin et Atkinson (1977), pour préciser qu'un nombre plus important de sections n'ajoute pas d'informations supplémentaires à la compréhension des modifications des propriétés géométriques le long des diaphyses. Les résultats de l'étude de Rhodes et Knüsel (2005) établis sur l'étude de cinq sections transverses de la diaphyse de l'humérus démontrent de manière évidente que la multiplication des sections enrichit considérablement le potentiel explicatif des différences structurelles.

Notre décision a donc été, à la fois de saisir des informations à plusieurs hauteurs des sections de chaque os, mais également de rester dans les hauteurs déterminées par les chercheurs précédents de manière à pouvoir comparer les résultats.

3. Contexte de la recherche

Ce chapitre est consacré, d'une part, à la présentation des notions théoriques qui ont été utiles à formuler le projet et, d'autre part, à celle des facteurs qui entrent en jeu pour expliquer les variations observées sur les sections transverses et les dimensions externes de l'os.

3.1 Bases ostéologiques

Les os soutiennent le corps et forment un levier pour les muscles. Ils protègent l'encéphale, le système nerveux central, les organes internes et constituent un réservoir de minéraux dont les plus importants sont le calcium et le phosphate. Chez l'adulte, l'hématopoïèse (formation des globules sanguins rouges et blancs) se produit dans la moelle osseuse des os plats.

Les os longs, par les caractéristiques de leur matériau et l'organisation de leur structure, permettent de mêler les propriétés contradictoires de dureté et de souplesse, de robustesse et de légèreté (Currey 2002). Parmi les constituants organiques, les fibres de collagène en particulier, assurent la flexibilité du matériau et sa résistance aux différentes forces auxquelles un squelette est soumis : pression, tension, flexion et torsion. La dureté du matériau est assurée par l'inclusion de cristaux d'hydroxyapatite dans et autour des fibres de collagène. La rigidité de la structure tient au façonnage de ce matériau en une structure tubulaire, dont le cortex minéralisé est distant de l'axe central de l'os (Seeman 2003).

Il a été démontré que la première réponse de l'os à des changements de charges mécaniques pendant la vie se produit par des altérations de la géométrie ou de la structure de la diaphyse, plutôt que par des modifications des propriétés du matériau, comme la densité osseuse (Ruff 2000, Liu et al. 2003).

3.1.1 Formation et renouvellement du tissu osseux

L'os compact ou cortical constitue la diaphyse des os longs. Cette structure est entourée d'une membrane, appelée le périoste, qui joue un rôle fondamental dans la croissance en longueur et surtout circonférentielle des os. On appelle modelage le processus de modification de la forme des os longs par l'intermédiaire de mécanismes indépendants que sont la résorption et la formation de surface par les ostéoclastes (cellules responsables de la résorption du tissu osseux) et les ostéoblastes (cellules responsables de la formation), respectivement. Ce phénomène est celui qui assure la croissance des os longs pendant les années de maturation du squelette (Lazenby 2002).

Chez l'adulte, que ce soit dans l'os compact ou trabéculaire (à l'intérieur des épiphyses et métaphyses des os longs), le tissu osseux est renouvelé tout au long de la vie. Ce processus,

appelé remodelage s'effectue grâce à des unités fonctionnelles de remodelage (les ostéons) où les ostéoclastes et les ostéoblastes sont étroitement associés. L'os est ainsi formé de millions d'unités fonctionnelles de remodelage, mobiles et progressant dans le tissu osseux. Le remodelage peut se faire soit en mode conservation, soit en mode résorption. Dans le premier cas, la résorption est toujours suivie d'une phase de formation, et la quantité d'os résorbé ou formé, au sein de chaque unité de recyclage est équilibré. Dans le second, il y a moins d'os produit que résorbé et il y a donc une perte de masse osseuse dans la région qui touche la cavité médullaire (région interne de la diaphyse). Le processus de remodelage intervient également lors de la réparation des microtraumatismes, en enlevant et en remplaçant les régions lésées avec de l'os nouveau. Ces microfractures intracorticales, conséquence des charges fonctionnelles, ne se produisent pas au hasard et sont des déclencheurs spécifiques (site-specific) localisés du remodelage (Lazenby 2002). Un cycle de remodelage dure entre 4 et 6 mois chez l'adulte, la phase de formation étant plus longue que celle de résorption. On estime qu'environ 10% du squelette est renouvelé de cette manière chaque année (Ringe 2004).

D'un point de vue de l'adaptation mécanique, le modelage et le remodelage de l'os peuvent être vus comme un mécanisme de régulation homéostatique réglant les contraintes fonctionnelles des os à chaque endroit tout au long du squelette (Jee 2000).

3.1.2 Évolution de la structure osseuse avec l'âge

La part la plus importante de la masse osseuse d'un individu est acquise pendant l'adolescence et elle sert de « banque » d'os pour le reste de la vie adulte (Theintz 1992, cité par Ringe 2004, Sabatier et al. 1996). On définit la quantité de tissu osseux présente à la fin de la maturation squelettique comme le pic de masse osseuse (Bonjour et al. 1995). Ce pic est déterminé par de nombreux facteurs incluant la génétique, l'activité physique, le statut hormonal, l'apport de calcium et plus généralement les caractéristiques de l'alimentation. Les facteurs génétiques déterminent largement le pic de masse osseuse, comptant pour 60 à 80% de la variance observée pour le squelette adulte. Les 20 à 40% restants sont influencés par différents facteurs environnementaux (Ringe 2004).

L'aptitude de la structure osseuse à se modifier ou à réagir en fonction des charges mécaniques varie avec l'âge **(a)** et entre certaines parties du squelette **(b)** (Ruff 2005).

(a) De nombreux éléments indiquent que les influences mécaniques vécues avant la maturité du squelette priment pour expliquer la morphologie d'un individu adulte (van der Meulen et al. 1993, Ruff et al. 1994, Haapasalo et al. 2000, Kontulainen et al. 2001, 2002, Bass et al. 2002, Daly et al. 2004, Nanyan et al. 2005). Plusieurs études sur des populations de sportifs et sportives (tennis, squash) ont démontré que l'âge auquel une activité a été commencée influence fortement le potentiel de plasticité de l'os (essentiellement avant ou après la puberté).

Pendant l'enfance et chez les jeunes adolescents, l'exercice a le plus d'impact sur les dimensions de la surface périostée. Vers le milieu de l'adolescence, les charges semblent avoir plus d'impact sur les aires endostéales (Ruff et al. 1994, Bass et al. 2002) (figure 1).

Les études qui traitent d'aspects biomécaniques sur des individus immatures dans les populations archéologiques sont peu courantes. L'étude d'une série de squelettes d'Amérindiens Pecos Pueblo met en évidence des adaptations de la diaphyse du fémur différentes entre les populations masculine et féminine, les hommes montrant des indices de mobilité plus élevée. Cette caractéristique semble être déjà développée dans la population des jeunes âgés entre 5 et 19 ans et indiquerait une plus grande mobilité des garçons par rapport aux filles (Ruff et Hayes 1983, Ruff 2000).

Si l'on rapporte ces informations à des populations anciennes, l'âge auquel un jeune commence à travailler est un facteur important pour déterminer l'architecture des os longs.

(b) Les réponses de différents os aux mêmes activités ne sont pas identiques. Une étude sur la pratique du tennis à long terme, sur les os du bras et de l'avant-bras, révèle que l'effet du jeu a clairement un effet positif sur la densité osseuse du membre dominant mais que l'effet est très spécifique à certaines localisations. La réponse est beaucoup plus importante sur l'humérus que sur le radius, mais plus sur le radius que sur l'ulna (Kannus et al. 1994).

Il est également intéressant de se pencher sur l'amplitude de la réponse entre différentes dimensions mesurées sur un même os. Le potentiel de plasticité des diaphyses est beaucoup plus importante que celle des articulations ou des longueurs des os longs (Trinkaus et al. 1994). On ne sait pas bien jusqu'à quel point l'environnement mécanique affecte la taille de l'articulation lors de la période de croissance post-natale, mais il y a des éléments qui indiquent que la plasticité phénotypique de l'articulation est limitée, les dimensions étant génétiquement canalisées pour en assurer le fonctionnement (Lieberman et al. 2001). Plochocki (2004) a pourtant mis en évidence des degrés significatifs d'asymétrie qui suggèrent que les surfaces articulaires des membres s'adaptent dans une certaine mesure à l'environnement mécanique.

Chez l'adulte, le remodelage osseux tend, d'une part, à réduire l'aire corticale (figure 2) et, d'autre part, à entraîner une expansion périostée ou apposition d'os nouveau en périphérie de la diaphyse (figure 3). Tant que les appositions périostées dépassent la résorption endocorticale, l'os augmente ses dimensions totales et cela lui permet de conserver ses propriétés de résistance. Cette perte osseuse commence au cours de la cinquième décennie et augmente par la suite.

Garn et al. (1992) présentent les résultats d'une étude longitudinale sur une population adulte de 744 personnes des deux sexes examinée à 20 ans d'intervalle. Elle a permis de mettre en

évidence que la quantité d'os présente au moment du début de l'étude est hautement corrélée (93%) à la quantité d'os trouvée 20 ans plus tard, chez les hommes comme chez les femmes.

La reconnaissance de l'importance du développement pendant la croissance sur la robustesse du squelette ne contredit pas forcément la relation existant entre la vie quotidienne et la robustesse du squelette adulte, bien que cela mette en évidence la nécessité de poursuivre la recherche pour comprendre les particularités des contraintes, en termes d'intensité, fréquence et régulation qui stimulent le remodelage adaptatif (Ruff et al. 2006, Stock 2006).

On s'attend donc, en essayant de déchiffrer la géométrie de sections transverses à différents moments de la vie du squelette adulte (fonction de l'âge au décès des sujets de la collection de référence), à lire un « fantôme » des activités accomplies durant l'enfance et l'adolescence d'un individu sur lequel vient se superposer un remodelage dirigé par la vie quotidienne de l'adulte.

Les arguments présentés jusque là justifient le fait de tenter d'observer en parallèle plusieurs os et plusieurs sections transverses et de cumuler des propriétés géométriques et des dimensions externes.

3.1.3. La composante ethnique ou populationnelle

Dans divers domaines de la paléanthropologie, le bilan des recherches de ces dernières années montre que les méthodes qui ont été créées sur la base de collections de référence spécifiques n'offrent généralement ni la même précision, ni la même fiabilité lors d'une application à un corpus extérieur (Ubelaker et al. 1998, Galera et al. 1998, Humphrey 1998, Kemkes-Grottenthaler 2002).

Les changements morphologiques liés à l'âge sont variables entre des populations asiatiques, africaines ou européennes confirmant qu'il faut utiliser des standards spécifiques à la population pour la détermination de l'âge au décès (Schmitt et al. 2002). Crubézy et al. (2002) mettent en évidence la composante héritable du développement de l'arthrose. Les auteurs relèvent qu'elle est soupçonnée notamment en raison des écarts enregistrés entre des populations d'origine géographique différente.

Dans le cadre de la recherche sur l'ostéoporose, quelques études relèvent également l'attention qu'il faut porter à l'origine des populations lorsque l'on souhaite opérer à des comparaisons. Certains paramètres structurels des os ne sont pas les mêmes ou n'évoluent pas de la même manière selon l'origine ethnique des populations (Bhudhikanok et al. 1996, Melton III 2001, Wang et al. 2005). Paradoxalement, des différences peuvent être amplifiées du fait de ne pas tenir compte des dimensions générales des os, soit de n'avoir pas appliqué de méthode de standardisation (Melton III 2001).

Par l'analyse de 11 mesures externes prises sur le radius dans trois populations d'origine très différentes, Wada (1998) a exploré les corrélations de l'asymétrie bilatérale avec l'origine ethnique, le sexe et la latéralisation. La standardisation des variables a été effectuée en divisant les mesures par la longueur maximale et les résultats montrent que trois dimensions seraient à rattacher à des particularités ethniques dans l'asymétrie bilatérale du radius.

Cette notion de particularité populationnelle n'est probablement pas suffisamment prise en considération dans les applications paléoanthropologiques s'appuyant sur une approche biomécanique, les auteurs considérant généralement que l'ensemble des différences mises en évidence sont à mettre en relation avec l'environnement mécanique.

Ces informations appliquées au contexte de cette recherche nous rendent attentive au fait que les résultats obtenus pour la population étudiée lui seront spécifiques et que toute forme de généralisation devra passer par un stade de validation.

3.2. L'asymétrie

La morphologie et le degré d'asymétrie des os sont le résultat de la combinaison et de l'interaction entre un bagage génétique, un système de régulation physiologique et des contraintes mécaniques. Le propos de ce chapitre est de cerner ce que reflète l'asymétrie bilatérale des dimensions mesurées sur les os du membre supérieur et de la ceinture scapulaire, en tant qu'effet résultant d'une hérédité et de schémas comportementaux.

3.2.1. L'asymétrie comportementale

L'espèce humaine est caractérisée par une latéralisation d'un grand nombre de structures, dont la main et le pied, ou de fonctions sensorielles, comme la vue ou l'audition. Cette latéralisation n'est pas homogène et peut être croisée d'un étage corporel à l'autre. L'asymétrie comportementale, la plus évidente, et qui nous intéresse particulièrement, est la dominance manuelle ou « handedness »*. La dominance est la tendance à sensiblement préférer l'usage d'une main pour l'accomplissement de tâches demandant de l'habileté (Steele 2000). À un niveau populationnel, le terme de « handedness » est réservé à un ensemble d'individus qui montre un biais collectif pour la plupart des tâches. Cette notion se distingue de la préférence manuelle (biais individuel pour une tâche), ou de la spécialisation, certaines activités pouvant imposer l'usage d'un côté sans pour autant qu'il s'agisse du côté dominant de l'individu (McGreew et Marchant 1997).

La dominance est un trait héritable, dont le mode de transmission est complexe et modulé par des facteurs environnementaux (McManus 2002, Annett 2004,). La probabilité d'avoir un

* L'essentiel de la littérature récente traitant de ce sujet étant écrite en anglais, quelques doutes planent sur la traduction la plus adaptée. Les termes francophones reflétant au mieux cette notion sont la dominance et la manualité. La manualité est définie comme la prédominance de l'utilisation d'une des deux mains chez un individu (médiadico) et est un terme rencontré dans le domaine de la psychologie, par exemple. Nous lui préférons le terme de dominance (sous-entendu ici dominance manuelle), largement utilisé dans les disciplines médicales.

enfant gaucher est plus élevée avec un parent gaucher qu'avec deux parents droitiers, et plus élevée encore avec deux parents gauchers. Des jumeaux monozygotes présentent huit fois sur dix une latéralité opposée (Rife 1940), mais la concordance de latéralité est toutefois légèrement plus marquée pour les monozygotes que pour les « faux » jumeaux (Shimizu et Endo 1983, Sicotte et al. 1999).

L'asymétrie comportementale paraît s'exprimer dès la formation du squelette in utero (Hepper et al. 1991). Des observations montrent qu'à l'âge de 10 semaines déjà, premiers moments de la vie où l'on peut observer des mouvements isolés des bras (Kurjak et al. 2002), la majorité des fœtus suce leur pouce droit (Hepper et al 1998). Cette asymétrie se maintient pendant toute la grossesse, et elle est corrélée à la position de la tête. On invoque une avance du développement moteur du côté droit sur le côté gauche pour l'expliquer. Il est conventionnellement admis que la latéralisation de l'hémisphère droit conduit plus tard à la dominance, mais cela pourrait être le contraire. L'apparition précoce de cette asymétrie comportementale pourrait jouer un rôle dans la différenciation des hémisphères, la stimulation entraînant la spécialisation (Hepper et al. 1998). Une étude indique que l'inclination prénatale d'un comportement moteur latéralisé, dans ce cas le fait de sucer son pouce, est corrélé à la dominance postnatale : des 60 fœtus déterminés comme droitiers, tous sont restés droitiers à l'âge de 10-12 ans, et 10 des 15 fœtus déterminés comme gauchers sont effectivement restés gauchers (Hepper et al. 2005).

La proportion de gauchers et de droitiers dans les populations vivantes

Dans les populations vivantes, l'asymétrie peut se mesurer par l'habileté, par la force, sur la base de questionnaires comme par l'enregistrement de données observées. Étant donné qu'il n'existe pas de standards, les termes gauchers ou droitiers peuvent avoir des significations variables selon les études, et leur comparaison est souvent malaisée en raison des différences de méthodologie appliquée (Annett 2004). Un critère de latéralisation largement utilisé est celui de l'écriture. Perelle et Ehrman (1994) rapportent que 9.5% des gens écrivent avec la main gauche, 89.6% avec la main droite et que donc 0.9% des gens sont ambidextres (N = 11'000, échantillons de 17 pays de plusieurs continents). La dispersion des gauchers, à partir de ce seul critère, s'étend entre 2.5% pour le Mexique à 12.8% pour un échantillon du Canada. Une évaluation de la dominance sur la base des gestes du lancer et du frapper du marteau, dans des populations mondiales (plus d'un million de personnes, 81 échantillons qui couvrent 14 pays), indique d'importantes variations, non seulement géographiques mais également entre échantillons provenant d'un même pays. Ces populations comptent entre 4% et 27% de gauchers* (Raymond et Pontier 2004).

L'interaction entre l'inné et les pressions culturelles peut être perçue par l'étude de l'évolution de la proportion des gauchers à travers le temps. La prévalence des gauchers a été

* Les décomptes de gauchers incluent les ambidextres.

fortement sous-estimée dans les populations occidentales pendant longtemps en raison des pressions sociales visant à « corriger » les gauchers, spécialement en ce qui concerne l'apprentissage de l'écriture (Steele et Mays 1995). Le pourcentage de gauchers dans un collège américain passe de 4% en 1928 à 13.8% en 1983 (Spiegler et Yeni-Komshian 1983). La fréquence des gauchers est passée de 1 à 10% en un siècle en Norvège (Tambs et al. 1987). En Tunisie, 5.9% des personnes âgées écrivent de la main gauche mais 10.5% des sujets jeunes (Dahmen et Fagard 2005).

Dans l'optique d'étudier des populations anciennes, les observations de Faurie et al. (2005) sur des populations traditionnelles sont précieuses dans la mesure où la plus grande part des données connues sur la dominance proviennent de populations occidentales. Dans une population Baka (population pygmée du nord du Gabon), 9.5% des hommes et 10.7% des femmes utilisent leur machette de la main gauche. Pour la même activité, les auteurs rapportent des fréquences de 6.4% de gauchers parmi les hommes et de 0% parmi les femmes vivant dans la région de Bobo-Dioulasso. Il y aurait 26.9% de gauchers parmi les hommes Eipo (Papouasie, Nouvelle-Guinée), mais parmi les Inuits, seulement 2.2% de gauchers et 5.4% de gauchères.

Les études sur la latéralité montrent généralement que les gauchers sont moins strictement latéralisés à gauche que les droitiers ne le sont à droite. Ceci est démontré aussi bien sur la base de questionnaires (Annett 2004) que par des tests de force. On admet généralement que la force de préhension est de 10% plus élevée pour le membre dominant, mais 13% des droitiers testés ont une force de préhension plus forte à gauche et plus de la moitié des gauchers ont une main droite plus puissante (Crosby et al. 1994). Par ailleurs, des travailleurs de métiers de force ont la force de préhension mesurée la plus élevée et le moins de différence entre les côtés, ce qui est l'opposé des travailleurs de bureau. Les manuels « légers » présentent des résultats intermédiaires (Josty et al. 1996).

Ces données permettent de réaliser à quel point les variations comportementales de la latéralisation du membre supérieur peuvent être importantes, que les facteurs en cause soient d'ordre génétique ou culturel. Néanmoins, quel que soit le type de tâches mesurées et à quel degré les droitiers utilisent leur main droite, les Hommes ont clairement une préférence pour la main droite à l'échelle populationnelle.

3.2.2. Concordance entre l'asymétrie comportementale et l'asymétrie de la structure osseuse

Trois types d'asymétrie sont identifiés dans les structures paires du squelette humain :

- l'asymétrie directionnelle : le développement d'un côté est favorisé par rapport à l'autre et la plupart des individus d'une espèce montre une asymétrie en faveur du même côté. Il s'agit donc d'une asymétrie fixée au niveau de l'espèce.

- l'antisymétrie : l'asymétrie est normalement présente mais varie dans sa prédominance, autant à droite qu'à gauche. Ce type d'asymétrie est déclenché par l'environnement (Palmer 1996).
- l'asymétrie fluctuante : caractérise des variations des côtés droits et gauches aléatoires et indépendantes. Habituellement, ces différences sont légères, et représentent moins de 1% du trait mesurable (Van Valen 1962, Palmer 1994). Elles sont provoquées par des variations de l'environnement de la structure en développement. Les maladies, les traumatismes ou une alimentation carencée lors de la croissance peuvent se manifester par une asymétrie fluctuante aléatoire (Albert et Greene 1999, Plochocki 2002, Storm et Knüsel 2005).

Chacun de ces trois types d'asymétrie peut se produire pour un même caractère. La combinaison d'asymétries directionnelle et fluctuante est commune (Van Valen 1962).

L'asymétrie de développement des os longs se manifeste dès la formation du squelette in utero (Pande et Singh 1971). L'asymétrie directionnelle est négative (ossements gauches plus longs) chez les périnataux d'une population du Moyen-Âge britannique, mais positive chez les juvéniles, quoique moins importante que chez les adultes (Steele et Mays 1995). Ces résultats sont concordants avec la plupart des études cliniques faites sur des fœtus. Ainsi, l'apparition progressive de l'asymétrie peut vraisemblablement être attribuée aux effets de la charge mécanique, conséquence du biais lié à la dominance (Steele et Mays 1995, Steele 2000b, Auerbach et Ruff 2006). Le moteur du mécanisme est en partie encore inexpliqué.

L'asymétrie directionnelle de longueur des os longs est connue depuis longtemps (Schultz 1937, Ingelmark 1946, Hiramoto 1993, Steele et Mays 1995). Elle est plus importante pour le membre supérieur que pour le membre inférieur et généralement inversée. Le bras droit est plus long que le gauche, la jambe droite très légèrement plus courte que la gauche. On l'explique par le fait que les activités menées avec le bras droit dominant induisent généralement des charges mécaniques plus importantes sur le côté gauche du tronc et sur le membre inférieur gauche (Plochocki 2002). La clavicule droite est connue pour être plus souvent plus courte que la controlatérale dans l'ensemble des populations humaines, des charges mécaniques plus importantes entraînant une compression axiale (Mays et al. 1999).

La plasticité des dimensions articulaires des membres supérieurs et inférieurs a été démontrée par la mise en évidence d'une asymétrie directionnelle indicatrice de stress biomécanique durant la croissance (Latimer et Lowrance 1957, Tanaka 1999, Plochocki 2004,). L'asymétrie développée par le membre supérieur est plus importante que pour le membre inférieur.

L'asymétrie des diamètres des diaphyses est nettement plus élevée que celles des longueurs ou des dimensions articulaires, cela pourrait être en partie dû aux appositions périostées continues tout au long de la vie (Auerbach et Ruff 2006). Trinkaus et al. (1994) ont relevé des asymétries de même proportion entre ces dernières et les tests de force (6-8%).

Les nombreuses études sur des populations de sportifs, déjà évoquées, témoignent du potentiel de plasticité des os et des réponses adaptatives du squelette en fonction de l'âge (Jones et al. 1977, Kannus et al. 1995, Ashizawa et al. 1999, Kontulainen et al. 2002, Bass et al. 2002).

Les anthropologues ont souvent cherché à isoler des traits morphologiques afin d'être en mesure de corréler asymétrie et dominance manuelle sur le squelette. Cependant, seul un nombre très restreint de ce type de recherches s'est appuyé sur des populations pour lesquelles la dominance est un facteur connu (Schulter-Ellis 1980, Roy et al. 1994, Czuzak 1998, Rhodes et Knüsel 2005). Une étude menée sur près de 1000 sujets, portant sur une analyse de la géométrie des sections transverses du second métacarpe, a permis de mettre en évidence une asymétrie en association avec la dominance (Roy et al. 1994). Les auteurs signalent que les facteurs environnementaux doivent avoir plus de poids que les facteurs génétiques sur l'adaptation fonctionnelle des métarpes. D'autres chercheurs ont également étudié ce deuxième métacarpe mais sans pour autant trouver de corrélation avec la dominance (Garn et al. 1976, Plato et al. 1980). Garn et al. (1976) parlent d'asymétrie paradoxale ; le second métacarpe droit est plus robuste quelle que soit la latéralisation. L'identification de la dominance est un sujet qui sera repris ultérieurement dans ce travail.

Il est probable que l'asymétrie que nous allons mesurer sur les ossements sélectionnés pour notre échantillon comporte une part d'asymétrie fluctuante (bruit développemental) qu'il ne sera toutefois pas possible de distinguer de l'asymétrie directionnelle. Ce facteur a été pris en considération dans l'interprétation des résultats dans la mesure où, lors de l'évaluation de la répartition de l'asymétrie entre les côtés gauches et droit, seules les asymétries plus importantes que $\pm 1\%$ seront décomptées.

On comprend ainsi que le défi de ce travail est d'évaluer la direction et l'intensité de l'asymétrie à l'échelle de groupes d'activités, pour repérer au-delà de l'asymétrie directionnelle propre au genre humain, des différences induites par des comportements communs à des groupes d'activités particuliers. On cherche à repérer l'effet de l'activité sur une asymétrie constitutionnelle, dont on ne connaît que peu l'amplitude et les directions, contrariée par le fait que l'on considère que 90% (?) de la population fonctionne d'une manière et 10% (?) d'une autre.

3.3. Quelques applications de l'approche biomécanique à l'étude de populations anciennes

Afin de situer notre recherche dans le contexte des études de populations anciennes qui s'appuient sur une approche biomécanique, nous avons procédé à une sélection d'ouvrages et d'articles qui traitent spécifiquement de l'asymétrie, ou qui l'étudient parmi d'autres paramètres, notamment le membre supérieur, mais pas exclusivement. Ils seront décrits en

quelques lignes de manière à présenter les thèmes abordés, les problématiques posées et les interprétations possibles.

- Ruff et Jones (1981), relèvent, au début des années 80, que la discipline manque de données pour comprendre les relations entre la réponse osseuse aux stimulus mécaniques et les facteurs sexe et âge. Cette question a été abordée par l'étude d'un échantillon de population Alameda, Amérindiens de la côte californienne (500-1000 A.D.), dont l'économie de subsistance est basée sur la récolte de coquillages et de glands, la chasse et la pêche (n = 30 hommes et 39 femmes). Cette recherche s'est intéressée à la différence de latéralisation des dimensions et de la forme de sections transverses des humérus et des tibias. Les notions les plus importantes qui se dégagent de cette étude sont que l'asymétrie chez l'humain peut varier non seulement de membre à membre ou d'os à os, mais également entre les sexes et d'une classe d'âge à l'autre. La discussion se prolonge, entre autres, avec la réflexion suivante : « il serait intéressant de comparer l'asymétrie des corticales dans des populations d'activités connues ... » (p. 84).
- Fresia et al. (1990) ont pour objectif d'observer les changements des propriétés structurelles et de l'asymétrie des humérus (section à 35%) dans des populations (n = 51 individus) provenant de la côte géorgienne (USA) avant et pendant la colonisation européenne. En terme d'économie de subsistance, ces populations passent d'une économie de prédation à une économie de production, et ce sont des populations déjà engagées dans l'agriculture qui subissent la colonisation. Les auteurs relèvent une diminution de l'asymétrie entre les préagriculteurs et les agriculteurs, avec une différence encore plus marquée pour les populations colonisées. Dans ce passage d'une économie basée sur la chasse et la cueillette à une économie au moins en partie basée sur la culture du maïs, on trouve des changements biomécaniques plus importants chez les femmes que chez les hommes. Alors que pendant la période de contact, les transformations les plus importantes sont à noter chez les hommes, les changements chez les femmes sont minimes. Ainsi, d'une manière générale, l'asymétrie entre hommes et femmes était la plus dissemblable durant la période de chasse et cueillette et est devenue beaucoup moins marquée durant la période de contact. C'est essentiellement cette diminution de l'asymétrie que nous retiendrons de cette étude dans la mesure où les effectifs des population étudiées ne nous semblent pas appropriés pour discuter d'évolutions aussi fines.
- Dans le cadre d'une vaste étude portant sur la robustesse du squelette post-crânien du genre Homo (Ruff et al. 1993, Ruff et al. 1994, Trinkaus et al. 1994) les auteurs se sont penchés, entre autres, sur l'asymétrie bilatérale et la plasticité de l'humérus (Trinkaus et al. 1994). Ces auteurs ont livré un état de la question qui a marqué l'histoire de la

recherche. Les populations analysées permettent de souligner le fait que la plasticité de l'humérus est très variable selon la dimension analysée. L'asymétrie de longueur est toujours très limitée tout comme celle des dimensions articulaires, alors qu'en revanche, l'asymétrie des dimensions des sections transverses est variable et peut être très prononcée. L'asymétrie de la variable J^* , mesure de la résistance à la torsion d'un segment de la diaphyse, est estimée entre 5 et 14% (médiane) dans les populations modernes, historiques et préhistoriques, mais elle peut atteindre des valeurs entre 28 et 57% dans des populations de joueurs de tennis. Ces auteurs précisent que des valeurs aussi élevées ne sont connues, dans les populations anciennes, que pour des squelettes de Néandertaliens.

- Churchill et Formicola (1997) rapporte une asymétrie particulièrement importante entre les humérus d'un individu du Paléolithique supérieur de Ligurie (Barma Grande 2), qui représenterait le cas le plus asymétrique connu pour des hommes du paléolithique. Les auteurs relèvent que des degrés marqués de latéralisation du membre supérieur ne sont pas rares chez les anciens humains modernes, mais une analyse pathologique détaillée permet de considérer cette asymétrie comme un effet secondaire d'un traumatisme ou d'une pathologie, du côté gauche.
- Sakaue (1998) étudie l'asymétrie des propriétés géométriques des sections transverses des humérus d'un échantillon de squelettes de la période Jomon (Japon) de 20 femmes et 20 hommes. Ces données sont comparées à un échantillon de Japonais modernes (n = 17 femmes, 46 hommes) dans le but de cerner certains aspects de la relation entre charges mécaniques et un certain nombre de traits métriques de l'humérus. En considérant les propriétés géométriques des sections comme des indicateurs des conditions de contrainte mécanique, l'auteur aimerait clarifier leur relation avec la longueur de l'os et les dimensions des épiphyses. Les asymétries de longueur reflètent probablement les charges mécaniques rencontrées vers la fin de la maturité du squelette et les asymétries des variables des sections transverses illustrent les contraintes subies dans la dernière période de la vie. Les Jomon sont plus robustes que les Japonais modernes. On apprend également que la largeur de l'épiphyse proximale est plus fortement influencée par les charges mécaniques que les autres dimensions des épiphyses. Cet auteur relève la nécessité de s'atteler à comprendre les variations liées à l'âge.
- Il est devenu de plus en plus clair que deux groupes différents d'hominidés ont vécu à la même période au Proche-Orient au Paléolithique moyen (Near Eastern Middle Paleolithic). Le premier groupe, défini comme des « late archaic human », aurait certaines affinités avec les Néandertaliens européens (sites de Amud, Dederiyeh, Kebara, Shanidar et Tabun), le

* variable expliquée plus en détail dans le chapitre des méthodes.

second est celui défini comme des « robust early modern humans » (sites de Qafzeh et Skhul). La question posée par Trinkaus et Churchill (1999) est de savoir si ces deux groupes avaient des modes de vie différents, et par extension, des adaptations structurelles de leur morphologie spécifiques. L'ensemble des données analysées met en évidence une robustesse plus importante des humérus du groupe « late archaic » ; l'analyse de l'asymétrie (n = 3 pour chaque groupe) permet simplement de dire que ces individus se placent dans les moyennes connues pour le genre humain. Les résultats induisent une question subsidiaire. Les auteurs se demandent, étant donné que ces deux groupes sont associés à un contexte matériel de même nature, -ce qui explique la gracilité plus marquée des individus du second groupe.

- Le travail de Ledger et al. (2000) porte sur une analyse biomécanique des os longs (tibia et humérus) d'une population provenant d'un ancien cimetière d'esclaves du 18^{ème} siècle mis au jour à Cape Town, Afrique du Sud (n = 18 hommes, 13 femmes). Les auteurs cherchent à estimer la pénibilité du travail accompli par ces personnes. Un échantillon moderne (n = 18 hommes et 11 femmes), et un autre de chasseurs-cueilleurs (n = 15 hommes et 15 femmes), de la même région, ont été conjointement étudiés de manière à établir des comparaisons. On apprend que le membre inférieur des chasseurs-cueilleurs est robuste, ce qui est mis en relation avec la mobilité qu'implique leur mode de vie. La population du cimetière 18^{ème} est caractérisée par une robustesse du membre supérieur importante, spécialement parmi les hommes ; ils devaient accomplir des activités très contraignantes physiquement. Les modernes sont les moins robustes. En ce qui concerne l'analyse de l'asymétrie de l'humérus, les résultats indiquent qu'elle est marquée chez les chasseurs-cueilleurs et que les résultats sont comparables entre la population moderne et celle provenant de ce cimetière d'esclaves.
- Stock et Pfeiffer (2004) cherchent à approfondir leurs connaissances sur l'impact des activités quotidiennes sur la morphologie du squelette chez les chasseurs-cueilleurs du Néolithique en Afrique du Sud (8000 – 2000 BP). Ils comparent la robustesse des éléments osseux (humérus, ulnas, fémurs et tibias) de populations provenant d'une part d'un milieu forestier (n = 17 hommes, 24 femmes) et d'autre part, des régions fynbos ou brousse de l'Afrique du Sud (n= 14 hommes, 10 femmes). L'asymétrie du membre supérieur est plus importante parmi les hommes du milieu forestier que les hommes de la brousse. Cette latéralisation plus importante est mise en relation avec un usage plus intensif de la lance et une chasse aux bovidés de plus grande taille.
- Rhodes et Knüsel (2005) étudient un petit échantillon de squelettes d'hommes mis au jour dans un charnier de la guerre des Roses (1455-1487), à Towton (North Yorkshire), en Angleterre, dont les ossements portent les traces de coups tranchants (n = 13). La question

posée par les auteurs est de savoir si ces individus avaient suivi un entraînement militaire. Leur étude s'est faite conjointement à deux autres échantillons de comparaison. Le premier est constitué d'hommes portant également des traces de coups tranchants qui proviennent d'un site chronologiquement légèrement antérieur ($n = 10$) et d'un groupe de contrôle provenant de ce même cimetière, ne portant pas de traces de blessures de combat ($n = 9$). Plusieurs paramètres biomécaniques sont analysés sur des sections transverses des humérus, dont l'asymétrie, à 5 hauteurs différentes de la diaphyse - à relever, car c'est la seule étude parmi celles sélectionnées ici qui analyse plus d'une section par type d'os. L'amplitude des variables mesurées de chaque côté du membre supérieur participe à décrire les caractéristiques des groupes, mais l'observation de la différence de latéralisation est un facteur majeur dans l'interprétation finale. Les hommes de Towton se caractérisent par une inversion de la latéralisation entre les régions proximales et distales des humérus, ces derniers segments montrant des sollicitations mécaniques particulièrement importantes du côté gauche. Ceci est interprété comme le résultat probable de l'apprentissage et de l'utilisation des grands arcs, typiques du Moyen-Âge britannique.

- Weiss (2005) utilise des mesures de la robustesse des sections transverses et de l'asymétrie des humérus pour tester une hypothèse sur le remodelage du squelette en relation avec le mode de vie. Deux populations sont comparées ; la première réunit des prisonniers de guerre du 18^{ème} siècle ($n = 25$) soumis à des travaux intensifs comme porter de lourdes charges, un entraînement militaire ou des travaux agricoles. La seconde population est constituée de citoyens de l'état du Nouveau Mexique ayant vécu au 20^{ème} siècle ($n = 27$). L'hypothèse de travail est que les prisonniers devraient avoir des humérus plus robustes et plus asymétriques que les citoyens. Les résultats montrent qu'il n'y a presque pas de différences entre les deux échantillons, ni dans la robustesse, ni dans l'asymétrie. En revanche, l'état pathologique diffère fondamentalement, les prisonniers portant de multiples traces de traumatismes et autres signes de conditions de vie difficile.
- L'asymétrie est un des paramètres analysé dans le cadre de l'étude biomécanique de squelettes du Néolithique moyen de Ligurie (Marchi et al. 2006) qui sont comparés à des individus du Paléolithique supérieur et du Mésolithique paneuropéens. Les auteurs font l'hypothèse qu'au début du Néolithique, les hommes et les femmes devaient avoir des activités différentes, les hommes étant plus impliqués dans le pastoralisme, les femmes, plus sédentaires, s'occupant de l'agriculture. Ils prédisent que cette situation devrait conduire à une augmentation du dimorphisme sexuel de la robustesse du membre inférieur, à un maintien d'un niveau élevé de stress lié à la locomotion chez les hommes et à une diminution de l'asymétrie du membre supérieur chez les hommes encore, en raison de la réduction de la pratique de la chasse. L'analyse de sections transverses du fémur et de

l'humérus indique qu'il y aurait une augmentation nette de la robustesse chez les hommes (n = 8) du Néolithique par rapport au Paléolithique supérieur, accompagnée d'une importante réduction de la latéralisation : résultats qui sont mis en corrélation avec l'usage bimanuelle de la hache utilisée pour ébrancher les arbres de manière à obtenir un complément nutritionnel (dont la nature a été identifiée par la voie archéologique) pour les animaux domestiques. Chez les femmes (n = 8), on constate une diminution de la robustesse et de la latéralisation ; les gestes accomplis pour le traitement des céréales pourraient bien expliquer cette diminution de la latéralisation.

- Un article de Wescott et Cunningham (2006) porte sur l'étude d'Indiens Arikara, habitants des Grandes Plaines du Dakota du Sud. La recherche a été menée sur des échantillons de populations appartenant à trois périodes archéologiques successives, entre 1500 et 1845 AD (avec des effectifs intéressants : respectivement, pour le groupe le plus ancien 59 femmes et hommes, 135 individus pour la période intermédiaire et 25 pour la dernière). L'analyse a porté sur les propriétés géométriques de sections transverses des humérus et des fémurs, sur l'asymétrie et le dimorphisme sexuel : « Identifying these trends in the Arikara will help shed light on changes in their activity, work load, and sexual division of labor through time » (p. 1022). Les auteurs ne constatent pas de changement entre les humérus des groupes féminins, en revanche des modifications sur le fémur sont mises en relation avec les travaux de préparation des champs (plantations, récoltes) puisque l'on sait par des données ethnographiques, que les femmes produisaient des surplus pour le commerce mais qu'elles n'effectuaient pas le travail de préparation des céréales pour la consommation. Peu de changements sont observés sur les squelettes masculins, sauf en ce qui concerne l'asymétrie humérale mise en relation avec une robustesse plus grande du bras droit induit par l'emploi des fusils pour la chasse et la guerre.

Le plus grand nombre des études présentées ci-dessus s'intéresse à repérer sur le squelette des indices d'un mode de vie, qu'elles traitent plus spécifiquement de la transition d'une économie de chasseur-cueilleur vers une économie agricole, de la répartition des tâches entre les femmes et les hommes, de l'influence du milieu géographique ou d'activités spécialisées (guerriers, esclaves, prisonniers). Les autres thèmes abordés touchent à la connaissance des caractéristiques structurelles de l'humérus et de son potentiel de plasticité en relation avec des sollicitations mécaniques (les études portant sur d'autres os du membre supérieur n'ont pas été exclues, mais elles restent exceptionnelles dans le domaine de la paléoanthropologie). L'asymétrie est également un paramètre qui contribue à la discussion sur l'évolution du genre humain et un exemple est donné de l'identification d'un cas pathologique.

Ces thématiques sont représentatives de l'ensemble des travaux effectués dans cette discipline.

Dans un premier moment de l'histoire des recherches, dès le début des années 1980, l'essentiel des travaux a porté sur des populations amérindiennes (Pfeiffer 1980, Ruff et Jones 1981, Ruff 1981, Ruff et Hayes 1983a et b, Bridges 1985, 1989, Brock et Ruff 1988, Fresia et al. 1990). Cette discipline prend progressivement de l'ampleur, aussi bien en termes de quantité de publications que d'extension géographique. Très récemment même, plusieurs échantillons de populations européennes préhistoriques ont fait l'objet de recherches (Holt 2003, Sládek et al. 2006a et b, Marchi et al. 2006). Ainsi, un nombre toujours plus important de populations est caractérisé par une approche biomécanique et contribue à établir des corpus de comparaison.

Il est encore toutefois trop courant que les effectifs des échantillons soient en dessous de la représentativité statistique, ce qui entraîne quelques réticences à accepter, sans réserves, les interprétations qui découlent de leur analyse.

L'ensemble des études portant sur des populations archéologiques, par nature, présente le problème de travailler avec des échantillons dont l'âge au décès des sujets est estimé. Or, ce facteur a une influence majeure sur les résultats, souvent évoqué mais plus rarement affronté. Ce problème est et restera certainement incontournable pendant longtemps. Il est donc nécessaire d'adopter des stratégies conscientes dans la constitution des corpus dès lors que l'on souhaite opérer à des comparaisons interpopulationnelles ou même entre sous-échantillons bien sûr, (voir par exemple les choix qui sont opérés dans la constitution de classes d'âge par Stirland 1993).

Il nous semble que peu de chercheurs s'interrogent sur le choix des régions anatomiques analysées, sur le bien-fondé de l'analyse de tel ou tel os ou de telle ou telle section. Est-ce que l'os réagit de façon uniforme sur toute sa hauteur ? Une seule région anatomique va-t-elle nécessairement être influencée par tous les genres d'activités ? A quel type de sollicitation mécanique une section donnée va-t-elle réagir ? Les travaux qui étudient plus de deux sections (généralement sur un os du membre supérieur et un du membre inférieur) font exception. Des publications récentes montrent toutefois que certains chercheurs ont étendu leurs recherches à un plus grand nombre de type d'os (Stock et Pfeiffer 2001, 2004).

Il faut évoquer encore la question de la cohérence populationnelle. Bridges et al. (2000), Stock (2002a), Wescott et Cunningham (2006) relèvent que pour être en mesure de bien comprendre des changements d'ordre biomécanique, on doit les considérer à l'intérieur de populations génétiquement homogènes et pour lesquelles les faits archéologiques ou ethnologiques sont fiables. Il faut clairement tenter de limiter au maximum le poids des facteurs autres que mécaniques pour discuter des modifications structurelles des ossements.

Finalement, la question du passage à l'interprétation des résultats nous amène quelques réflexions. Une approche biomécanique ne permet en aucune façon de proposer des activités précises directement sur la base des résultats. Nous sommes en mesure d'élaborer des

schémas (d'asymétrie ou d'intensité) dont la différence relative entre les groupes peut être comparée.

Dans la plupart des études s'intéressant au mode de vie, le passage des résultats aux interprétations me paraissent hardis. Les auteurs sont confinés à trouver des explications, parfois un peu élémentaires, parmi les faits archéologiques, ethnographiques ou historiques, qui sont également les arguments qui sont à l'origine des problématiques. Mais ces faits ne sont qu'une part limitée de la réalité quotidienne des populations anciennes, qui inclut les déterminants non mécaniques qui participent à donner sa morphologie au squelette.

La place de cette étude dans le contexte de la recherche

L'analyse biomécanique des ossements des populations anciennes est une approche dont il serait souhaitable de consolider les référentiels. D'un côté, la paléoanthropologie applique le postulat, vrai, que la morphologie du squelette est en partie modelée par les contraintes mécaniques, mais en « oubliant » les autres facteurs. Cela aboutit à des publications qui peu à peu permettent de connaître des caractéristiques populationnelles mais dont on peut douter parfois du bien-fondé des interprétations. D'autre part, les recherches dans le domaine médical, expérimental ou sur les populations de sportifs, fournissent une quantité de données théoriques phénoménales et fondamentales. Mais ces données ne sont, le plus souvent, pas directement applicables aux populations archéologiques. Entre ces deux pôles, la recherche fondamentale et les applications archéologiques, il serait nécessaire de multiplier les protocoles de validation propre au domaine de l'étude des populations anciennes, au moyen de séries de squelettes de référence, soit identifiés, soit provenant d'un contexte archéologique/historique extrêmement bien documenté. Nous profitons, sur le plan théorique de la biologie et de la médecine, mais les limitations ostéologiques auxquelles la paléoanthropologie est contrainte ne sont pas celles de ces milieux. Il s'agit, par exemple, tout simplement, le fait d'avoir à travailler avec des âges au décès estimés ou encore la question de la standardisation des mesures (soit la disparité des dimensions et des tailles individuelles ou populationnelles) qui est un autre facteur complexe à aborder.

Travailler sur une série de squelettes de référence permet de contrôler plusieurs des paramètres - effectifs, âges au décès, cohérence populationnelle - qui ont été évoqués comme susceptibles de brouiller la lecture de l'effet des contraintes biomécaniques.

La population de la collection SIMON de squelettes identifiés, constitue un ensemble populationnel homogène, de personnes ayant vécu sur un même territoire, à la même époque, dont l'effectif total permet de créer des groupes qui restent statistiquement satisfaisants et démographiquement similaires.

De plus, la mention de la profession dans les archives communales permet de créer des groupes par type d'activités, qui vont permettre de tester le pouvoir discriminant des

indicateurs biomécaniques. On va chercher à savoir si les indicateurs sélectionnés sont en mesure de repérer des adaptations fonctionnelles entre des vies quotidiennes, que nous estimons comme différentes en terme de demande physique, pour des personnes provenant d'un même environnement.

Sur le plan de la démarche méthodologique, cette étude se veut une approche de contrôle et de validation avec l'ambition de tenter d'atteindre un stade prédictif et de ne pas seulement constituer un corpus de comparaison. Il faut passer par un stade de la recherche qui permet de prouver plus spécifiquement la relation non équivoque entre un ensemble de caractéristiques osseuses et un genre de vie quotidienne.

La spécificité de notre étude est d'opérer à des comparaison entre groupes d'un même ensemble populationnel. Si l'hypothèse se vérifie, il sera possible, dans un cadre méthodologique bien cerné, de remonter dans le passé des populations régionales.

4. Matériel

4.1. La collection SIMON de squelettes identifiés

La collection SIMON de squelettes identifiés fait partie des collections anthropologiques du canton de Vaud, placée sous la responsabilité du Musée cantonal d'Archéologie et d'Histoire (MCAHL). Elle est actuellement entreposée et gérée au Département d'anthropologie et d'écologie de l'université de Genève. L'état actuel de la collection est la résultante de deux projets. Le premier a été mené par Isabelle Gemmerich dans le cadre de sa thèse de doctorat, achevée en 1999 (Gemmerich 1993-1994, Gemmerich Pfister 1999). Grâce à la collaboration des municipalités du canton de Vaud et avec l'autorisation des familles, entre 1992 et 1993, onze interventions ont pu avoir lieu dans des zones en désaffectation de cimetières récents permettant de prélever 151 squelettes. Ce premier projet a créé un précédent dans la manière de collecter officiellement des squelettes dans des cimetières récents (Gemmerich 1997). Dès 1998, à notre initiative et avec la collaboration initiale de Suzanne Eades, une seconde étape dans la constitution de cette collection a été mise sur pied dans le dessein de renforcer l'effectif et d'équilibrer le corpus en termes de représentativité par sexes et par classes d'âges. Cette seconde équipe, dans le cadre d'un subside du Fonds National de la Recherche Scientifique* et avec l'aide d'un financement de l'archéologie cantonale vaudoise, a pu enchaîner une série de 16 chantiers de fouilles au cours desquels 345 nouveaux squelettes ont été prélevés. L'ensemble de cette série a été baptisé « collection SIMON » en hommage à Christian Simon (1942-2000) - paléoanthropologue au Département d'anthropologie et d'écologie de l'Université de Genève durant vingt ans - à sa disponibilité envers les étudiants et sa générosité à partager son savoir.

La collection SIMON est une série de référence composée de 478 sujets adultes et quelques grands adolescents. Le sexe, l'âge au décès, les dates de naissance et de décès, les liens de parenté et la profession sont connus. Dans le cas des inhumations antérieures à 1926, la cause du décès est également établie.

4.1.1. La constitution de la collection SIMON – fouilles 1998-2003

Nous inscrivant dans la continuité d'un projet incroyable, nous avons pu bénéficier des précédents établis par notre collègue Isabelle Gemmerich. Le bon déroulement des fouilles

* Subside FNS 31-53681.98, projet intitulé : Heritability of dental non-metric traits and occupation-linked skeletal markers of social behaviour in a population of recent skeletons, sous la direction de C. Simon, puis C. Kramar.

initiales a facilité nos entretiens avec les autorités des nouvelles communes pressenties pour poursuivre cette entreprise.

4.1.1.1 Les démarches administratives

Une loi cantonale stipule que la désaffectation des cimetières et plus précisément le devenir des squelettes relève de l'autorité communale (Gemmerich Pfister 1999). Ainsi, après l'accord de principe et l'appui de l'archéologie cantonale, l'accord des communes a été requis et finalement celui des familles. Les familles contactées l'ont été en fonction de listes de descendants que les communes étaient en mesure de reconstituer.

La consultation des archives communales a nécessité une autorisation de l'office cantonal de l'état civil.

À l'instar du premier projet, un courrier a été adressé à toutes les communes vaudoises encore en « lice », soit celles qui ne s'étaient pas montrées opposées lors de la première enquête de 1991, afin de leur demander si une désaffectation était prévue et quelles étaient les années d'inhumations concernées. Ces premières informations ont permis de sélectionner les cimetières présentant un intérêt pour la collection. Les inhumations plus récentes que la fin des années 1950 ont été écartées et, le plus souvent, nous n'avons pas prolongé la réflexion pour des secteurs comportant moins d'une trentaine de sépultures. Cela signifie qu'un nombre plus important de communes nous avaient donné leur accord que le nombre de fouilles engagées. À un certain moment, débordés par le « succès » de l'entreprise, nous avons même été contraints de laisser passer la possibilité d'intervenir dans une commune potentiellement intéressante.

Le nombre de communes qui apporterait leur concours à ce projet étant inconnu, nous avons initialement songé à élargir le territoire de fouilles potentielles. Une enquête a ainsi également été envoyée aux communes des cantons du Jura et de Genève, sans que cela aboutisse, à ce jour, à une possibilité d'intervention. Les contacts que nous avons eus avec quelques communes genevoises nous ont appris que la désaffectation se faisait tombe par tombe et non par secteurs, ce qui a une importance capitale pour l'organisation d'un chantier, comme nous allons l'expliquer plus loin. Toutefois, les archéologies cantonales de la région romande sont averties de l'intérêt que nous portons aux sépultures modernes identifiées et nous préviendront si une possibilité d'intervention se présentait.

4.1.1.2. L'organisation des cimetières vaudois

La tradition de la gestion des espaces funéraires dans le canton de Vaud veut que la plus grande partie de la population soit inhumée dans des « tombes en lignes ». Cela signifie que l'ordonnancement des tombes est chronologique, une inhumation suivant l'autre, selon une organisation du terrain programmée. Chaque sépulture reçoit un numéro de « piquet », inscrit

sur une plaquette métallique placée originellement au pied de la tombe et qui renvoie à l'identité de l'inhumé inscrite dans un « livre du cimetière » ou « livre des inhumations ». Cette façon de gérer l'espace a été le facteur primordial pour assurer l'identité des squelettes exhumés. En effet, dans des secteurs anciens, par exemple des années 1920 à 1940, de nombreuses inscriptions se sont effacées, des stèles se sont effondrées ou des structures en bois ont disparu. Ainsi, cette organisation systématique permet d'identifier, le plus souvent sans difficulté, les occupants de ces tombes dont les éléments de marquage ont disparu. La situation la plus extrême qui illustre au mieux cette situation est celle de la fouille d'un secteur d'inhumations des années 1940, du grand cimetière de Lausanne, désaffecté dans les années 60. Cela signifie qu'au moment de notre intervention toutes les marques de surface avaient été retirées depuis longtemps. Le plan initial du secteur était encore lisible par les limites des terrains engazonnés (zone des anciennes sépultures) et les chemins de circulation entre secteurs, mais non à l'intérieur de celui-ci. Cependant, grâce aux archives conservées par l'administration du cimetière*, à la délimitation très méthodique et rigoureuse des emplacements des tombes au cours des décennies et à l'aide très précieuse d'un employé du cimetière ayant une certaine ancienneté, la disposition exacte de toutes les tombes a pu être restituée (figure 4). Il est vrai que cela a demandé un important travail préparatoire, puisque le secteur en question avait compté plus de 600 tombes. Cela a nécessité de saisir toutes les identités, de faire plusieurs propositions de reconstitution de la chronologie de l'utilisation de ce terrain et finalement de procéder à des sondages sur un certain nombre de sépultures. Les critères de contrôle ont été, d'une part, l'anthropologie (âge au décès des non adultes) et, d'autre part, des indications se rapportant à diverses interventions post-sépulcrales : le dépôt d'urne(s) funéraire(s), dont on connaissait le nombre et la nature du contenant (urne en métal, en marbre...) ou encore la mention de l'exhumation des restes du défunt lors de la désaffectation des années 60.

Après un délai légal minimum de 20 ans, mais souvent après 50 ans ou plus, en fonction de la nécessité de créer un nouvel espace d'inhumation, la commune avise ses habitants d'une désaffectation prochaine de l'ensemble d'un secteur. C'est à ce moment-là que nous intervenons. Le fait qu'une parcelle entière d'un cimetière soit désaffectée est une composante clé de la viabilité de ce projet dans la mesure où cela permet de programmer une fouille « rentable » de quelques à plusieurs dizaines de squelettes et de faire intervenir une machine pour la creuse des tombes.

4.1.1.3. Les archives

Les documents d'archives se répartissent entre ceux que l'on trouve au sein de l'administration communale - le livre des inhumations - et ceux qui sont détenus par l'office d'État civil – les registres des décès, des familles, des mariages et des naissances. Chaque

* Plans des secteurs et l'équivalent d'un livre du cimetière nous ont permis de connaître le nombre exact des inhumations.

étape présente ses petites ou grandes difficultés. Les « livres des inhumations » contiennent assez souvent des erreurs ou omissions, auxquelles s'ajoute la difficulté de déchiffrement des écritures anciennes.

Nous n'avons pas décompté le temps consacré aux recherches d'archives, mais ce sont bien des milliers de kilomètres parcourus pour atteindre les diverses communes et les États civils, et des mois passés à compiler, avec beaucoup de plaisir certes, ces vieux registres.

4.1.1.4. Les critères de sélection des squelettes

La sélection des sujets lors de la première campagne de fouilles répondait au critère essentiel de l'existence de liens de parenté. C'est sur la base des 151 premiers squelettes de la collection (comprenant une sous-population de personnes apparentées) qu'une première recherche a été menée sur la question de l'hérédité potentielle des caractères non métriques crâniens (Gemmerich 1999). De nouvelles recherches sur le déterminisme familial (Eades 2003) ont démontré que le nombre d'apparentés et de générations par famille s'avère insuffisant pour envisager une telle démarche. Ces liens familiaux sont cependant fondamentaux en cela qu'ils témoignent de la cohérence populationnelle évoquée plus haut. Ils contribueront à la compréhension de l'impact sur le squelette d'autres types de facteurs, comme l'environnement, l'alimentation ou l'activité. Lors de la seconde série de fouilles, nous avons persisté dans l'idée de prélever des personnes apparentées, mais nous avons surtout été particulièrement attentifs à constituer une collection bien représentée relativement au sexe et à l'âge au décès.

La sélection des squelettes que l'on souhaiterait prélever est ainsi établie sur la base de trois critères : l'âge, le sexe et la parenté. Étant donné le biais imposé par les fouilles de la première partie de la collection (102 hommes prélevés et 49 femmes), toutes les femmes de moins de 60 ans ont été sélectionnées. La limite d'âge supérieure n'est pas fixée, mais étant donné, d'une part, les objectifs qui sont de pouvoir opérer des transferts vers le passé et de l'autre, les différences d'espérance de vie entre le 20^e siècle et toutes les époques précédentes, il ne nous paraît pas utile de rassembler un grand nombre de sujets de plus de 80 ans, ou du moins pour l'instant, cela n'apparaît pas comme une priorité. L'activité professionnelle a peu influencé la sélection étant donné le poids des trois premiers facteurs.

Au fil des interventions sur le terrain, notre expérience nous a permis de programmer des fouilles toujours plus importantes, les facteurs limitants étant le coût de l'intervention et le nombre de jours passés sur le terrain afin de ménager la quiétude des habitants.

4.1.1.5. Le terrain

Un plan du cimetière détaillé avec la localisation de tous les décalages ou mauvais alignements ainsi que les relations topographiques entre les tombes a été réalisé, car même si des repères ont été placés pour toutes les tombes que nous voulions fouiller, il fallait compter avec tous les aléas d'un chantier. Les pierres tombales ont la plupart du temps été retirées

avant le début des fouilles pour permettre à la machine de circuler librement sur un terrain parfois de dimensions réduites. La fouille d'une seule tombe nécessite de remuer un volume impressionnant de terre et que dire de dizaines fouillées dans l'intervalle d'une seule journée ! D'autre part, malgré cet ordonnancement soigné que nous avons évoqué, il s'agit de plusieurs dizaines d'années d'histoire d'un cimetière où les tombes étaient creusées à la main et nous avons souvent été confrontés à des inhumés décalés par rapport aux indications de surface. Dans certains rares cas, la détermination anthropologique des restes osseux a été un critère de validation de l'identité de la personne. Le prélèvement des ossements a été très rapide au détriment, parfois, des ossements des mains.

4.1.1.6. Les caractéristiques de la collection

La collection est composée aujourd'hui des squelettes de 495 sujets, dont 478 adultes âgés au décès de 20 à 92 ans ainsi que de 17 individus non adultes, pour la plupart de grands adolescents. Parmi les adultes, on dénombre 195 femmes et 283 hommes. La représentation entre les sexes, bien qu'améliorée, est encore déséquilibrée. Les classes d'âges des jeunes adultes sont sous-représentées comme dans toutes les collections de référence (figure 5). Bien que ces squelettes n'aient séjourné en terre qu'entre 60 et 80 ans, l'état de conservation des ossements est bon, mais pas excellent, et variable selon les cimetières.

Les 495 squelettes ont été prélevés dans 27 cimetières différents (figure 6). Le nombre de squelettes prélevés par cimetière s'étend de 1 – en raison d'un état de conservation désastreux de l'ensemble des squelettes d'un cimetière – à 72. Toutes les communes qui ont participé à ce projet sont vaudoises et une grande partie d'entre-elles se trouvent proches les unes des autres. Bien que le canton de Vaud soit un des grands cantons de la Suisse, la surface du territoire concerné par ces fouilles est fort modeste. Des liens de parenté ont même pu être retracés d'un cimetière à l'autre.

Les individus réunis sont représentatifs d'une population active du dernier quart du 19^e siècle et de la première moitié du 20^e. Les dates de naissance les plus anciennes remontent au milieu du 19^e et les plus récentes au milieu du 20^e mais environ 70% des personnes sont nées entre 1870 et 1910 (figure 7). Les années de décès s'étendent entre 1900 et 1960, mais près de l'essentiel des secteurs que nous avons été amenés à fouiller correspondaient à des décès entre 1930 et 1960 (figure 8). En raison des traditions sur le choix du lieu d'inhumation à l'intérieur même du cimetière, la collection regroupe des personnes de toutes les classes de la société, à l'exception d'un certain nombre des plus aisés, inhumés le plus souvent dans des concessions auxquelles nous avons rarement accès.

Les relations de parenté de premier et second degré (parents, sœurs, frères, oncle, tante, nièce, neveu, cousin, cousine) ont été recherchées en priorité. Ces recherches ont permis de révéler 117 liens familiaux dont le détail des relations est donné à la figure 9. Le nombre de personnes ayant un lien de parenté est plus important que le nombre de liens. La très grande

majorité des relations connues s'établissent entre parents et enfants et frères et sœurs. Dans un petit nombre de cas, trois, voire quatre, personnes appartiennent à la même famille. Les archives des communes du canton de Vaud (essentiellement les registres de familles) permettent de remonter dans les généalogies environ jusque vers les années 1830. Dans un certain nombre de cas, cela a limité les possibilités d'investigation pour les personnes nées au milieu du 19^e siècle.

L'information clé sur laquelle s'appuie cette recherche est la mention, dans l'acte de décès, de la profession. Nous reviendrons plus loin sur les professions exercées par les hommes, lorsque nous présenterons le corpus spécifique à cette étude. Quant aux femmes, la grande majorité des mentions les concernant spécifient qu'elles sont ménagères. Afin de tenter de cerner d'un peu plus près à la fois le milieu socio-économique et certains aspects de leur vie quotidienne, nous avons également relevé dans les registres, la profession du père et du mari (figure 10), ainsi que le nombre d'enfants qu'elles avaient mis au monde. Ce travail de recherche dans les archives est encore en cours.

4.1.2. La place de la collection SIMON parmi les séries ostéologiques de référence

Usher (2002) recense un peu plus d'une cinquantaine de séries ostéologiques de référence à travers le monde. La majorité d'entre elles sont des collections anatomiques, selon la typologie mise en place par Ardagna (2004), soit un regroupement de restes osseux humains provenant des dissections directes de cadavres en milieu médical. Ces collections sont largement référencées (sexe, âge au décès, cause du décès, données pathologiques...). Les plus importantes réunissent plusieurs milliers d'individus. Étant constituées de cadavres de personnes non réclamées par les familles, elles présentent inévitablement des échantillons socio-économiques biaisés. Une très importante partie des recherches méthodologiques en anthropologie a été basée sur ces quelques grandes collections avec pour principale conséquence de sous-estimer la variabilité interpopulationnelle des indicateurs.

Il existe également quelques séries de référence constituées de matériel récolté en contexte archéologique, des collections ostéoarchéologiques documentées selon Ardagna (2004). Ces séries, relativement aux collections anatomiques, peuvent présenter deux caractéristiques irremplaçables : une image du passé et une cohérence populationnelle. Certaines collections appartiennent à des époques où les conditions de vie étaient déjà fort éloignées des conditions actuelles et elles permettent de jeter un pont vers le passé. La plus fameuse est celle constituée des squelettes dégagés lors de la restauration de la crypte de l'église Christ Church dans le quartier de Spitalfields à Londres (Molleson et Cox 1993, Adams et Reeve 1993, Cox 1996). Près de mille cercueils ont été mis au jour parmi lesquels 389 portaient des inscriptions de nature à permettre l'identification de l'inhumé. Ces inhumations remontent à la fin du 18^e et à la première moitié du 19^e siècle. Un nombre astronomique d'études dans des domaines très variés a pu être mené sur la base de ce matériel et cela rend compte des potentiels d'études

immenses que représente une telle collection lorsqu'elle est documentée de manière adéquate et mise à la disposition des chercheurs (Perréard Lopreno et Eades 2003).

Mentionnons également la collection de Spitalfriedhof St. Johann à Bâle (Suisse). Elle provient d'un cimetière d'hôpital et les inhumations remontent aux années 1845 à 1868 (Etter et al. 1993, Wiedenmeyer et Hotz 2002). Par ailleurs, ces collections présentent parfois la spécificité de réunir un ensemble de squelettes identifiés formant une population au sens de personnes qui ont des liens familiaux, un territoire et une histoire en commun (c'est le cas pour la collection de Spitalfields et maintenant de la collection SIMON). Les résultats de la recherche mettent de plus en plus en avant la variabilité des caractéristiques morphologiques des populations humaines (comme évoqué au chapitre 3.1.3.) et l'importance de cerner cet aspect quel que soit le domaine de la recherche. La clé d'une avancée méthodologique repose dans l'exploration des variations inter- et intrapopulationnelles et inter- et intra-individuelles (Kemkes-Grottenthaler 2002).

À notre connaissance, moins de dix séries de cette nature existent à travers le monde (figure 11) et la littérature montre, par ailleurs, que très peu sont actuellement en cours de constitution (Ardagna, 2004 p. 38). Notre projet contient ceci de novateur que la collection du Département a été programmée pour favoriser certains intérêts spécifiques de la paléoanthropologie (Perréard Lopreno et Eades 2003), et que nous avons l'opportunité dans l'avenir d'augmenter et de modifier sa composition. La particularité essentielle de cette collection SIMON tient au fait qu'elle comprend des sujets identifiés subactuels, de même origine géographique que les squelettes des populations anciennes que nous sommes amenés à étudier dans le cadre de recherches archéologiques régionales.

4.2. Le corpus sélectionné pour l'application

L'ensemble du corpus masculin de la collection SIMON est formé de 283 adultes. La sélection des individus pour l'étude a été établie en fonction de la conservation. Un individu a été retenu pour autant qu'au moins une des paires des ossements étudiés, clavicules, humérus ou radius, soit dans un bon état de conservation relativement à la longueur maximale et à l'état de la surface externe. Ce sont finalement 235 individus qui seront étudiés, dont 170 sont représentés par l'ensemble des os prévus, soit leurs deux clavicules, humérus et radius.

Ainsi que le dénombrement démographique de l'ensemble de la collection pouvait le laisser entrevoir, la représentation par classes d'âges décennales est partiellement déséquilibrée. Les classes des jeunes adultes (20-29 et 30-39 ans) comptent 22 et 25 individus, respectivement et les adultes entre 40 et 79 ans, en comptent entre 34 et 54 (figure 12). Pour cette raison, nous privilégierons une répartition démographique des âges en trois classes de 25 ans lors des contrôles de l'influence de l'âge sur les paramètres ostéologiques (figure 12).

4.2.1. *La pathologie traumatique*

Les ossements sélectionnés pour l'étude ont été systématiquement examinés afin de repérer les traumatismes susceptibles d'avoir altéré la fonction du membre supérieur. Les diagnostics ont été établis sur la base d'une évaluation macroscopique des ossements, à l'exception d'un cas de fracture bien consolidée qui a été repéré sur les images tomodensitométriques. Chacune des lésions reconnues a été documentée par une photographie. Une courte description ainsi que l'illustration du ou des traumatismes affectant un individu sont incluses dans le catalogue des individus (voir CD-Rom).

Les os atteints d'un traumatisme considéré comme mineur et n'ayant pas engendré une altération de la fonction sont conservés pour les analyses.

Un décompte des pathologies traumatiques par région anatomique a été établi et les prévalences brutes et corrigées calculées pour l'ensemble du corpus (figure 13). S'agissant d'un ensemble d'ossements sélectionné sur la conservation, le nombre de régions anatomiques absentes est faible, et le calcul des prévalences brutes et corrigées donnent des résultats proches.

Les clavicules et les humérus sont affectés par des traumatismes dans les mêmes proportions et les côtés droits et gauches de manière indistincte. En revanche, les radius montrent une prévalence de traumatismes plus élevée que la clavicule ou l'humérus et le côté gauche (prévalence de 7.1%) est plus souvent atteint que le droit (4.2%).

A titre indicatif, la population médiévale rurale de Raunds Furnells (UK) présente les prévalences brutes de 7.1% pour la clavicule droite, 6.9% pour la clavicule gauche, 0% pour l'humérus droit, 2.2% pour l'humérus gauche, 6.3% pour le radius droit et 3.5% pour le radius gauche. Les valeurs sont données sexes réunis pour un échantillon de 167 à 178 os droits et gauches confondus par type d'os (Judd et Roberts 1999).

Ces mêmes décomptes ont été établis entre groupes d'activités (figure 14). On a relevé sur les ossements des groupes actifs – agriculteurs et spécialistes – une prévalence moyenne des traumatismes double de celle du groupe des non-actifs. Cela pourrait constituer un indice de risque à la fracture différent entre ces groupes d'activités. Par ailleurs, les radius sont les os les plus touchés pour les trois groupes correctement représentés en terme d'effectif, le gauche toujours plus que le droit.

4.2.2. *Constitution et caractérisation des groupes d'activités*

Rappelons que ce travail cherche à vérifier l'hypothèse selon laquelle l'exercice d'activités spécialisées, a priori relativement asymétriques et répétitives, devrait entraîner des modifications de la forme et de la distribution de l'os différentes de l'adaptation osseuse de personnes pratiquant une grande variété d'activités, comme les agriculteurs. Un ensemble de personnes qui, a priori, n'ont pas eu une activité quotidienne physiquement astreignante (non

ou peu actifs) est prévu comme groupe de contrôle ou groupe témoin d'une asymétrie « naturelle », de manière à être en mesure d'interpréter plus spécifiquement les tendances relevées pour les groupes actifs.

Ainsi, ce projet impose de constituer un minimum de trois groupes d'activités : des agriculteurs, des spécialistes et des non-manuels. Parmi les spécialistes, certaines professions requièrent beaucoup plus de puissance et de force physique que d'autres. Ils ont donc été scindés en deux groupes, les spécialistes « lourds » et « légers ». Organisés de cette manière, les groupes vont permettre de tester deux composantes de l'activité : l'intensité et la spécialité. Les résultats des analyses des mesures linéaires et des propriétés géométriques des sections transverses seront interprétés en fonction de ces deux paramètres. Ce sont ainsi quatre groupes d'activités principaux qui ont été formés à partir de l'indication de la profession reportée dans l'acte de décès.

- Les professions représentées par les hommes de la collection SIMON sont variées, mais le monde de l'économie rurale est le mieux représenté avec des agriculteurs (n = 68), des ouvriers agricoles (n = 10) et des journaliers (n = 6). Ces individus ont été réunis pour former un premier groupe d'activités (groupe A). Ce sont des personnes dont on peut penser que leurs vies quotidiennes se ressemblaient, en termes d'activités requises et d'effort fourni. Ce groupe des agriculteurs est caractérisé par une activité intense mais non spécialisée (figure 15).
- Le groupe des spécialistes est formé de professions diverses, mais les personnes ont en commun d'avoir pratiqué une activité manuelle et de ne pas être des agriculteurs. Parmi ces spécialistes, l'attribution secondaire à l'un des deux groupes « lourds » ou « légers » s'est parfois avérée délicate.
- Le groupe des spécialistes « lourds » (groupe SL) est composé des professions suivantes : boulanger (4), bûcheron (11), charpentier (1), charron (1), ferblantier (2), fromager (2), maçon (4), maréchal-ferrant (4), meunier (3), scieur (3), serrurier (3), tailleur de pierre (1), tonnelier (1), vigneron (10). Ce groupe de spécialistes est caractérisé par une activité intense et spécialisée.
- Le groupe des spécialistes « légers » (groupe SI) est composé des professions suivantes : brossier (1), charcutier (1), contremaître – usine (2), cordonnier (2), cuisinier (1), garagiste (2), gypsier peintre (1), jardinier (1), ouvrier d'usine (9), pêcheur (1), peintre (2), plâtrier (1), sellier (1), tailleur de lime – usine (1), verrier (2). Ce groupe de spécialistes est caractérisé par une activité peu intense mais spécialisée.
- Le groupe des non-manuels (groupe NA), dont on présuppose que les personnes ont eu des activités professionnelles physiquement peu astreignantes, est utilisé comme groupe témoin d'une morphologie sans charges fonctionnelles importantes, ni spécifiques. Les professions représentées dans ce groupe sont les suivantes : architecte (1), caissier (1),

employé CFF (3), chauffeur (4), coiffeur (2), commerçant (5), comptable (2), dessinateur (1), électricien (1), employé banque (1), employé bureau (1), employé hôtel (1), employé postal (3), facteur (1), gendarme (1), hôtelier (2), industriel (2), mécanicien (2), négociant (2), notaire (1), préparateur (1). Ce groupe de non-actifs est caractérisé par une activité peu intense et non spécialisée.

Il reste encore un certain nombre d'individus qui n'ont pas été attribués à l'une des classes principales : ce sont les manœuvres (groupe m), d'une part, et un groupe de 17 personnes (groupe nc), d'autre part, dont l'intitulé des professions est trop flou pour permettre une attribution à un groupe ou dont la profession n'a pas été retrouvée dans les archives. Ce groupe compte toutefois pour l'élaboration des moyennes de l'ensemble du corpus et pour le contrôle de l'influence de l'âge sur les paramètres mesurés.

- Le groupe m est composé de 14 manœuvres qui sont considérés comme ayant des activités proches de ce que l'on a décrit pour les agriculteurs, soit des activités physiquement astreignantes mais non spécialisées. Ce groupe est donc associé à celui des agriculteurs à certains moments de l'analyse.

Des alliances stratégiques : des fusions entre groupes ont été constituées afin de tester la composante de la charge physique globale (cpg) ou la spécialisation (sp). L'association des agriculteurs et des manœuvres (G) constitue un groupe de « généralistes » ayant accompli des activités physiques intenses et variées. Le regroupement des spécialistes lourds et légers devient le groupe des « spécialistes » (S) au sens large et le même groupe des spécialistes « légers » sera parfois associé à l'échantillon des non-actifs pour constituer un groupe que nous qualifions de modérément actif (MA). Ces regroupements offrent également l'avantage de permettre de disposer d'effectifs confortables et ainsi plus représentatifs sur le plan statistique. Exceptionnellement, nous utiliserons également les regroupements en très actifs (G + SL) et peu actifs (MA).

Le nombre d'individus par groupe d'activités s'étend entre :

- 83 pour le plus grand groupe des agriculteurs,
- 50 pour les spécialistes « lourds »,
- 28 pour les spécialistes « légers »,
- et 43 pour le groupe des non-manuels.

L'âge moyen au décès des individus constituant ces groupes d'activités sont proches : entre 54 et 61 ans (figure 16). Néanmoins, lors des comparaisons des variables, un contrôle systématique de l'influence de l'âge sera effectué.

Un catalogue (volume 3) a été élaboré qui contient les informations concernant l'identité des individus (âge au décès, profession et liens de parenté) ainsi que les paramètres

anthropologiques évalués : les mesures externes, une courte description et des photographies des pathologies traumatiques, le cas échéant, et une planche des sections transverses acquises par CT scanner.

5. Méthodes

Cette recherche s'appuie sur deux types de variables : des propriétés géométriques des sections transverses et des mesures linéaires. Comme déjà évoqué plus haut, nous avons souhaité baser nos analyses sur un nombre de sections transverses qui permette d'explorer une large part de la variabilité des ossements sélectionnés. En ce qui concerne l'humérus, les cinq sections choisies correspondent aux hauteurs classiquement étudiées en paléoanthropologie, soit à 20, 35, 50, 65 et 80% de la hauteur de la diaphyse, mesurées à partir de l'épiphyse distale (voir planche MEM0). Il n'existe pas de pareils standards pour le radius ou la clavicule. Quatre hauteurs ont donc été définies pour le radius, à 20, 40, 60 et 75% de la hauteur de la diaphyse, à compter également depuis l'extrémité distale. Cette dernière hauteur à 75% a été préférée à une section à 80% en raison du fait que celle-ci se situe très souvent à la base de la tubérosité radiale, région que nous avons souhaité éviter. Les sections de la clavicule avaient été déterminées initialement à 35 et 70% de la hauteur, toujours à partir de l'extrémité distale, de manière à documenter les régions des insertions du m. grand pectoral et du m. deltoïde. Cependant, des difficultés à délimiter les contours de ces sections ont été rencontrées au cours d'une étude préliminaire en raison de la finesse de l'os cortical (Perréard Lopreno 2005). Pour cette raison, les hauteurs à 40, 50 et 60% ont été sélectionnées qui correspondent à des régions de la diaphyse où le diamètre d'os cortical est plus épais.

5.1. Les propriétés géométriques des sections transverses

5.1.1. Principes biomécaniques

La biomécanique est l'application de principes d'ingénierie aux matériaux biologiques (Turner et Burr 1993). Dans un modèle biomécanique, les os longs sont apparentés à des cylindres creux (Cowin 2001). Les os sont exposés à des forces de tension, de compression, de cisaillement, de torsion et de flexion, ces deux dernières étant celles qui affectent le plus les os longs (figure 17). L'os est un tissu dynamique qui se modifie continuellement en fonction du type, de l'amplitude ou de la fréquence des sollicitations mécaniques auxquels il est soumis. Le façonnage de ce matériau en une structure tubulaire, dont le cortex minéralisé est distant de l'axe central de l'os, est ce qui assure leur solidité aux os longs. Cette configuration géométrique donne à la fois légèreté et résistance à la flexion dans la mesure où la résistance à la flexion par unité de surface d'os est proportionnelle à sa distance élevée à la puissance 4 (d^4) de l'axe neutre de l'os (Seeman 2003).

Parmi les facteurs déterminants la robustesse d'un os, les principaux facteurs architecturaux sont ses dimensions externes et l'épaisseur de l'os cortical. Les modifications des dimensions

de la surface totale de la section par apposition périostée jouent un rôle important dans les capacités de résistance. Il a été démontré que pour une même quantité d'os cortical ajoutée, les gains biomécaniques (mesure de la résistance à la flexion) sont beaucoup plus élevés pour un dépôt périphérique que le dépôt d'une surface d'os équivalente placée dans la région endocorticale. La combinaison des deux localisations est encore plus bénéfique (Seeman 2003, Ammann et Rizzoli 2004).

Les outils de l'analyse biomécanique sont les propriétés géométriques qui permettent de connaître les caractéristiques de dimension et de forme des sections transverses.

5.1.2. Les propriétés géométriques retenues

Les propriétés géométriques retenues sont celles couramment utilisées dans la littérature anthropologique. La liste, accompagnée de l'abréviation la plus répandue dans la littérature anglo-saxonne est présentée ci-dessous. De plus, une courte description de ce qu'elles représentent en termes biomécaniques est donnée (Ruff 1981, Larsen 1997, Ruff 2000). Parmi ces propriétés géométriques, nous en distinguons deux types. Le premier correspond aux variables qui sont directement issues de la mesure des sections transverses et le second est composé des variables calculées à partir des premières.

Type I :

L'aire totale	TA
Mesure de la surface totale d'une section transverse. Le développement de cette surface est proportionnelle aux forces de compression et de tension appliquées non excentriquement.	
L'aire corticale	CA
Mesure de la quantité d'os cortical dans une section transverse. Le développement de cette surface est proportionnelle aux forces de compression et de tension appliquées non excentriquement.	
Les seconds moments de l'aire, appelés également moments d'inertie	I
Les seconds moments de l'aire représentent une estimation de la résistance de la structure à la flexion dans un plan particulier (figure 18). Ils sont calculés en divisant la section transverse en petites surfaces (pixels) et en multipliant chacune d'elle (dA) par sa distance au carré de l'axe neutre (figure 19a). Cette procédure est répétée sur toute la section. Par convention, on calcule les seconds moments de l'aire dans le plan antéro-postérieur (I_x) et le plan médio-latéral (I_y) ainsi que le maximum (I_{max}) et le minimum (I_{min}). Ces derniers sont particulièrement importants car ils indiquent l'amplitude relative de la plus grande et de la plus faible résistance de la section à la flexion et sont indépendants du positionnement de l'os lors de l'acquisition des données (figure 19b).	

L'angle thêta	θ (th)

Cet angle indique l'orientation du second moment de l'aire maximum. Il mesure l'angle entre l'axe médio-latéral (x) et la direction de I_{max} . De plus amples détails sur cette mesure sont donnés au chapitre 5.1.3.2.

Type II :

Le pourcentage d'aire corticale	PC

Mesure du rapport $(CA/TA) * 100$. Elle informe de la surface relative d'os cortical présente en relation avec la surface totale de la section.

Le rapport des seconds moments de l'aire	I_x/I_y

Ce rapport est une estimation de la forme de la section dans les axes x et y, soit médio-latéral et antéro-postérieur. Présentation plus détaillée de cette variable au chapitre 5.1.3.1.

Le rapport des seconds moments de l'aire maximum et minimum	I_{max}/I_{min}

Le rapport I_{max}/I_{min} est à la fois un indice de la résistance relative à la flexion dans deux plans (relative bending strength in two planes) et un indice de la distribution relative de l'aire de la section en deux dimensions. Comme tel, il fonctionne comme l'interprétation biomécanique de la forme de la section transverse ... (Ruff 1981 p. 169). Présentation plus détaillée de cette variable au chapitre 5.1.3.1.

Le moment d'inertie polaire	J

Mesure de la résistance à la torsion. J est équivalent à la somme de n'importe quels seconds moments de l'aire mesurés perpendiculairement : $I_{max} + I_{min}$, par exemple. J est souvent considéré comme un indicateur général des forces appliquées à l'os (figure 19a). Cependant, son estimation devient moins précise à mesure que les sections s'éloignent de la circularité (Ruff et Hayes 1983a). La tendance sera alors de surestimer la résistance à la torsion. On peut considérer que J reste valable pour les sections où I_x/I_y est égal ou plus petit que 1.5 (Daegling 2002). Cette dernière variable sera peu utilisée dans notre analyse dans la mesure où l'asymétrie de J n'est que la somme des asymétries des I à partir desquels il a été calculé, et qu'il nous intéresse plus de mesurer les influences des seconds moments de l'aire I , indépendamment.

Les différentes propriétés informatives de la géométrie des sections (thêta, I_x/I_y et I_{max}/I_{min}) seront encore largement expliquées et illustrées dans le chapitre d'exploration qui leur est consacré (chapitre 6.4.).

Un tableau récapitulatif de l'ensemble des propriétés géométriques analysées a été élaboré (figure 20), il est également reporté sur la *planche MEMO* placée au début de ce document.

5.1.3. Présentation et illustration des variables indicatives de la géométrie des sections

5.1.3.1 Le rapport des propriétés géométriques I_x/I_y et I_{max}/I_{min}

Afin de se familiariser avec les formes rencontrées le long des trois os explorés dans cette étude, deux planches d'illustrations ont été élaborées. Sur la première (figure 21), pour chaque section, la valeur la plus faible, la valeur la plus élevée et une troisième section représentative de la valeur moyenne de la population ont été représentées pour les rapports des seconds moments de l'aire (I_x/I_y) calculés dans les plans postéro-antérieur (I_x) et médio-latéral (I_y), arbitrairement pour les sections gauches. Etant donné la position anatomique de la clavicule, les plans de I_x et de I_y deviennent respectivement les axes supéro-inférieur et antéro-postérieur. Ces illustrations permettent de se rendre compte, par exemple, que l'orientation du plus grand axe peut être totalement inversé entre deux individus comme au niveau des premières sections de la clavicule (c1 - colonne 1 vs colonne 2), de l'humérus (h1) ou du radius (r1). Un rapport inférieur à 1 (par exemple h1- LAU51 : $I_x/I_y = 0.66$) signifie que I_y est plus grand que I_x et, en termes de configuration, cela correspond à des sections plus développées dans l'axe médio-latéral que antéro-postérieur (toutes les illustrations de la première colonne de la figure 21). A contrario, si I_x est plus grand que I_y , la valeur du rapport est plus grande que 1 (par exemple, h1, STO04, $I_x/I_y = 1.29$) et l'axe postéro-antérieur de la section d'os est plus développé que l'axe médio-latéral (illustrations de la deuxième colonne). Ces deux premières situations correspondent aux formes les plus divergentes et les illustrations de la troisième colonne permettent de visualiser des formes de sections représentatives des valeurs moyennes de la population.

Ces sections sont également examinées sous l'angle de leurs développements maximum (I_{max}) et minimum (I_{min}) de résistance à la flexion (I_{max}/I_{min}) (figure 22). La variabilité des formes des sections est importante ; elle est ici illustrée par 3 individus différents pour chacune des sections analysées (c1 à r4) pour une valeur identique du rapport I_{max}/I_{min} (ici la valeur moyenne pour l'ensemble de la population). L'orientation du second moment de l'aire maximum définie par l'angle θ est une variable que nous examinerons un peu plus loin dans ce chapitre.

L'intérêt de ces dernières dimensions est que le risque de commettre des erreurs de mesure lors de l'acquisition des données au CT scanner est moindre car, en terme de positionnement des ossements, elles ne dépendent que de la précision du placement dans l'axe longitudinal alors que I_x et I_y sont dépendants d'un placement précis à la fois dans les plans longitudinal et sagittal.

La formule « standard » du calcul de l'asymétrie (telle que retenue p. 65) a été appliquée aux rapports des seconds moments de l'aire gauche et droit afin de discerner d'éventuelles divergences de forme entre sections paires en relation avec l'activité.

$$as(Ix/Iy) = [(I_{xyd} - I_{xyg}) / (I_{xyd} + I_{xyg}) / 2] \times 100 \quad \text{où } Ix/Iy \text{ est abrégé en } Ixy$$

Cette asymétrie de forme est fonction de l'asymétrie respective des deux propriétés examinées et on peut établir une relation entre ces paramètres qui peut s'approximer de la manière suivante :

$$as(Ix/Iy) \simeq (asIx) - [abs(asIy)].$$

La décomposition de l'information donnée par chaque élément de cette formule nous semble nécessaire pour comprendre ce qui entraîne des variations d'une section à l'autre et éventuellement d'un groupe d'activités à l'autre.

Par exemple (figure 23, point 1 et illustration 1) : as = asymétrie

si $as(Ix)$ est positive (indiquant que Ix droit est plus grand que Ix gauche),

que $as(Iy)$ est également positive (signifiant que Iy d est plus grand que Ix gauche)

et que $as(Ix)$ est plus grand que $as(Iy)$,

alors $as(Ix/Iy)$ est positive et la principale contribution à cette asymétrie est le second moment de l'aire Ix droit plus important que le gauche.

Autre exemple (figure 23, point 3 et illustration 3) :

si $as(Ix)$ est positive (indiquant que Ix droit est plus grand que Ix gauche),

que $as(Iy)$ est négative (signifiant que Iy d est plus petit que Iy gauche)

et que $as(Ix)$ est donc plus grand que $as(Iy)$,

alors $as(Ix/Iy)$ est également positive mais $Iy d >$ et $Iy g >$ participent à expliquer les différences de forme.

Etant donné que six situations différentes sont possibles, des clés de lecture des formes ont été élaborées, illustrées pour la clavicule pour les rapports I_{max}/I_{min} (figure 23), pour l'humérus pour les rapports Ix/Iy (figure 24) et également pour le radius pour les rapports I_{max}/I_{min} (figure 25).

5.1.3.2. L'angle θ : orientation de I_{max}

Rappelons que le second moment de l'aire est une mesure de la résistance de l'os à la flexion. L'orientation du second moment de l'aire maximum (I_{max}) est donnée par l'angle θ (θ). Il est mesuré de l'axe médio-latéral (x) à l'axe du second moment de l'aire maximum - pour l'humérus et le radius - et de l'axe antéro-postérieur (x) à l'axe de I_{max} pour la clavicule. On

peut déduire l'orientation de I_{min} à partir de l'axe de I_{max} , puisqu'ils sont par définition perpendiculaires.

Le programme (momentmacro) qui calcule les propriétés géométriques attribue des angles dans un intervalle de 0 à - 90° pour une orientation dans le « quart nord-ouest » et de 0 à 90° pour le « quart nord-est ». Ces paramètres, illustrés par les sections de l'humérus à 35% (h4) de l'individu AIG20, vont permettre de se familiariser avec ces notions (figure 26). Une option du programme dessine les axes de développement maximum et minimum et ces axes se croisent sur le centroïde de la section. La valeur de I_{max} est accentuée en violet sur la figure 26a. Un demi-cercle formé de deux quarts de cercle avec des angles allant de 0 à 90° d'un côté et 0 à -90° de l'autre a été superposé à la section de manière à visualiser la valeur de l'angle par rapport à l'axe des x (ici l'axe médio-latéral de la diaphyse de l'humérus). Ainsi, la valeur de θ est de -50.2° pour la section droite de la diaphyse (quart antéro-latéral) et θ vaut 45.1° à gauche (encore le quart antéro-latéral) (figure 26b).

La direction des angles dépend de l'orientation des ossements au moment de l'acquisition des données (ici les images CT). Pour cette analyse, les résultats sont donnés pour des ossements en vue distale, comme sur les tableaux réunissant l'ensemble des sections de chaque individu dans le catalogue (volume 3). Toutefois, l'acquisition des images CT ayant été faite avec les clavicules inversées, on restera attentif au fait que les angles sont également inversés par rapport aux résultats de l'humérus et du radius.

Traitement préliminaire des résultats

Les moyennes de θ pour les antimères vont être analysées, ainsi que la différence d'orientation entre les côtés. Or, l'option de mesure de l'angle proposée par « momentmacro » pose problème pour calculer l'asymétrie car, si l'orientation de I_{max} dépasse 90°, l'angle change de signe et il n'est alors pas possible de mesurer directement la différence d'orientation.

Nous avons donc procédé à une conversion des résultats pour les sections c1 à c3 et h1 à h5, ainsi que r1. Ce que préconise Ruff (1981) p. 183 : *the method of measuring and recording phi (= θ) will depend on the particular cross section in question, and must be reevaluated for each new cross section on the basis of observed frequency distribution.*

Il s'agit de convertir les angles plus grand que 90° (ou -90°), selon la section ou le côté, en angles entre 90 et 180° (ou - 90 et - 180°).

Concrètement :

- si la moyenne de θ pour l'ensemble de la population est positive, une valeur individuelle négative (θ_-) est transformée ainsi :

$$\text{« formule 1 » : } \theta_+ = [180 - (\text{val abs } (\theta_-))]$$

- si la moyenne de θ pour l'ensemble de la population est négative, une valeur individuelle positive (θ^+) est transformée ainsi :

$$\text{« formule 2 » : } \theta^- = [- 180 + (\theta^+)]$$

Un exemple est proposé (figure 27) avec les sections à 80% de la hauteur de la diaphyse de l'humérus (h_1) de l'individu BIE05. La valeur de θ (1.48°) à droite est positive, comme la moyenne de la population, la transformation n'est pas nécessaire. En revanche, l'angle θ mesuré sur la section gauche est positif (6.60°) alors que la moyenne de la population est négative. La « formule 2 » est alors appliquée et l'angle corrigé est de -173.4° .

La situation est différente pour les sections plus distales du radius (r_2 à r_4). En effet, la variabilité étant moindre, lorsque la valeur d'une section n'appartient pas au « cadran » de la valeur moyenne de la population, on peut obtenir la différence d'orientation entre les sections en effectuant la somme de la valeur absolue des angles à droite et à gauche.

Précisons que ces mesures corrigées ne sont utilisées que pour le calcul de cette différence d'angulation entre les antérieures.

5.1.4. Modalités d'acquisition des propriétés géométriques

Des images des sections transverses des diaphyses des os longs peuvent être obtenues aux moyens de différentes techniques : par la lecture directe de sections sciées, par l'association de radiographies biplanaires et de moulages externes des contours ou par CT scanner. Cette dernière technique devient toujours plus performante et permet d'obtenir des images d'une résolution toujours plus élevée (Kalender 2005). Elle est incontestablement la plus intéressante si l'accès à un scanner est envisageable. Cela a été le cas pour cette étude, et des images tomodensitométriques des ossements ont donc été obtenues, au moyen d'un CT scanner, à l'Institut de radiologie de l'hôpital universitaire de Genève. Nous sommes extrêmement reconnaissante aux responsables de cette Institution, le Professeur Geissbühler, directeur, et le Professeur Vallée, responsable du Département d'imagerie médicale, de nous avoir permis d'accéder à la machine ainsi qu'à l'équipement informatique. Des explications plus détaillées suivent au chapitre 5.2.

5.1.4.1. Positionnement des ossements sur la table d'examen du CT scanner

Une planche en bois recouverte de papier millimétré est utilisée comme référentiel horizontal (figure 28).

Le référentiel longitudinal (z) est dans un premier temps défini sur la planche en bois :

- humérus, face postérieure visible afin que l'os soit le plus horizontal possible et ligne coupant à mi-distance les épiphyses proximale et distales.

- radius : face postérieure visible qui semble être la face la plus stable pour maintenir la position de l'os et afin que l'os soit le plus horizontal possible. Même principe que pour l'humérus.
- étant donné la variabilité de forme de la clavicule, il est beaucoup plus difficile de la présenter dans une position comparable d'un individu à l'autre. Le choix a été fait de la poser face inférieure visible et de placer sur la même ligne l'extrémité antérieure de l'extrémité acromiale et le maximum de la courbure antérieure, au niveau de l'insertion du grand pectoral. Ces deux points sont souvent les plus antérieurs, mais parfois, la limite antérieure de l'épiphyse sternale peut dépasser cette ligne. On ne prend pas ce point (figure 29).

Finalement, on utilise les repères laser du scanner pour positionner la planche sur la table d'examen (figure 28).

5.1.4.2. Traitement des images

L'obtention des images tomодensitométriques pour l'ensemble des ossements de l'échantillon étudié a nécessité 215 acquisitions (passages dans la machine), pour 233 individus, ainsi qu'une série d'ossements médiévaux qui ont été utilisés pour la calibration ou étalonnage de ces images. Les ossements ont été disposés le plus rationnellement possible sur la planche d'examen afin d'occuper un minimum d'espace, la résolution de l'image étant en relation avec la surface scannée.

De l'ensemble des images obtenues par le CT scanner (une image tous les millimètres), 24 images finales ont été exportées pour chaque individu, en format TIF, depuis le logiciel d'imagerie médicale OsiriX® (Rosset et al. 2004). Ces 24 images correspondent aux 12 sections transverses sur les ossements gauches et 12 sections droites, pour les individus représentés par 6 os (voir volume 3 - catalogue des individus, planche des sections).

Le passage des images issues du CT scanner à une image TIF a nécessité un très important travail de calibration qui fait l'objet d'un chapitre détaillé ci-dessous (chapitre 5.2).

Le calcul des propriétés géométriques des sections transverses a ensuite été effectué à l'aide du logiciel NIH Image 1.63¹ et de la macro « momentmacro »² mise à disposition de la communauté des scientifiques par le Dr. C. Ruff.

5.2. La calibration des images tomодensitométriques

5.2.1. Introduction

L'objectif de la calibration est de connaître les dimensions réelles des objets scannés. Le CT scanner est essentiellement un outil de visualisation et qui, comme instrument de mesure,

¹ (<http://rsb.info.nih.gov/nih-image/>)

² (<http://www.hopkinsmedicine.org/FAE/mmacro.htm>).

nécessite un étalonnage spécifique au matériel étudié. L'image tomodensitométrique des os est rendue en fonction des caractéristiques du CT scanner et des paramètres d'acquisition sélectionnés. Il s'agit de trouver « le filtre » à travers lequel on obtiendra une image reproduisant les dimensions les plus exactes possibles. La calibration passe par l'ajustement des paramètres de lecture des images afin qu'elles reproduisent fidèlement les dimensions connues des objets.

Dans la littérature anthropologique, cette question a été diversement abordée et souvent peu explicitée. Deux articles importants sont parus à la fin des années 80, à l'époque du début de l'exploitation des données CT par les anthropologues, qui se sont attachés à poser les bases de l'utilisation de ce type de données.

Le premier, article de Ruff et Leo (1986), indique d'emblée que les données reportées sont spécifiques au scanner employé mais que les principes généraux et les recommandations sont valables pour n'importe quel scanner. Ils précisent que le repérage de la largeur d'ouverture* et de son niveau* est probablement la procédure la plus délicate et qu'une fenêtre optimale doit être déterminée expérimentalement pour chaque situation. Ils proposent 3 moyens de calibrer les images : l'emploi d'un fantôme*, la comparaison avec des sections sciées, et la comparaison des dimensions réelles avec les printouts de la matrice de reconstruction des CT numbers*. La seconde solution a été utilisée par ces auteurs pour proposer une configuration de fenêtre qui approximait au mieux l'échantillon de référence mobilisé (4 os, 2 de macaques et 2 humains), soit 600 pour la largeur d'ouverture et 800 pour le niveau.

Daegling (1989) publie une étude sur le corps mandibulaire des hominoïdes dans laquelle il s'attache à définir des paramètres de fenêtre adéquats. Il indique lui aussi qu'une sélection appropriée des paramètres de la fenêtre sont d'une importance critique pour l'estimation de données quantitatives. Il calibre ses données en utilisant les dimensions « réelles » de 5 coupes de mandibule. Les seuils* appropriés à son étude sont de 4000WW et 1500WL et diffèrent donc de ceux de Ruff et Leo. Daegling et Grine (1991) ajustent ces paramètres pour l'étude de fossiles probablement plus minéralisés : le window level est augmenté et passe de +1500 à + 1750 pour un intervalle constant de 4000.

Par la suite, plusieurs auteurs ont réutilisé ces seuils sans contrôle explicite de la validité de ces choix, outre le fait que, parfois, la même machine a été utilisée.

Stock et Pfeiffer (2001), par exemple, ont des données acquises par le même scanner que celui utilisé par Pearson et Grine (1996) dont ils utilisent les paramètres (4000 W : 1500WL - mis au point par Daegling en 1989). Ledger et collaborateurs (2000), pour des données acquises sur cette même machine privilégient les références de Ruff et Leo (1986) sans faire mention de calibration ou de validation de ce choix.

* Les astérisques, dans ce chapitre consacré à la calibration, renvoient à des termes définis dans un lexique que l'on trouvera comme premier document des annexes au chapitre 5.

Kimura (2006) indique un paramétrage de fenêtre qui correspond à la valeur centrale entre la densité de l'air et celle de l'os compact (mesurée arbitrairement au centre de l'os). La précision que l'on peut attendre de ce choix n'est pas abordée. Rhodes et Knüsel (2005), Griffin et Richmond (2005) ne font référence ni aux seuils utilisés, ni au problème de la calibration. Bridges (1989), lors de son étude sur le passage à l'agriculture dans les populations du sud-est des Etats-Unis, fait référence à Dickie et collaborateurs (1984), pour expliquer ses choix méthodologiques, mais cela renvoie à un résumé qui n'en parle pas. Weiss (2005) renvoie le lecteur à la thèse de Churchill (1994) pour des données comparatives (population contemporaine de citoyens de New Mexico) acquises par CT scan. Si cette thèse est bien la référence voulue par l'auteur, on peut y lire que les propriétés géométriques de cette population ont été calculées sur la base de la combinaison des informations apportées par des moulages et des radiographies biplanaires (Churchill 1994, p. 90).

On peut retenir de cet état des lieux que les auteurs ont à plusieurs reprises fait l'hypothèse qu'une configuration publiée est adoptable sans ajustement. Par ailleurs, il semble que le problème de la calibration des images CT n'a pas été un souci majeur ou, plus vraisemblablement, qui n'a pas été explicité dans le cas où des contrôles auraient été effectués.

Ce constat ne remet pas en cause la validité des données propres à chaque étude qui sont en elles-mêmes le résultat d'une technique d'investigation puissante et répétable. L'inconvénient est que, s'agissant de valeurs quantitatives hautement sensibles, les données de chaque étude sont probablement entachées de biais dont on ne connaît ni la nature ni l'amplitude et qui rendent les comparaisons inter-études difficiles.

Dans les années 90, dans le domaine médical, des études s'intéressant à l'analyse des propriétés géométriques et à la composition minéralogique des os de l'avant-bras ont utilisé des données acquises par tomодensitométrie quantitative (Hsu et al 1993, Buxsein et al 1994). La question technique de l'estimation des valeurs réelles a été abordée de manière différente par ces auteurs. Hsu et al. (1993) ont transféré les données sur un PC à un seuil correspondant à une fenêtre CT réglée à 1100WW : 510WL et les limites internes et externes de l'os cortical ont été manuellement digitalisées. Buxsein et al. (1994) ont déterminé le seuil approprié par une étude de trois ulnas provenant de cadavres humains. Les os ont été scannés puis des sections sciées et les valeurs directes et indirectes ont été comparées pour différents seuils HU*. L'erreur de précision a été évaluée à l'aide des valeurs de CA et J. Le seuil qui minimisait au mieux l'erreur moyenne a été choisi: celle-ci est de 2.1% pour CA et de 4.7%. pour J.

Des études plus récentes, s'intéressant à la géométrie des sections transverses des diaphyses, s'appuient sur d'autres techniques plus appropriées au domaine clinique (Roux 2003) : la DXA (dual photon X-ray absorptiometry) soit l'absorptiométrie biphotonique ou la pQCT

(peripheral quantitative computerized tomography). Ce sont essentiellement des informations relatives à la densité osseuse (BMD, BMC, vBMD)* qui sont recherchées auxquelles sont associées des propriétés géométriques des sections (Sievänen et al 1996, 1998, Augat et al. 1998, Ashizawa et al. 1999, Nielsen et al. 2001, Nara-Ashizawa et al. 2002, Liu et al. 2003, Bonel et al. 2004). En ce qui concerne la calibration, les études font toujours mention de fantômes, parfois fabriqués “maison” (Corcoran et al. 1994, Augat et al. 1998), parfois fournis par le constructeur de la machine (Bonel et al. 2004), parfois standardisés (Pearson et al 1994, Bousson et al. 2000).

Dans le cadre d’analyses d’images CT et en l’absence d’os « fantôme » préexistants à l’Institut de radiologie de l’hôpital universitaire de Genève, nous nous sommes attelée à mettre en place un protocole de calibration propre à l’échantillon d’ossements utilisés dans le cadre de ce travail, suivant en cela les recommandations anciennes de Ruff et Leo (1986), reprises par Ruff (2000). Notons que l’acquisition de données sur des ossements archéologiques a constitué une première étude de ce genre pour l’Institut de radiologie. La procédure que nous avons projetée est, dans le principe, semblable à celle décrite par Bouxsein et al. (1994) et l’étalonnage des dimensions CT a été effectué sur la base des informations réelles obtenues sur un corpus de sections transverses sciées.

5.2.2 *Facteurs et contraintes ayant orienté la mise en place du protocole de calibration*

L’objectif est rendu complexe par le caractère additif et difficilement discernable des variations et des biais introduits lors des différentes étapes qu’implique la procédure. Il s’agit d’une démarche qui dépend a) d’une technique, de son potentiel et de ses limites, b) d’un matériau, l’os avec ses caractéristiques générales et individuelles, c) d’un procédé, le choix de travailler avec des sections sciées, d) d’un système d’exploitation des images tomодensitométriques et les différentes options qu’il propose.

a) la technique : les paramètres d’acquisition du CT scanner vont influencer sur la précision avec laquelle les contours osseux seront détectés. Or, l’impact des paramètres sur la qualité de l’information extraite des images ou information segmentée est rarement quantifiée par le constructeur de la machine, et c’est donc ce qu’il nous incombe de déterminer. Parmi d’autres paramètres, tels la tension, la charge, l’épaisseur d’acquisition, le choix des dimensions du champ de reconstruction (FOV = field of view) ou surface scannée, va déterminer la dimension du pixel lors de l’acquisition (pixel spacing) et aura une influence sur l’effet du volume partiel* (qui introduit une certaine imprécision dans la délimitation des contours). Ou encore, il faudra sélectionner parmi plusieurs filtres de reconstruction des images (filtres de convolution) celui le mieux adapté à l’organe examiné.

Ces paramètres ont été définis en tenant compte à la fois des recommandations du technicien en radiologie, de la taille de l’échantillon ostéologique examiné ainsi que des possibilités d’accès à la machine. Les dimensions du champ de reconstruction ont été déterminées en établissant un compromis entre le nombre d’os scannés (corpus important de 230 individus

avec 6 os chacun, parfois 4) et une largeur de champ de reconstruction réduite au minimum en plaçant les os très près les uns des autres, de manière à ce que le nombre d'acquisitions (passages dans la machine) ne soit pas excessif par rapport aux possibilités d'accès à la machine, mais également de façon à ce que le volume des fichiers DICOM reste gérable : les données informatisées de l'ensemble du corpus atteignent près de 60 Go.

b) le matériau : les caractéristiques de l'os peuvent varier en fonction du type, de l'individu, du milieu de décomposition ou encore de l'ancienneté.

c) le procédé : des difficultés pratiques liées à la manipulation des ossements conduisent potentiellement à des incertitudes de mesures :

- la variation du positionnement lors de la mise en place des os sur l'axe longitudinal au moment du CT d'abord, puis du tracé des lignes de préparation pour le sciage
- le tracé manuel des lignes de coupe au crayon à l'aide d'instruments fiables, mais toutefois fabriqués à la main
- l'opération du sciage manuel
- la délimitation manuelle des limites des contours à l'aide de l'outil « lasso magnétique » dans Photoshop®,
- sans compter le défaut du papier millimétré (réduction de 0.2% par rapport à la longueur réelle !) découvert justement au moment de la confrontation des données entre images CT et images sciées.

Un certain nombre de contrôles ont été effectués pour tenter de prendre la mesure des biais introduits par ces différentes opérations, ils seront présentés dans les résultats.

d) le système d'exploitation des images : le logiciel d'imagerie médicale OsiriX® permet de visualiser les images acquises par le CT scanner et offre une série d'outils d'exploration. Entre autres, il propose l'affichage des images avec et sans interpolation*, celle-ci signifiant que l'image affichée comporte une forme de reconstruction. Un test sera effectué afin d'évaluer quel mode d'affichage est le plus approprié. Dans la littérature, les travaux de Sumner et collègues (1989) nous ont rendue attentive au fait que c'est par l'utilisation de deux seuils appropriés, l'un aux limites périostées, l'autre au contour endostéal, que les dimensions réelles peuvent être approchées au mieux. L'évolution des techniques et des machines a-t-elle fait évoluer cette notion ?

5.2.3. Déroulement du protocole

Une série de sections obtenues par sciage manuel des diaphyses a servi à étalonner les images scannées.

Scanner, scier, mesurer, ajuster, valider

Les ossements ont en premier lieu été scannés dans la position de référence mise au point pour tout l'échantillon (chapitre 5.1.3.) avec un scanner Philips, Mx8000 IDT 16. Paramètres

d'acquisition: ultra high, 240 mAs, 120 KV, collimation : 16 x 0.75, FOV : 22 cm, épaisseur de la coupe : 2 mm, incrémenté tous les 1 mm.

Les images ont été exportées en format TIF depuis OsiriX®, avec un zoom de 400 % afin de récupérer une résolution de l'image comparable à celle des sections sciées.

Scanner, scier, mesurer, ajuster, valider

Une fois les repères placés sur les os, les sections ont été sciées de manière à conserver la face distale de la région sciée comme la « bonne » section puisque que cela correspond à la vue que l'on a en progressant dans les images CT. Ces facettes distales ont été numérisées, puis travaillées en Photoshop®, à l'aide des outils « lasso magnétique », « baguette magique » et « pot de peinture » de manière à obtenir des sections en noir et blanc analysable par le logiciel NIH®. Cela signifie que les contours périostés comme les limites endostéales ont été délimitées manuellement en suivant une chaîne d'actions reproduites minutieusement de manière strictement identiques pour toutes les sections (figure 30).

Scanner, scier, mesurer, ajuster, valider

La calibration a été réalisée à l'aide des propriétés géométriques recherchées pour l'analyse. Quatre dimensions ont essentiellement été utilisées, TA, CA, *I*_{max} et *I*_{min} qui sont des dimensions indépendantes du positionnement de l'os dans les axes x et y.

Cette approche a été menée par **ajustement empirique**, en testant différents seuils HU autour de la fenêtre proposée par le logiciel OsiriX® spécifiquement pour l'affichage du squelette (window width : 1500, window level : 300). L'erreur d'estimation (err) - pourcentage de différence entre la dimension calculée sur la section sciée et la dimension calculée sur l'image CT scannée - est l'outil statistique qui a été utilisé pour évaluer le succès de ces différentes approches.

$$\text{err} = [(valeur\ estimée - valeur\ vraie)/valeur\ vraie] \times 100 \quad (\text{O'Neill et Ruff 2004})$$

Ce sont, en premier lieu, les informations relatives à la direction de la différence qui ont été globalement examinées, puis celles relatives à la quantification et à la dispersion.

Par la suite, étant donné la nature des résultats, il a été envisagé d'appliquer un facteur de correction. Deux possibilités ont été considérées. La première consiste en une intervention que l'on pourrait qualifier de géométrique : à l'aide de l'outil baguette magique de Photoshop® et le choix d'un niveau de gris spécifique, on peut rectifier les dimensions, sur l'image, des contours internes ou externes, exclusivement. Cela implique que toutes les dimensions calculées seront affectées par cette correction. La seconde intervention possible est d'ordre statistique, on applique un facteur de correction sur la valeur calculée correspondant à l'erreur d'estimation.

Scanner, scier, mesurer, ajuster, valider

Des tests de Student pairés au seuil $\alpha = 0.05$ ont été utilisés pour valider l'ajustement de la fenêtre CT scan, entre les deux séries de mesures. Ces tests ont été réalisés pour chacune des propriétés géométriques calculées et pour chaque type d'os.

5.2.4. *Premier temps de la calibration : application du protocole à un échantillon archéologique*

Le choix d'utiliser un corpus extérieur à la collection a été motivé par l'idée de préserver l'intégrité de la série identifiée croyant que les caractéristiques des échantillons seraient comparables. Bien qu'il se soit rapidement avéré que ce n'était pas le cas et que cet échantillon ne permettait pas, à lui seul, de répondre aux objectifs, les informations apportées nous ont été très utiles pour une meilleure compréhension de la relation entre les caractéristiques de l'image et celles du matériau et en tant que corpus de comparaison pour conforter les résultats obtenus par la suite.

Des ossements archéologiques (AR) dont le lieu de découverte précis est inconnu, conservés dans des caisses de « vrac » au Département d'anthropologie et d'écologie, ont été utilisés. Ils appartiennent très vraisemblablement à des ossuaires d'églises genevoises et doivent dater d'un Moyen-Âge tardif. 5 radius et 5 humérus de longueur pratiquement identique ont été sélectionnés afin de faciliter le traitement des images en format DICOM* et l'exploitation des informations. Les hauteurs des coupes ont été sélectionnées indépendamment des hauteurs prévues pour le calcul des propriétés géométriques, afin de déterminer des sections assurant la meilleure adéquation entre sections sciées et sections scannées (hauteurs fixes). 6 coupes par os ont été effectuées avec un intervalle de 2 cm (figure 31) (soit 30 sections pour les humérus et autant pour les radius). Les régions proches des épiphyses ont délibérément été éliminées car la présence d'os trabéculaire complique la lecture précise des limites internes. Le choix de l'intervalle est également fonction de l'épaisseur de la section CT, soit 1 coupe tous les 2 mm.

5.2.4.1. Évaluation de la reproductibilité de la mesure des sections sciées

L'opération de détournage des contours des sections sciées puis numérisées a été répétée afin d'en évaluer la reproductibilité. Les 30 sections des radius de l'échantillon archéologique AR, mesurées à environ 2 mois d'intervalle, ont été utilisées à cette fin. Des tests de Student pairés ont été réalisés sur l'ensemble des propriétés géométriques calculées, au seuil $\alpha = 0.05$, entre les deux séries de mesures. Celles auxquelles nous attachons le plus d'importance, TA, CA, I_{max} et I_{min} ne présentent pas de différences significatives (figure 32, annexe 5.1). En revanche, 2 autres valeurs, I_x et Z_x ($Z_x = I_x/x$) sont, de peu, mais significativement différentes, au seuil $\alpha = 0.05$, alors que I_y et Z_y ne le sont pas.

5.2.4.2. Repérer une fenêtre de lecture des images

C'est au moyen de l'analyse systématique de l'erreur d'estimation entre valeurs vraies et valeurs estimées des propriétés géométriques pour différentes fenêtres HU que l'on peut repérer la fenêtre d'affichage qui permet d'approximer au mieux les dimensions réelles des sections transverses. La fenêtre optimale est celle qui minimise au mieux ces différences. Avec cet échantillon, seule la précision dans l'axe longitudinal a été évaluée, soit les propriétés géométriques TA, CA, I_{max} et I_{min} .

Pour l'humérus

Les résultats pour l'ensemble de l'échantillon testé indiquent pour l'estimation de TA un pourcentage de différence moyen négatif de -0.18 pour une valeur centrale de la fenêtre OsiriX de 600 HU et positif de 0.39 pour 500 HU (figure 33). La valeur idéale se situe donc entre ces deux bornes. Pour approximer au mieux les valeurs réelles de CA, le seuil optimal se situerait vers 380 HU. On constate que le choix d'un seuil approprié pour le calcul de l'aire totale entraîne une importante sous-estimation de l'aire corticale. Les résultats complets de tout l'échantillon sont donnés en annexe 5.2a.

Pour le radius

Les meilleures approximations de TA et CA sont acquises avec un intervalle de la fenêtre beaucoup plus réduit que pour l'humérus (figure 34). Si la borne supérieure du niveau central d'affichage est identique à celle de l'humérus (600 HU avec -0.12 pour TA et -0.65 pour CA), en revanche, la borne inférieure indique un intervalle bien plus restreint. A 550 HU, les valeurs des mêmes paramètres sont déjà largement positives. Les résultats complets de tout l'échantillon sont donnés en annexe 5.2b.

Ces premiers résultats livrent deux informations importantes. Premièrement, on relève que les dimensions réelles ne sont pas approximées au mieux pour l'humérus et le radius avec la même fenêtre. Deuxièmement, les aires corticales de l'humérus sont sous-estimées par rapport à celles du radius, quel que soit le seuil HU. Les résultats de cette calibration apparaissent nettement plus précis pour le radius que pour l'humérus.

Avant de chercher des explications à ces différences dans d'éventuelles variations de la densité osseuse, par exemple, la question se pose de savoir si ces indications ont une portée plus générale ou si cela est dû à une fluctuation ou biais de l'échantillonnage. Pour ce faire, nous avons tiré aléatoirement un second échantillon représentatif d'ossements dans la collection SIMON.

5.2.5. *Second temps de la calibration : application du protocole à notre nouvel échantillon tiré aléatoirement dans la collection SIMON*

L'échantillon regroupe 30 sections d'humérus, sciées à une hauteur de 35% (calculée depuis l'extrémité distale) et 30 autres sections de radius sciées à une hauteur de 40% (figure 35).

x rad, Max y rad). Toutefois, une attention particulière sera portée à TA, CA, I_{max} et I_{min} en raison des problèmes de standardisation déjà évoqués.

Rappelons que la durée du séjour en terre de cette population moderne se situe dans une fourchette de 50 à 80 ans.

Par commodité, cet échantillon sera appelé échantillon CS.

5.2.5.1. Application préliminaire : avec ou sans interpolation ?

Le logiciel d'imagerie médicale permet de travailler avec des images « brutes » ou interpolées (figure 36). L'interpolation permet de créer une image dont la résolution graphique est améliorée, mais qui implique de compléter les informations manquantes lors du « redimensionnement » de l'image en interpolant les valeurs de chaque paire de pixel. Un test a été effectué sur un échantillon de 30 sections afin d'évaluer l'effet de cette interpolation (échantillon des radius CS, niveau central de la fenêtre à 440 HU). La comparaison de l'erreur d'estimation entre ces deux procédés (annexe 5.3a) indique que :

- la direction de l'erreur est la même pour toutes les propriétés géométriques évaluées avec les deux procédés
- l'erreur d'estimation est systématiquement plus faible pour les sections calculées avec interpolation
- la dispersion (déviations standard) de l'erreur est toujours plus faible avec interpolation que sans
- l'utilisation de tests de Student pairés montre que cinq distributions moyennes (TA, CA, I_x , I_{min} , Z_x), sur les dix propriétés géométriques évaluées, sont différentes statistiquement pour les mesures sans interpolation, et une seule (TA) pour les moyennes issues de l'interpolation (figure 37, annexe 5.3b).

Il semble donc nettement plus indiqué d'afficher les images avec interpolation.

5.2.5.2. Repérer une fenêtre de lecture des images

La valeur centrale (WL) de la fenêtre se situe à l'intérieur d'un intervalle de 500 - 300 HU pour la meilleure approximation des valeurs réelles des humérus (figure 38). Il faut « monter » près de 500 HU pour que l'erreur d'estimation soit minimale pour les aires totales (TA), mais « descendre » vers 300 pour que les aires corticales soient estimées au plus près. Cet intervalle est plus réduit pour les radius, entre 500 et 400 HU (figure 39). Bien que les bornes de l'intervalle des seuils HU adéquats soient proches, de légères différences subsistent entre l'humérus et le radius. Si les propriétés de l'humérus convergent bien autour du seuil de 400 HU, en revanche ce niveau surestime très légèrement toutes les propriétés calculées pour le radius et un seuil mieux ajusté pourrait se situer légèrement au-dessus de 400 HU, ce que nous avons alors testé pour 440 HU.

Comme pour le premier échantillon, les valeurs de CA sont largement sous-estimées lorsqu'on les compare aux dimensions de TA et ce phénomène a plus d'ampleur pour l'humérus que pour le radius. Cette mésestimation de CA est en bonne partie à mettre en relation avec la déminéralisation de l'os et la raréfaction du tissu cortical. Cela peut entraîner deux types d'erreur, qui peuvent se cumuler. Tout d'abord, l'observateur rencontrera des difficultés d'appréciation des limites internes de l'échantillon de référence scié mais surtout, le seuil HU adapté pour repérer correctement les contours externes ne convient pas pour repérer ces bords internes de moindre densité osseuse (figure 40). Pour mettre ce phénomène en évidence, nous avons artificiellement amélioré la situation en éliminant les sections conduisant aux plus grands risques d'erreurs d'évaluation. Le corpus a ainsi été réduit en évinçant les sections dont les contours internes présentent des signes de déminéralisation avancée - sous-échantillon ⑥ (figure 38 et 39). Les résultats de l'erreur d'estimation pour ces sous-échantillons montrent, en effet, que la sous-estimation des valeurs de CA est nettement atténuée. Pour l'humérus avec une fenêtre de 1500-400, on passe de -1.63 à -0.45, l'effectif étant réduit à 23. Au moyen de cette sélection opérée sur l'échantillon des radius (élimination de 5 sections sur 30), l'erreur d'estimation passe de -0.59 à -0.23 %. Les résultats complets de tout l'échantillon sont donnés en annexes 5.4a-e.

5.2.6. Validation de la fenêtre sélectionnée

Après cette étape de recherche empirique du meilleur ajustement de fenêtre, il convient de s'assurer que les résultats obtenus sur les sections scannées sont statistiquement comparables aux valeurs obtenues sur les sections sciées, ce qui a été envisagé au moyen d'une série de tests de Student pairés au seuil $\alpha = 0.05$ entre les erreurs de précision.

5.2.6.1. Résultats pour l'humérus

Bien que les résultats ne soient pas homogènes pour l'ensemble des valeurs calculées, ce qui a déjà été relevé plus haut, toutes les propriétés géométriques ont une plage commune où les différences ne sont pas significatives, à l'exception de TA (figure 41). Cela signifie, d'une part, que l'ajustement du niveau central de fenêtre pressenti de 400 HU se voit confirmé, mais également que les résultats obtenus pour l'aire totale (TA) ne sont pas comparables. Un facteur de correction spécifique à cette propriété sera donc introduit. L'erreur d'estimation moyenne de TA est de 0.43% pour 400 HU, ce qui conduit à une surestimation moyenne des aires totales ; ces valeurs seront donc réduites après calcul des propriétés géométriques de -0.4 %.

Mentionnons qu'un essai de correction de cette surévaluation a été tenté en abaissant le seuil de la fenêtre jusqu'à ce que la moyenne de l'erreur d'estimation de CA approche une valeur nulle, puis dans un second temps, en intervenant sur les images pour réduire les limites périostées qui auront par conséquent été nettement surévaluées (à l'aide de l'outil baguette magique de Photoshop®). Mais il s'avère que ce procédé n'est pas réalisable, CA et TA étant

corrélés, on ne peut faire bouger l'un sans l'autre. De plus, les valeurs des propriétés géométriques ne varient pas dans les proportions auxquelles on pourrait s'attendre en procédant à des interpolations sur les résultats obtenus pour deux seuils. Ces valeurs ne varient pas mathématiquement, car elles sont en fait sous l'influence d'une série de facteurs qui s'entremêlent : les variations de densité des ossements, les effets de volume partiel ou encore les imprécisions inhérentes au procédé de sciage. En clair, le degré d'imprécision de la méthode de calibration ne permet pas de faire des distinctions aussi fines.

5.2.6.2. Résultats pour le radius

Bien que l'on relève, comme pour l'humérus, une certaine dispersion des résultats (figure 42), il existe très clairement un niveau central de fenêtre commun, à 440 HU, pour lequel toutes les propriétés géométriques calculées sont comparables entre sections réelles et scannées. Le décalage du seuil idéal entre TA et CA existe, tout comme pour l'humérus, mais dans une moindre mesure, et qui ne nécessite pas de procéder à une quelconque correction.

5.2.7. Mesure de la densité maximale (HU)

Une investigation complémentaire sur les sections scannées nous a permis de mieux comprendre le sens des résultats obtenus pour la recherche du meilleur ajustement de fenêtre. Le logiciel d'imagerie médicale OsiriX® propose un outil appelé ROI (Region of Interest) qui permet de mesurer la densité en unités Hounsfield de n'importe quelle région de l'os. Les paramètres de densité calculés pour la région sélectionnée sont le minimum, la moyenne et le maximum de densité (figure 43). Seul le troisième paramètre peut être exploité pour comparer l'information d'un individu à l'autre ou entre différentes sections sur un même os (les autres ne peuvent être mesurés de manière comparable). Cette mesure de densité est relative, car elle peut varier considérablement par l'effet du volume partiel. Elle est toutefois intéressante pour saisir, à l'aide d'une unique valeur, la différence entre les deux types d'os investigués jusqu'ici, humérus et radius. De plus, ce qui est fondamental, cela nous permet également d'introduire le troisième os du corpus étudié, soit la clavicule.

La mesure de la densité maximale (HU) des diaphyses a été enregistrée à trois hauteurs différentes et nous en avons tiré une moyenne afin d'avoir une valeur comparative des caractéristiques des échantillons. Tous les ossements de l'échantillon CS ont été mesurés, et le corpus a été augmenté afin de s'assurer de la stabilité des résultats. Ces derniers (figure 44) révèlent des différences de moyennes des densités HU entre les deux types d'os qui sont significatives (tests de Student pairés au seuil $\alpha = 0.05$ entre les moyennes de densité HU entre type d'os). On s'aperçoit que la direction de la différence entre les types d'os correspond à ce que l'on trouve pour l'ajustement de la fenêtre (la densité maximale moyenne est plus petite pour l'humérus que pour le radius, ce qui correspond à un ajustement de la fenêtre inférieur pour l'humérus). Par ailleurs, il y a une corrélation entre l'amplitude de la différence des moyennes des densités maximales (2098-2152 HU) et celle de la différence entre les

seuils de fenêtre (400-440 HU), argument qui sera étayé plus loin par l'analyse de l'échantillon AR. Les résultats montrent aussi que la moyenne de ce paramètre mesuré pour la clavicule est plus élevée de manière statistique que pour les deux autres os, comme sa dispersion.

5.2.8. *Indications sur la précision du repositionnement des os*

A l'échelle des mesures qui sont effectuées et qui conduisent à des calculs d'aires (mm²) et de seconds moments de l'aire (mm⁴), de légères variations de hauteur ou d'angulation ont une importance non négligeable.

L'examen des erreurs d'estimation (moyennes mais surtout les écarts-type) pour I_x , I_y et θ , montre que la position de référence de l'humérus est plus facile à reproduire que celle du radius (figure 45). Il est vrai que lorsque les radius reposent sur leur face antérieure, un bon nombre d'entre eux a tendance à rouler sur le côté. Il a donc fallu, à de nombreuses reprises, maintenir la position à l'aide de pâte à modeler et on peut envisager que cela ait entraîné de légères modifications de l'axe horizontal. Par ailleurs, le radius étant un os relativement peu épais dans ses dimensions médio-latérales, les repères disposés de part et d'autre de la diaphyse pour assurer l'horizontalité de la section se sont trouvés proches l'un de l'autre et n'ont pas assuré toute la précision voulue dans la « récupération » de l'horizontalité. Parmi toutes les propriétés géométriques, l'angle θ mesuré sur le radius est l'information la plus « malmenée ». La confrontation visuelle des sections symétriques d'un même individu telles qu'elles sont représentées dans le catalogue permettra de repérer et de corriger les malpositions flagrantes. D'autre part, nous tenterons de prendre en considération ce risque d'erreur d'estimation par la création de groupes/classes d'orientation.

5.2.9. *Examen comparatif des échantillons archéologique AR et moderne CS*

Une représentation graphique a été mise en place afin de visualiser simultanément les résultats de la calibration obtenus pour les deux échantillons AR et CS (figure 46). Les valeurs représentées sur la figure sont les moyennes des erreurs d'estimation pour les propriétés géométriques, TA, CA, I_{max} et I_{min} . Plus les points s'éloignent de la ligne rouge, plus la différence entre valeurs réelles et valeurs estimées est importante. Les principales plages de densité étudiées (HU) s'étagent le long de l'axe horizontal.

L'analyse de cette représentation nous amène à formuler quelques réflexions et éléments de conclusion à propos des caractéristiques des échantillons, des caractéristiques des ossements et des propriétés géométriques.

A propos des caractéristiques générales des échantillons

La meilleure approximation des dimensions des ossements des échantillons AR et CS, considérés dans leur ensemble, n'est pas obtenue avec les mêmes paramètres de fenêtre. On constate une translation globale d'environ 100 HU entre ces deux corpus. Le niveau central de

la fenêtre doit être placée entre 500 et 600 HU pour les ossements archéologiques et entre 400 et 500 HU pour les modernes pour une meilleure estimation des valeurs réelles. Ceci est à mettre en relation avec le fait que les caractéristiques osseuses - ou tout au moins celles que l'on peut percevoir au moyen de l'affichage des densités HU - de ces échantillons ne sont pas semblables, ce que l'on peut discerner également à travers la mesure de la densité maximale en unités Hounsfield (HU) des ossements (figure 47).

L'objet premier de cette calibration est d'étalonner les dimensions des sections transverses de la collection de référence, mais il se trouve que nous avons mis accessoirement en lumière le fait que des ossements d'époques relativement (?) peu éloignées dans le temps pourraient présenter des densités HU non concordantes. À quel(s) facteur(s) peut-on mettre en relation ce décalage ? Trois éléments principaux nous semblent pouvoir être évoqués : la représentativité de l'échantillon (a), l'âge moyen au décès de l'échantillon (b) et le phénomène de la diagenèse (c) - soit l'évolution des composants de l'os par échanges physico-chimiques avec le terrain qui l'environne et par conséquent le facteur temps qui lui est corrélé.

(a) Il est vrai que nous comparons ici, un échantillon statistiquement représentatif (CS) avec un échantillon, non seulement hétérogène, mais composé d'un effectif réduit (AR). Mais, il faut savoir qu'au cours de tout ce processus empirique de calibration, d'autres sous-échantillons ont été sciés et scannés (5 autres humérus, 5 autres radius et 5 clavicules), dont les résultats n'ont pu être entièrement exploités pour des questions de paramétrage différent du CT scanner. On apprend toutefois de cet échantillon archéologique préliminaire (ARp) que l'amplitude de la différence moyenne entre les deux types d'os et entre ARp et CS est du même ordre de grandeur. D'autre part, les valeurs mesurées de la densité maximale HU entre AR et CS ne se recouvrent pratiquement pas.

(b) Le facteur de l'âge moyen au décès est évoqué par Sumner et al. (1989) lors de la comparaison de leurs résultats avec ceux de Ruff et Leo (1986). C'est un phénomène que l'on perçoit au moyen de la dispersion des résultats. Il est vrai que les écarts-type calculés pour l'échantillon AR sont nettement inférieurs à ceux de l'échantillon CS. Toutefois, la raréfaction manifeste du tissu osseux de plusieurs individus de cet échantillon permet d'exclure qu'ils soient tous de jeunes adultes.

(c) Si l'on parvient à écarter une influence importante des deux premiers facteurs, il paraît vraisemblable d'envisager un processus de modification du tissu osseux en relation avec le séjour des squelettes en terre. Daegling et Grine (1991) évoquent un ajustement de la fenêtre (seuil HU plus élevé) pour l'analyse d'ossements plus minéralisés qu'un échantillon moderne étudié auparavant (Daegling 1989).

Ainsi, l'analyse de deux échantillons séparés par quelques centaines d'années en terme de séjour en terre, laisse percevoir un exemple de l'amplitude des modifications diagénétiques du

tissu osseux et l'importance de l'ajustement des paramètres pour l'exploitation de données archéologiques.

Les caractéristiques par os

Le décalage du seuil optimal de fenêtre entre humérus et radius, déjà relevé plus haut pour chacun des échantillons, est de même direction et de même ordre de grandeur à l'intérieur de chacun des échantillons (sur la figure 46, remarquer la situation des losanges relativement aux carrés), ce que nous mettons à nouveau en relation avec l'information apportée par la mesure de la densité maximale HU. Une différence de 50 HU est mesurée pour l'échantillon AR entre humérus et radius et de 70 HU pour l'échantillon CS. Cette information conforte l'idée que la différence constatée pour l'échantillon CS, dont nous allons tenir compte, n'est pas liée à un biais de l'échantillonnage et qu'il faut appliquer un seuil spécifique à chaque type d'os.

À propos des propriétés géométriques calculées

Cette représentation globale permet de se pencher sur les relations existant entre les différentes propriétés géométriques calculées.

De manière récurrente, on s'aperçoit que l'estimation de l'aire totale (symboles avec T) est beaucoup moins sensible que l'aire corticale (symboles avec C) aux modifications de la plage de densité. D'autre part, plus on approche de la fenêtre optimale d'affichage, plus la distance - qui correspond à l'erreur d'estimation - entre aires totales (T) et aires corticales (C) se réduit.

Ce dont nous avons déjà parlé plus haut est ici clairement visualisé. Si les aires corticales sont systématiquement sous-estimées pour tous les échantillons étudiés, on se rend compte que cette sous-estimation est nettement plus accentuée pour les humérus que pour les radius, quel que soit le seuil HU. Le tissu cortical qui borde la cavité médullaire a une densité plus faible et plus variable que celui qui limite le contour périosté et ces différences sont nettement plus marquées pour l'humérus que pour le radius.

De plus, quel que soit l'échantillon, on s'aperçoit que les positions relatives de I_{max} et I_{min} (respectivement représentées par les symboles M et m) sont constantes. Il semble que I_{max} est plus dépendant d'une estimation correcte de CA que I_{min} (m) et par conséquent d'une délimitation appropriée des limites endostéales.

5.2.10. Décisions sur la calibration des fenêtres des images CT scan

Il semble ainsi approprié de considérer que les humérus et les radius présentent des différences qui justifient d'exporter les images DICOM avec une fenêtre spécifique à chacun d'eux.

5.2.10.1. L'humérus

La fenêtre sélectionnée pour l'humérus est le résultat d'un compromis, car il est impossible en une seule image de cerner au plus près les limites périostées et endostéales. On a pu

démontrer que toutes les propriétés géométriques calculées sur les images scannées sont bien corrélées aux valeurs réelles pour une plage de densité de [1500WW : 400WL], sauf l'aire totale. La dimension de cette surface sera en moyenne surestimée et il a été décidé de rectifier ce biais en introduisant un facteur de correction, après le calcul de l'ensemble des propriétés géométriques, à la hauteur de la moyenne de l'erreur d'estimation (-0.4%). On a ici clairement une illustration des conclusions auxquelles sont arrivés Sumner et al. (1989). Des seuils appropriés, respectivement aux limites périostées et endostéales, sont nécessaires pour l'estimation correcte des aires totales et corticales. Si l'on n'en tient pas compte, les régions médullaires peuvent être considérablement surestimées. Ces auteurs ont travaillé sur le fémur, et l'amplitude de la différence de fenêtre entre limites périostées (-50 HU) et endostéales (+550 HU) est plus importante que ce que nous avons déterminé pour les humérus (environ 200 HU d'intervalle). Il est intrigant de constater que la direction de la différence est inversée : l'étude sur le fémur a donné, pour les limites externes, un niveau central de fenêtre inférieur à celui déterminé pour les limites internes.

L'erreur de mesure moyenne des propriétés géométriques (indépendantes de la position de l'os dans les plans x et y) s'étend entre $-1.63\% \pm 2.99$ pour CA et $+0.43\% \pm 0.85$ pour TA (figure 38).

5.2.10.2. Le radius

La fenêtre sélectionnée pour le radius est de [1500WW : 440WL] pour laquelle toutes les propriétés géométriques calculées sur les images scannées sont significativement comparables aux valeurs réelles. La structure osseuse des radius semble plus homogène que celle des humérus et leurs dimensions se laissent plus aisément « capturer » par la technique du CT scanner et les paramètres d'acquisition sélectionnés. En revanche, on a vu que la précision du positionnement du radius est plus délicate à obtenir, ce à quoi il faudra être particulièrement attentif dans la perspective de la mesure de l'asymétrie bilatérale.

L'erreur de mesure moyenne des propriétés géométriques s'étend entre $-0.59\% \pm 1.56$ pour CA et $+0.59\% \pm 2.25$ pour *Imin* (figure 39).

5.2.10.3. La clavicule

Le corpus comprend également des clavicules. Elles n'ont pas été incluses dans ce protocole, car la variabilité de la forme de cet os rend particulièrement difficile le traçage des axes de repères et par conséquent la fiabilité du repositionnement des os (Perréard Lopreno 2005). Le meilleur ajustement de la fenêtre est déterminé par l'examen des mesures de la densité maximale HU que nous pensons pouvoir maintenant corrélérer à une fenêtre de lecture vraisemblable. Comme cela a été relevé plus haut, une correspondance des résultats a pu être établie entre l'ajustement de la fenêtre et la densité maximale pour l'humérus et le radius. Ainsi, à une densité maximale moyenne de 2234 HU pour la clavicule, moyenne plus élevée

que pour les deux autres os (figure 44), devrait correspondre un niveau central de fenêtre également plus élevé, donc plus grand que 440 HU. En croisant d'autre part les informations obtenues pour l'échantillon AR (figure 47) pour lesquelles on a établi les mêmes types de correspondance entre densité maximale et ajustement de la fenêtre de lecture, un niveau central de fenêtre de 480 HU a été décidé pour l'affichage des clavicules.

5.2.10.4. Le mot de la fin

Comme ces analyses l'ont montré, il est très difficile de trouver une fenêtre optimale de calibration pour tous les os que l'on a étudiés : radius, humérus et clavicules. Cependant, par ce travail, nous avons essayé d'optimiser et justifier le choix d'une calibration spécifique à chaque os. Nous avons réussi à proposer une démarche statistique simple et reproductible en intégrant les données de plusieurs échantillons, avec toutes les limites évoquées précédemment (adéquation sections sciées - sections scannées, variations des caractéristiques du tissu osseux, technique tomodynamométrique). La différence réelle entre les mesures directes et indirectes sont donc probablement légèrement inférieure aux résultats annoncés.

5.3. Les mesures linéaires

Des dimensions articulaires, périarticulaires et de longueur, ont été mesurées sur la clavicule, l'humérus et le radius. Aucune mesure de périmètre ou de diamètre des diaphyses n'a été retenue, dans la mesure où les propriétés géométriques des sections transverses apportent déjà des informations similaires, avec en outre, un degré de précision plus élevé.

La liste des mesures est donnée ci-dessous accompagnée d'explications au cas par cas sur les modalités ou les difficultés rencontrées lors de l'enregistrement. Les descriptions de mesures externes dans les manuels ou la littérature sont toujours simplificatrices et ne prennent jamais en compte le fait de communiquer les éventuelles difficultés qu'un utilisateur pourrait rencontrer.

5.3.1. Les mesures : nom, référence, description et commentaires

La clavicule :

Longueur maximum (c4)	Martin et Saller 1, p. 527 (Band 1, ed.1957)
Mesurée sur la planche ostéométrique, les dimensions ont été contrôlées par les images CT. Précision de la mesure : demi mm.	
Profondeur maximale des courbures latérale et médiale (c5 et c6)	Mays et al. 1999
La mesure de la profondeur des courbures de la clavicule a été réalisée par Mays et al. 1999, dans le cadre d'une étude sur l'asymétrie des clavicules. La méthode originale utilise des radiographies des clavicules afin d'obtenir des données en deux dimensions pour	

simplifier la prise de mesure de ces courbures. Nous avons reproduit la technique en substituant les images radiologiques avec des images numérisées. La clavicule est placée sur sa face supérieure (comme pour les CT) sur la vitre d'un scanner papier. Le calcul des profondeurs se fait ensuite au moyen de l'outil « mesure » de Photoshop® (détails de l'opération à la figure 48) avec un fort grossissement de l'image (environ 200%), ce qui permet de sélectionner les points de référence avec beaucoup de précision. Précision de la mesure : dixième de mm.

Somme des profondeurs max. des courbures latérale et médiale (c56)	Mays et al. 1999

Nouvelle variable calculée par l'addition de la profondeur des courbures latérales et médiales.

L'humérus :

Longueur maximum (h6)	Martin et Saller 1, p. 532 (Band 1, ed.1957)

Mesurée sur la planche ostéométrique, les dimensions ont été contrôlées par les images CT. Précision de la mesure : demi mm.

Largeur bicondyalaire (h7)	Martin et Saller 4a, p. 532 (Band 1, ed.1957)

Une position de référence particulière a été retenue qui permet d'assurer la répétabilité de la mesure. L'humérus est placé verticalement face à soi, vue postérieure visible et épiphyse distale vers le haut. Cette largeur bicondyalaire est mesurée à l'aide du compas glissière en vérifiant que l'axe de la branche supérieure du compas soit bien parallèle à l'horizontale. Les branches du compas mesurent la distance maximum entre les deux points les plus extrêmes de ces régions épicondylaires - cela peut nécessiter d'opérer une très légère rotation horizontale de la diaphyse (figure 49). Précision de la mesure : dixième de mm.

Largeur articulaire (h8)	Martin et Saller 12a, p. 533 (Band 1, ed.1957)

Afin d'assurer la réplique de la mesure, l'humérus est placé sur la planche ostéométrique, dans un axe longitudinal (placement visuel) afin de vérifier que les branches du compas sont bien parallèles à l'axe de la diaphyse (figure 50). Précision de la mesure : dixième de mm.

Diamètre antéro-postérieur max. de la tête (h9)	Martin et Saller 10, p. 533 (Band 1, ed.1957)

Cet axe antéro-postérieur est défini préalablement à la mesure en tenant l'humérus « suspendu » par le col, tête tournée vers soi, de manière à ce que l'axe vertical de la diaphyse soit donné, permettant alors de visualiser cet axe sur la tête et de placer deux petits repères au crayon au sommet et à la base de la tête. Opération totalement nécessaire, car on ne peut en même temps repérer l'axe et placer les pointes du compas. Le

remodelage de la région d'ancrage de la capsule articulaire rend parfois le repérage de ces points difficile, particulièrement dans la région inférieure. L'estimation de l'erreur de mesure permet toutefois de vérifier que ces paramètres sont suffisants pour assurer la fiabilité de l'information. Précision de la mesure : dixième de mm.

Largeur du tubercule majeur (h10)	Stirland 1993, p. 108

« One arm of the calipers was laid along the bicipital groove and the other along the posterior limit of the greater tubercle ; the measuring bar was positioned to touch the top of the tubercle » (Stirland 1993).

Malgré une définition claire et une représentation photographiée de la prise de la mesure (Stirland 1993), ces informations ne nous ont pas été suffisantes pour résoudre tous les petits pièges posés par la variabilité morphologique de cette région anatomique. Dans de nombreux cas, il est impossible de placer simplement la branche du compas le long de la coulisse bicipitale ; on ne peut qu'appliquer la branche contre le développement maximum de la lèvre externe de la coulisse bicipitale. L'identification du deuxième point nécessite une observation attentive de cette région, aussi bien en vue supérieure (qui permet de repérer des très légers, mais significatifs, changements de courbure) qu'en vue postérieure (figure 51). Le point sur lequel on pose la branche du compas se trouve, non sur la ligne postérieure de l'insertion du petit rond, mais juste après, à la limite de l'insertion de la capsule articulaire. On prend la mesure entre ces deux points en maintenant la branche horizontale du compas bien perpendiculaire à l'axe de la diaphyse, ce que l'inventeur de la mesure précise en disant de plaquer le montant horizontal sur le sommet du tubercule - mais ce qui est loin d'être toujours possible. Précision de la mesure : dixième de mm.

Le radius :

Longueur maximum (r5)	Martin et Saller 1, p. 535 (Band 1, ed.1957)

Mesurée sur la planche ostéométrique, les dimensions ont été contrôlées par les images CT. Précision de la mesure : demi mm.

Diamètre transverse maximum (r6)	Martin et Saller 4, p. 536 (Band 1, ed.1957)

Une série de manipulations standard a été mise en place visant à placer l'os dans la main qui le tient dans une position stéréotypée de manière à assurer la répétabilité de la mesure.

Le déroulement des gestes est le suivant :

- on prend l'os entre le pouce et les doigts opposables environ à mi-hauteur de la diaphyse, face antérieure visible.
- on « laisse » l'os prendre une certaine pente - la tête se présente plus en avant que le processus styloïde.

- la partie large de la branche du compas est posée sur la face externe de l'os, ce qui permet de définir l'inclinaison du compas, qui suit donc la pente de la diaphyse.
- on cherche la région du développement maximal de la crête, avec l'inclinaison du compas comme définie précédemment, en prenant soin de n'appliquer alors que l'extrémité la plus fine de la branche du compas sur le bord interosseux.

Précision de la mesure : dixième de mm.

Diamètre sagittal maximum (r7)	Martin et Saller 5, p. 536 (Band 1, ed.1957)
Mesure perpendiculaire à la précédente. Rien ne bouge entre les deux mesures que la rotation de 90° du poignet de la main qui tient le compas. Précision de la mesure : dixième de mm.	
Diamètre médio-latéral de l'épiphyse distale (r8)	pas de référence connue
Cette mesure se prend en appliquant le radius contre le bord d'une planche ostéométrique face postérieure visible et face interne contre le bord de manière à ce que les deux extrémités de l'incisure ulnaire touchent la paroi (figure 52). Précision de la mesure : demi mm.	
Diamètre antéro-postérieur de l'épiphyse distale (r9)	pas de référence connue
Pour cette mesure globalement perpendiculaire à la précédente, le radius est appliqué contre le bord de la planche ostéométrique face latérale visible de manière à ce que tout le bord antérieur de l'épiphyse distale touche la paroi (figure 52). Précision de la mesure : demi mm.	
Diamètre maximum de la tête (r10)	Plochocki 2004
Utilisation d'un compas glissière numérique. Le compas placé dans le même plan que la surface articulaire, on cherche le diamètre maximum. Précision de la mesure : dixième de mm.	
Diamètre minimum de la tête (r11)	Plochocki 2004
Utilisation d'un compas glissière numérique. Précision de la mesure : dixième de mm.	
Périmètre de la tête (r12)	Martin et Saller 5 (3), p. 537 (Band 1, ed.1957)
Cette mesure est délicate à enregistrer en raison de l'imprécision de l'instrument de mesure traditionnellement utilisé, soit le ruban métrique. Nous avons tenté de mettre en place un protocole alternatif consistant à mesurer la surface articulaire de la tête en vue supérieure à partir d'images numérisées, mais sans succès. Les limites de la surface articulaire ne peuvent être repérées avec la précision souhaitée (figure 53). Finalement, cette information s'est trouvée redondante avec les mesures des dimensions des diamètres. Précision de la mesure : mm.	

Le radius est déposé sur sa face antérieure sur une plaque en verre. On mesure la distance entre le sommet du tubercule dorsal et la limite inférieure de la plaque, puis on déduit de cette mesure l'épaisseur de la plaque pour connaître la hauteur du tubercule dorsal (figure 54). Le principe a été reproduit en créant toutefois une structure verticale qui permet de se trouver au-dessus de l'extrémité distale du radius, ce qui facilite la prise de la mesure. Précision de la mesure : dixième de millimètre.

5.3.2. *La reconstitution de données manquantes*

Une reconstitution de données manquantes a été effectuée pour restituer les longueurs des os longs dans la mesure où cette information était nécessaire pour déterminer la hauteur des sections transverses des diaphyses. Les longueurs reconstituées n'ont pas été reprises pour l'analyse de l'asymétrie.

La reconstitution des données manquantes a été effectuée au moyen de l' « expectation maximization algorithm » (Dellaert 2002), - analyse EM - avec le logiciel SPSS 11.

Les précautions suivantes ont été établies afin de maîtriser au mieux cette étape. Seuls les ossements présentant de petits fragments manquants ont été intégrés à la procédure. Il a été décidé de ne reconstituer une longueur uniquement si la dimension était connue pour l'os controlatéral. Toutes les données proposées par la procédure itérative ont été contrôlées avec les deux os en main, afin d'évaluer la vraisemblance de la proposition. À de nombreuses reprises, lorsque la région manquante ne concernait qu'une dizaine de millimètres, nous nous sommes rendue compte qu'une estimation visuelle par comparaison avec l'os controlatéral pouvait être plus performante que l'algorithme. Nous étions en mesure d'évaluer la longueur dans un intervalle possible de 2-3 mm. La valeur ainsi estimée a alors été privilégiée à la valeur reconstituée.

Les données reconstituées et estimées représentent entre 4.3% et 10.2% des longueurs des os longs (figure 55)

5.3.3. *Estimation des erreurs de mesure*

Initialement, la mesure des périmètres minimums des diaphyses sur les trois os sélectionnés pour l'étude avait été envisagée. Cependant, le ruban métrique est un instrument de mesure dont l'imprécision est grande et nous avons préféré l'abandonner. Il a été considéré que les informations apportées par les propriétés géométriques étaient en mesure de les remplacer. Seule la mesure du périmètre de la tête du radius a été effectuée au moyen du ruban métrique, car malgré des tentatives d'accéder à cette information par d'autres biais, nous n'avons pas trouvé de technique de substitution satisfaisante. L'estimation de cette dimension est

intéressante en ce qu'elle serait en mesure de révéler des informations sur les contraintes mécaniques vécues au cours de la croissance par un individu.

Les dimensions de longueur

Toutes les dimensions de longueur ont été contrôlées avec les images CT dans la mesure où ce sont les longueurs maximales établies sur ces images CT qui ont été utilisées pour définir les hauteurs des diaphyses auxquelles les sections transverses allaient être « coupées ». Ce ne sont pas tant les imprécisions de la mesure qui sont mises en évidence ici - les longueurs sont des mesures faciles - que les erreurs de notation, qui ont ainsi pu être éliminées.

La mesure de la profondeur des courbures de la clavicule

Le protocole de mesure, mis en place pour estimer la profondeur des courbures de la clavicule étant nouveau, une attention particulière a été portée à la vérification des résultats.

Les clavicules ont été numérisées une seconde fois et les mesures répétées sur un échantillon de 30 sujets. L'erreur de mesure globale a été estimée à l'aide de l'erreur statistique $S(i)$ de Dahlberg 1940, citée par Utermohle et al. 1983. $S(i)$ s'étend entre 0.08 et 0.17 mm pour des mesures prises au dixième de millimètre et s'avère ainsi une source d'erreur très minime (annexe 5.5).

Les dimensions mesurées au compas glissière numérique

La prise des mesures sur l'ensemble de l'échantillon a été précédée d'une étude préliminaire sur un échantillon de 30 individus, qui a été l'occasion d'une première phase de mise au point des mesures, qui s'est encore prolongée, au fur et à mesure de la découverte de variations morphologiques. Nous avons donc travaillé à redéfinir les points de mesure, à trouver des positions standard jusqu'à obtenir une répétabilité satisfaisante. Ce seuil a été atteint dès lors que les séries de mesures montraient des variations ne dépassant pas 5-7 dixièmes de millimètre.

La mesure qui a nécessité le plus de répétitions et de compléments de description pour parer à toutes les variations morphologiques est celle de la largeur du tubercule majeur (Stirland 1993), et elle reste celle la plus sujette à l'erreur.

5.4. Mesure de l'asymétrie

Deux manières de calculer l'asymétrie, avec leurs légères variantes, sont utilisées en paléoanthropologie. La première, permettant d'estimer la valeur absolue de l'asymétrie, est la formule la plus couramment employée $[(\text{max} - \text{min}) / \text{min} * 100]$. De nombreux chercheurs privilégient une formule de ce genre afin de contourner la question de la latéralisation des individus (Trinkaus et al. 1994, Ledger et al. 2000, Rhodes et Knüsel 2005 ...). Le second type de formule conserve la direction de l'asymétrie et est plus rarement appliquée (Ruff et Jones 1981, Sakaue 1998, Marchi et al. 2006...). Dans le cadre de cette étude, la direction de l'asymétrie est précisément ce qui nous intéresse.

L'asymétrie entre les antimères est exprimée en pourcentages suivant la formule de Mays et al. (1999) :

$$\text{asymétrie} = [(d - g) / (d + g / 2)] \times 100$$

et permet d'avoir ainsi deux informations relatives au développement de l'asymétrie soit son amplitude et sa direction.

L'asymétrie des variables sera explorée à l'aide de la moyenne et de la répartition bilatérale, à savoir, indépendamment de l'intensité de l'asymétrie, si c'est le côté droit ou gauche qui est le plus développé. Afin de tenir compte de l'imprécision de la mesure, seules les asymétries plus grandes que 1% à droite [$d >$] et que -1% à gauche [$g >$] seront décomptées. À l'intérieur de cet intervalle, on considère que les côtés sont symétriques [$d \approx g$].

5.5. Les traitements statistiques

Les statistiques descriptives de l'ensemble des variables examinées sont données en annexes 5.6 à 5.8. On y trouve les paramètres classiques, moyenne, écart-type, minimum et maximum et également l'indication du type de variable ainsi que le nombre et le pourcentage de données manquantes par variable.

Les tests statistiques utilisés sont:

- des tests de Student pairés au seuil $\alpha = 0.05$, pour l'étape de la calibration des images tomодensitométriques.
- des tests de Student bilatéraux au seuil $\alpha = 0.05$ et $\alpha = 0.01$, pour comparer les moyennes et les répartitions bilatérales entre les groupes d'activités. Ces tests n'ont pas été appliqués au groupe des spécialistes légers (SI) dans la mesure où ce groupe est composé de 28 individus au maximum.
- des analyse de variance (ANOVA), afin d'identifier des différences significatives entre les groupes d'activités qui pourraient être imputées à l'âge au décès.
- les tests non paramétrique de Mann-Withney U et de Kolmogorov-Smirnov, pour tester des différences d'angle de $I_{\max}$ entre les groupes d'activités (ces variables n'ont pas une distribution normale).

L'ensemble des analyses ont été élaborées avec SPSS 11 et 13 pour Mac.

6. Résultats : l'exploration des variables

6.1. L'asymétrie et la latéralisation du membre supérieur

Dans le cadre d'un travail qui base son analyse sur l'asymétrie, un préliminaire indispensable de l'entreprise est d'essayer de repérer les individus susceptibles de « brouiller » les cartes, soit les gauchers. L'objet de ce chapitre est de tenter d'identifier l'asymétrie directionnelle en relation avec la dominance et d'individualiser les personnes susceptibles d'être gauchères, afin d'évaluer leur contribution respective à l'asymétrie générale.

Parmi les chercheurs qui se sont intéressés à identifier la dominance sur le squelette, les travaux anthropométriques menés avec des ossements identifiés (pour lesquelles la dominance des individus est établie) restent exceptionnels (Schulter-Ellis 1980, Czuzak 1998). Une synthèse traitant de cette question a été réalisée par Czuzak (2005). Les études ostéologiques sur le vivant, qui permettent une application sur des collections archéologiques, sont elles aussi rares (Garn et al. 1976, Glassman et Dana 1992, Roy et al. 1994, Blackburn et Knüsel 2005). Ainsi, la plupart des travaux ont été conduits à partir de matériel osseux non identifié. C'est la corrélation établie entre une information connue sur les populations vivantes et des résultats enregistrés sur des populations squelettiques qui est à la base de la plupart des interprétations faites quant aux fréquences de droitiers et de gauchers dans les populations anciennes (Steele et Mays 1995, Vettivel et al. 1995, Holla et al. 1996). Le sillon intertuberculaire de l'humérus a été étudié comme indicateur de la dominance sur un échantillon de 100 paires d'humérus provenant de dissections, pour lesquels la dominance n'est pas connue (Vettivel et al. 1995). Les auteurs sont partis du principe que les fréquences connues dans la population locale peuvent être inférées à l'échantillon ostéologique. Les dimensions du sillon seraient plus importantes à droite et les angles des parois médiales et latérales différencieraient également entre les côtés. Les auteurs précisent bien que leur travail est une contribution méthodologique qui mérite d'être approfondie sur un échantillon plus important de paires d'humérus pour lesquels la dominance serait connue.

Nos résultats sont discutés en relation avec les travaux de Steele et Mays 1995, Holla et al. 1996 et Blackburn et Knüsel 2005 plus loin dans ce chapitre (chapitre 6.1.3).

Notre approche procède ainsi d'une démarche empirique, car si l'on sait qu'en théorie des gauchers sont présents dans les populations archéologiques, il n'existe pas de critère anthropologique éprouvé pour les dévoiler. Nous pensons disposer d'un ensemble original de variables dans le sens où des mesures représentatives de l'ensemble du membre supérieur sont

prises en considération et que nous tenons compte à la fois de l'information provenant de mesures externes et de propriétés géométriques des sections transverses.

6.1.1. *Procédé de repérage d'individus potentiellement gauchers*

Un catalogue des profils individuels des asymétries bilatérales des mesures linéaires et de propriétés géométriques sélectionnées a été élaboré. Les variables ont été organisées dans un plan vertical, en suivant les segments fonctionnels du corps : en haut du profil, les variables concernant l'épaule, puis le coude et enfin le poignet. Ce sont 65 variables qui sont prises en compte lorsque le sujet est parfaitement conservé, soit 48 pour les propriétés géométriques TA, CA, %CA et J (4 variables pour chacune des 12 sections transverses analysées) ainsi que 17 mesures linéaires. Le passage en revue de ces profils a fait apparaître une grande diversité de situations en ce qui concerne l'intensité et surtout la direction de l'asymétrie, paramètre qui nous intéresse particulièrement pour discuter de la latéralisation du membre supérieur.

Un schéma général des moyennes des asymétries a été ensuite élaboré pour l'ensemble de cette population masculine. Il met en évidence la dominance du côté droit pour la plupart des variables explorées (figure 56). Font exception, les asymétries de la longueur des clavicules (c4as) et du diamètre médio-latéral des épiphyses distales du radius (r8as) pour les mesures linéaires et les pourcentages d'aires corticales (asPC) – propriété géométrique sur laquelle nous reviendrons plus tard. Ce sont donc les asymétries négatives que l'on peut considérer comme la norme d'une population en grande majorité droitnière. D'une manière générale, les asymétries des aires des sections transverses sont plus importantes que les asymétries des dimensions externes. Parmi les trois types d'os, l'asymétrie moyenne est la plus prononcée pour la clavicule. Aussi bien pour l'humérus que pour le radius, la région du tiers diaphysaire proximal (h2-r2) est la plus asymétrique.

Le passage en revue des profils construits pour chaque individu a permis de repérer des situations complètement inversées par rapport au schéma général (AIG 35 et PAM 07 par exemple, figure 57). L'appréciation visuelle systématique des données nous a conduite à mettre en évidence deux types principaux de profils. Le premier, qui représente la situation la plus fréquente, est caractérisé par des asymétries majoritairement positives – c'est-à-dire que les valeurs mesurées sont plus importantes pour le côté droit - et le second type par des asymétries majoritairement négatives (valeurs plus développées pour le côté gauche).

Critères d'attribution

Parmi les trois os analysés, l'humérus semble être l'élément le plus solide pour l'attribution au type. En effet, l'asymétrie négative des paramètres mesurés sur l'humérus est toujours couplée avec l'asymétrie majoritairement négative des paramètres de l'un ou des deux autres os, mais l'inverse n'est pas vrai. C'est-à-dire que la clavicule peut s'afficher avec des valeurs négatives sans que l'humérus ou le radius ne la suive (CUI 05 par exemple, figure 58a).

C'est encore le cas pour le radius qui peut montrer une majorité de valeurs négatives, alors que la clavicule et l'humérus restent dans la norme (STP 10 par exemple, figure 58b).

Ces deux types en induisent un troisième, dans la mesure où un certain nombre de cas n'appartiennent franchement ni à la première ni à la seconde situation ; cet ensemble de cas a été dénommé « cas limites » (annexe 6.1).

6.1.2. *Le sous-groupe des « profils inversés »*

Un sous-groupe de 20 individus (liste en annexe 6.2) a été identifié comme « porteur » d'un schéma d'asymétrie inversé (figure 59). Sur la figure 60, nous avons opposé le profil des asymétries moyennes pour l'ensemble de ce sous-groupe avec le profil des asymétries moyennes du reste de la population. On constate de façon très claire, que les valeurs du sous-groupe reflètent en miroir les caractéristiques de la majorité de la population (toutes les données sont détaillées dans les annexes 6.3 à 6.8). Les effectifs sont malheureusement réduits pour appuyer nos propos, mais on peut remarquer, par exemple, que les valeurs mesurées au niveau de l'extrémité distale du radius sont moins clairement négatives. Cette région anatomique paraît montrer une certaine « ambidextrie ».

La première idée qui vient à l'esprit est que, « bingo » ! l'ensemble des variables mesurées a permis de débusquer les ou en tout cas un certain nombre de gauchers. Sans l'information directe de la dominance, l'argument principal qui permet d'évaluer la vraisemblance des résultats est le pourcentage connu de gauchers dans les populations vivantes. Or, les 8.5% que représentent ce petit groupe de 20 individus pour une population totale de 235 individus (figure 61) reflètent les fréquences connues pour les populations européennes (cf. chapitre 3.2.1.).

Par commodité de langage et pour éviter maintes périphrases et précautions, nous allons dès lors parler de ce sous-groupe en terme de « gauchers », avec des guillemets, pour indiquer clairement que ces attributions restent à l'état d'hypothèse.

Dans un second temps, la prise en compte de l'activité en relation avec la dominance supposée apporte des éléments de réflexion qui pourraient bien compliquer un peu la situation. L'effectif et le pourcentage de « gauchers » par groupe d'activités ont été regroupés dans le tableau de la figure 61.

Le groupe actif des agriculteurs (n = 83) combinés avec les manoeuvres (n=14) forment un super-groupe de généralistes de 97 individus parmi lesquels 8 agriculteurs et 2 manoeuvres ont été identifiés comme gauchers potentiels, soit 10.3% de cette population. La taille du groupe, proche de la centaine, réduit le risque d'une représentation par trop faussée des fréquences par rapport aux caractéristiques de la population des agriculteurs vaudois dont il est issu. Parmi les individus regroupés sous l'appellation de « non-actifs », 5 pourraient être

gauchers, représentant 11.6% de la population de ce groupe. 3 individus ont encore été identifiés parmi 17 cas sans attribution de groupe, soit 17.6% des individus de ce petit sous-groupe (information toute relative étant donné l'effectif restreint). Finalement, la catégorie des spécialistes (SL et SI), pour un effectif total de 78 sujets, ne compte que 2 individus potentiellement gauchers, soit 2.6% de ce sous-groupe, ce qui est foncièrement intrigant.

Ainsi, on peut considérer, d'une part, que la différence de fréquence entre agriculteurs et spécialistes est importante et que, d'autre part, alors que la fréquence des gauchers parmi les agriculteurs est proche de la fréquence attendue, c'est loin d'être le cas chez les spécialistes pour lesquels il « manque » environ 8% de gauchers.

Trois hypothèses peuvent être envisagées pour expliquer cette situation.

h1 – les fréquences correspondent à un tirage aléatoire inégal entre généralistes et spécialistes, on serait tout simplement face à un problème de représentation statistique.

h2 – l'activité influence le développement et le remodelage osseux. L'effet de l'activité serait sensible dans les deux groupes principaux. D'une part, l'activité spécialisée, à priori fondamentalement unimanuelle, tendrait à masquer une asymétrie directionnelle « naturelle ». D'autre part, la pratique d'activités variées et intenses, telles que requiert une économie agricole, laissent non seulement les gauchers « s'exprimer », mais de plus encouragerait un développement plus symétrique des deux côtés du membre supérieur. Les fréquences des « cas limites » par groupe d'activités pourraient constituer un indice allant dans ce sens. On décompte parmi 12 sujets attribués à cette catégorie, 9 agriculteurs (9.3% des agriculteurs), 2 spécialistes (2.6% des spécialistes) et 1 non-actif (2.3% des non-actifs). Ainsi, parmi les individus ne présentant pas les caractéristiques d'asymétrie communes à la majorité de la population étudiée, soit les « gauchers » et les « cas limites », on trouve 19.6% d'agriculteurs, 5.2% de spécialistes, 13.9% de non-actifs et 17.6% n'ont pas de groupe d'activités attribué (figure 61).

h3 – la dominance induit une sélection culturelle : les gauchers choisissent moins volontiers ou ne sont pas engagés pour l'apprentissage d'une activité spécialisée.

6.1.3. Validation

Nous cherchons ici à comparer nos résultats avec quelques publications qui ont pour objectif, entre autres, d'identifier la dominance dans des populations squelettiques. Dans les lignes qui vont suivre, nous postulons, hypothèse de travail, que nous avons identifié de « vrais » « gauchers ».

Steele et Mays 1995 (S & M)

Steele et Mays (1995) se sont penchés sur la question de la croissance asymétrique de la longueur des os longs du membre supérieur en relation avec la dominance. Ils ont étudié une importante population squelettique anglaise du Moyen-Âge, Wharram Percy (WP),

comprenant des adultes et des enfants. Leurs objectifs ont été de voir si on pouvait faire la relation entre la longueur du bras et la dominance – donc évaluer la fréquence de la population gauchère et de tenter de mettre en évidence les facteurs responsables de l'asymétrie du membre supérieur. Pour notre propos, nous ne retiendrons que la première partie de leur travail portant sur des données enregistrées sur les adultes des deux sexes.

Un tableau a été élaboré, qui récapitule les données de Wharram Percy (WP) et de la collection SIMON (CS) (figure 62). Si les moyennes sont légèrement différentes (WP = 0.20, CS = 1.06), en revanche, la répartition de l'asymétrie [$d >$, $d = g$, $g >$] est strictement comparable (les formules d'asymétrie entre nos deux travaux sont identiques, étant donné que nous avons sélectionné précisément la formule de Steele et Mays (1995). Cette répartition est par ailleurs en tout point semblable à celle calculée pour les populations réunies par Schultz (1937), reprises pour comparaison par Steele et Mays.

Les auteurs considèrent que l'on peut établir une relation entre le nombre de bras plus long à gauche et la fréquence probable des gauchers dans la population. Ils s'appuient pour ce raisonnement sur plusieurs arguments concordants, parmi lesquels le fait que les prévalences de gauchers mesurées dans des études récentes de populations actuelles occidentales sont proches du pourcentage de bras plus long à gauche à WP, ce qui est aussi le cas de mesures de la force de la main. Steele et Mays suggèrent que les gauchers n'étaient pas contrariés au Moyen Age et que la population de WP offre les fréquences « naturelles » qui correspondent à ce que l'on est en train de redécouvrir dans les populations actuelles, après deux siècles de contraintes envers les gauchers.

Est-ce que le bras gauche du petit groupe d'individus que nous supposons gauchers est plus long que le droit ? La corrélation entre bras gauche plus long et dominance est indéniablement plus importante puisque 40% des 20 individus « gauchers » ont un bras gauche plus long pour 18.8% de la population totale, mais cela signifie aussi que 60% d'entre eux ont un côté droit plus long (figure 62).

Il est intéressant de visualiser les asymétries moyennes des deux paramètres utilisés par Steele et Mays avec l'ensemble des mesures que nous avons étudié. La figure 63 représente le profil des asymétries moyennes des « gauchers » (a) comparé avec celui des « droitiers » (b), profils sur lesquels nous avons masqué les propriétés géométriques pour faire apparaître de manière plus claire uniquement les mesures linéaires. On s'aperçoit que $h6as$ ou $r5as$, dans le cadre de notre procédure, n'auraient apporté aucune information significative, tout comme la dernière mesure d'asymétrie de longueur, celle des clavicules ($c4as$), négative quelle que soit la dominance. On constatera également que plusieurs mesures présentent des asymétries directionnelles de plus grande intensité que $h6$ ou $r5$, qui ont une plus grande probabilité d'être liées à la dominance ($c56as$, $h7as$, $h8as$, $r10as$, $r6as$ ou $r7as$).

Oublions pour un instant l'échantillon des « gauchers » et considérons les caractéristiques du sous-groupe des individus qui ont un bras gauche plus long que le droit (« bras gauche plus long », $n = 35$, moyenne = -0.51, min = -0.1, max = -1.53). Un profil des asymétries moyennes a été élaboré avec toutes les variables (figure 64a) et en comparaison, ce même profil ne met en évidence que les mesures linéaires (figure 64b). L'examen de ces données indique que seules les dimensions de la tête du radius (r10, r11 et r12) ont une direction de l'asymétrie qui va dans le même sens que les valeurs moyennes négatives de h6as et r5as (b).

Si l'on évalue globalement l'asymétrie de ce profil, on est frappé par le fait que l'intensité globale de l'asymétrie de ce groupe de 35 sujets est nettement réduite par rapport au profil élaboré pour l'ensemble de la population (figure 60b).

Finalement, une dernière illustration (figure 65) représente l'échantillon « bras gauche plus long » (a) duquel les « gauchers » ont été retranchés (b - $n = 28$). Il ne reste alors plus aucune variable avec une asymétrie négative pour accompagner h6 et r5 et on voit tout de suite que l'asymétrie globale positive reprend de l'ampleur. Avec les précautions qui s'imposent, sans la présence de « vrais » « gauchers » supposés, on n'a plus aucune trace de sinistralité parmi les variables explorées.

Ainsi, dans notre échantillon, il semble difficile d'admettre que l'asymétrie de longueur du membre supérieur puisse constituer un outil d'évaluation de la dominance. Il y aurait toutefois bien une corrélation de la longueur estimée du bras avec la dominance (pour autant que nos critères soient réellement corrélés à la latéralisation) puisqu'un pourcentage plus élevé d'individus dit « gauchers » ont une valeur de l'asymétrie négative.

Considérer qu'il y a asymétrie de longueur entre les côtés en prenant en compte des différences de l'ordre du demi-millimètre est probablement peu prudent si l'on veut tenir compte de l'erreur de mesure qui est modeste, certes, mais pas inexistante. Il nous paraît donc plus avisé de prendre en considération l'asymétrie à partir d'une différence de longueur totale de 2mm (cela correspond en pourcentage d'asymétrie à plus ou moins 0.3%).

Holla et collaborateurs 1996

Ces auteurs ont travaillé sur un corpus de radius droits et gauches non appariés, dont la dominance n'est pas connue (échantillon d'un peu plus de 60 radius pour chaque côté, provenant d'autopsies – individus âgés entre 25 et 55 ans, mais dont les os ont été mélangés), à la recherche d'indicateurs de la dominance et de critères permettant une reconstitution de la longueur maximale de l'os. Ils ont mis au point une série de mesures originales sur l'épiphyse distale, région anatomique qui a attiré notre attention dans les phases préliminaires de cette étude par son asymétrie perceptible visuellement. Ainsi, malgré les faiblesses au niveau de l'identification de l'échantillon étudié, nous avons tenté de reproduire le protocole. Il s'est rapidement avéré que malgré dessins et explications, plusieurs des points de mesures ont été extrêmement difficiles à localiser avec précision et particulièrement ceux qui auraient permis

de mesurer des distances significativement reliées à la dominance dans leur échantillon. Après diverses tentatives pour améliorer la fiabilité de ces points de mesure, nous n'en avons retenue qu'une, la mesure DT (greater dorso-palmar diameter of the carpal articular surface opposite the dorsal tubercle) – pour nous r_{13} : largeur de l'épiphyse distale à la hauteur du tubercule dorsal (cf. chapitre 5.3.1.) Nous avons supposé que la mesure DT pourrait apporter une partie de l'information contenue dans une mesure significative pour les auteurs. Finalement, il s'est avéré que cette mesure avait une certaine redondance avec la mesure r_9 (retenue pour la représentation des profils d'asymétrie). Holla et al. (1996) n'ont pas trouvé de différence bilatérale pour cette mesure pour des radius non pairés. Dans la collection SIMON, cette mesure montre une légère asymétrie positive pour l'ensemble de la population (0.43, $n = 93$, $r_9 = 0.47$) et pour notre sous-groupe de « profils inversés » $r_9 = 1.24$ ($n = 11$). On ne trouverait donc aucune indication de dominance dans ce paramètre.

Blackburn et Knüsel 2006 (B & K)

Blackburn et Knüsel (2006), se sont intéressés à savoir dans quelle mesure l'asymétrie du diamètre bicondyloire, dans une population vivante, peut être utilisée pour en inférer la dominance. 50 personnes, de l'Ontario au Canada se sont portées volontaires pour cette étude. 27 femmes et 23 hommes, âgés entre 18 et 77 ans, pour lesquels la dominance a été établie sur la base de l'avis de l'intéressé interrogé sur l'accomplissement d'un certain nombre d'activités. La précision de la mesure sur le vivant est le millimètre. L'asymétrie a été calculée selon la formule de Steele & Mays 1995.

Pour l'ensemble du corpus, 84% des personnes se sont déclarées droitrières et le reste gauchères (16%). L'analyse métrique a déterminé 58% de condyles plus grands à droite, 26% plus grands à gauche, les 16% restants étant symétriques.

Un tableau récapitulatif permet de comparer les données de Blackburn et Knüsel et celles de la collection SIMON (CS) (figure 66a). Les moyennes de l'asymétrie de la largeur bicondyloire (en valeurs absolues) des populations totales sont très proches (B & K = 2.10 avec $n = 50$ et CS = 1.99 avec $n = 172$). Les sous-groupe de droitiers de l'Ontario et les « droitiers » de CS montrent également des valeurs d'asymétrie directionnelle tout à fait comparables (B & K = 1.317, CS = 1.22). C'est encore le cas des sous-échantillons de gauchers et « gauchers » pour lesquels on trouve des valeurs d'asymétrie négatives (B & K = -1.779, CS = -1.38). On remarquera que l'intensité de l'asymétrie est du même ordre de grandeur entre droitiers / « droitiers » et gauchers / « gauchers ».

Les données de Blackburn et Knüsel sont également analysées en fonction de l'âge. La population de la collection SIMON a été analysée en tenant comptes de classes d'âges similaires et on remarque que l'asymétrie de ce paramètre augmente avec l'âge (figure 66b) alors que ce n'était pas le cas pour les personnes de l'Ontario. Finalement, cette asymétrie du diamètre bicondyloire a également été analysée en fonction de l'activité. Blackburn et Knüsel

ont créé deux groupes : les actifs ($n = 18$) et les non-actifs ($n = 30$). Ces catégories sont facilement mises en correspondance avec les groupes constitués pour notre étude, à la nuance près que nous avons conservé deux groupes d'actifs, les agriculteurs (A) et les spécialistes lourds (SL). Lorsque l'on prend en considération les valeurs absolues de l'asymétrie, les résultats des deux populations sont convergents : les dimensions des diamètres sont plus asymétriques dans les groupes actifs que dans les groupes non-actifs (figure 66c).

Nos données nous permettant de faire la distinction entre des actifs « généralistes » et « spécialistes », la prise en considération de l'asymétrie directionnelle cette fois, permet de voir que l'asymétrie est en moyenne quasiment nulle pour les agriculteurs et entre 1.47 et 1.97 pour les spécialistes (en laissant les « gauchers » dans les échantillons). On constate également que les non-actifs sont caractérisés par une valeur intermédiaire (1.29).

On constate ainsi une grande convergence des résultats entre ces deux populations et ces comparaisons paraissent d'un intérêt tout particulier pour une tentative de validation de nos propositions, l'élément le plus important étant cette asymétrie directionnelle de même direction et d'intensité proche pour les deux sous-groupes de gauchers et « gauchers ».

Signalons que Stirland (1993) a mesuré ce diamètre bicondylaire de l'humérus dans deux populations (Mary Rose et Norwich), mais ce n'est pas une dimension qui soit significativement asymétrique dans ses populations. Et les données brutes n'étant pas publiées, il n'est pas possible de procéder à des comparaisons.

6.1.4. *Éléments de conclusion*

La dominance est un phénomène complexe, ce dont on peut se rendre compte en tout premier lieu sur les populations vivantes. Annett (2002, 2004) a créé huit classes pour englober tous les cas de figure de la latéralisation du membre supérieur dans les populations qu'elle analyse. On parle dans ses études de droitiers ou gauchers « forts » avec plusieurs classes intermédiaires. Il y a donc évidemment quelque chose d'illusoire à vouloir faire une simple distinction dichotomique entre droitiers et gauchers dans les populations anciennes. Par ailleurs, les données biologiques nous laissent percevoir un continuum entre des profils très majoritairement positifs avec de nombreuses variantes, les cas limites et les profils majoritairement négatifs.

L'identification de ce sous-groupe de « gauchers », ou plus probablement des plus « gauchers » est une proposition qui, selon toute vraisemblance, a une certaine réalité d'après les principes de la biomécanique. Il semble que la convergence de la direction des asymétries calculées aussi bien pour des mesures linéaires que pour des propriétés géométriques, mesures de robustesse et de résistance de la structure osseuse aux contraintes mécaniques, devrait être pertinente comme expression ou révélateur de la dominance. Il est clair que le poids de l'information apportée par les asymétries des propriétés géométriques des sections transverses est bien supérieur à celui des mesures externes, mais elles ont mutuellement contribué à

renforcer notre sélection. Nous sommes bien consciente que le facteur principal sur lequel s'appuie la proposition est la proportion de gauchers connue dans les populations vivantes, comme pour la plupart des études qui se sont intéressées à l'identification de la dominance sur le squelette.

Le seul argument de contrôle sur lequel cette approche peut s'appuyer pour l'instant est la convergence des résultats concernant une unique mesure, le diamètre bicondylaire de l'humérus (Blackburn & Knüsel 2006).

Signalons qu'une étude tomодensitométrique sur le vivant permettra peut-être d'être appliquée à des ossements pairs provenant de corpus archéologiques. Cassagnaud et al. (2003) ont travaillé sur la latéralisation de l'angle du sillon intertuberculaire de l'humérus. Un protocole de mesure a été mis au point sur des images CT. Leur application a des visées médicales en relation avec la physio-pathologie de l'instabilité antérieure chronique de l'épaule, mais ce paramètre pourrait être exploré en tant qu'indicateur de la dominance.

Le procédé d'identification des gauchers potentiels, basé sur une évaluation globale de la direction des asymétries, présente la difficulté de fixer les limites des catégories. Les situations extrêmes sont aisément identifiables, en revanche, un cas où l'autre posera toujours problème. Nous considérons que cela n'a pas de véritable incidence pour notre propos dans la mesure où nous ne travaillons pas sur les « gauchers » mais sur le reste de la population qui ne pâtira pas d'un individu en plus ou en moins.

Finalement, si notre échantillon de profils inversés correspond réellement à des gauchers, alors l'expression de l'asymétrie d'un certain nombre de mesures linéaires (la somme de la profondeur des courbures de la clavicule - c56as, la largeur bicondylaire - h7as, la largeur articulaire de l'épiphyse distale de l'humérus - h8as, le diamètre maximum de la tête radiale - r10as, les diamètres maximum et minimum de la diaphyse à la hauteur au plus fort développement du bord interosseux du radius - r6as et r7as) semble en relation avec la dominance (figure 67).

Si l'on peut tirer une certitude des études antérieures, c'est qu'un seul indicateur sur le squelette ne suffit pas à prédire la latéralité d'un sujet.

6.1.5. *Que faire des « gauchers » pour les analyses qui vont suivre*

La représentation inégale de profils inversés entre les généralistes et les spécialistes est un argument fondamental qui nous conduit à retirer ces « gauchers » de l'analyse. Les tests statistiques de comparaison entre les groupes d'activité ont été systématiquement menés avec et sans « gauchers » et les résultats ont montré de nombreuses divergences allant dans le même sens. Il se trouve que les résultats avec « gauchers » amplifient les différences significatives entre agriculteurs et spécialistes. On peut se rendre compte de l'illusion de plus grande asymétrie entre ces deux groupes d'activités lorsque les « gauchers » restent intégrés

aux profils des asymétries (figure 68). Les mêmes variables que celles utilisées plus haut sont représentées.

En admettant que la représentation de ces « gauchers » ait été équilibrée, cette sélection aurait pu être évitée.

Quelles sont les conséquences attendues de cette décision ?

Notre hypothèse 2 est vraie (l'activité influence le développement et le remodelage osseux), il existe probablement des gauchers dans le corpus de spécialistes mais masqués par l'activité et nous aurions éliminé un groupe de 20 personnes pour rien.

Les hypothèses 1 (tirage aléatoire) ou 3 (la dominance induit une sélection culturelle) sont vraies. La décision de soustraire ces « gauchers » à l'analyse va mener à des résultats un peu émoussés, puisque des éléments qui séparent les généralistes des spécialistes auront été éliminés, mais le risque de créer des résultats fictifs est écarté.

Le désavantage majeur de cette décision est de réduire les effectifs des groupes d'activités constitués. En revanche, l'effectif de l'ensemble de la population étant généralement élevé, les moyennes globales n'en pâtissent pas (bien que très souvent légèrement modifiées).

Une complication mineure de cette sélection est que les données ne sont pas directement comparables avec les résultats d'études publiées. À cet effet, on trouvera en annexes 6.3 à 6.8, dans les pages consacrées aux « gauchers », également les résultats obtenus pour l'ensemble de la population non triée.

Au fur et à mesure de l'exploration des variables dans les chapitres suivants, une courte description des résultats obtenus pour le sous-groupe des « gauchers » sera insérée afin de tenter d'en préciser ses particularités.

6.2. Analyse de l'asymétrie des mesures linéaires ou externes

Les aires des sections transverses sont incluses dans cette partie de l'analyse, conjointement aux mesures linéaires, en tant qu'alternative à l'information donnée par des mesures de périmètres. Ainsi, 30 mesures linéaires, ou utilisées comme telles, ont été examinées (rappel sur la planche MEMO) :

clavicule :	humérus :	radius :
c1 aire totale (TA) section 1 (40%)	h1 aire totale (TA) section 1 (80%)	r1 aire totale (TA) section 1 (75%)
c2 aire totale (TA) section 2 (50%)	h2 aire totale (TA) section 2 (65%)	r2 aire totale (TA) section 2 (60%)
c3 aire totale (TA) section 3 (60%)	h3 aire totale (TA) section 3 (50%)	r3 aire totale (TA) section 3 (40%)
c4 longueur max	h4 aire totale (TA) section 4 (35%)	r4 aire totale (TA) section 4 (20%)
c5 profondeur de la courbe latérale	h5 aire totale (TA) section 5 (20%)	r5 longueur max
c6 profondeur de la courbe médiale	h6 longueur max	r6 diamètre transverse maximum
c56 somme de c5 et c6	h7 largeur bicondylaire	r7 diamètre sagittal maximum
	h8 largeur articulaire distale	r8 diamètre médio-latéral de l'épiphyse distale
	h9 diamètre vertical de la tête	r9 diamètre antéro-postérieur de l'épiphyse distale
	h10 largeur du tubercule majeur	r10 diamètre maximum de la tête
		r11 diamètre minimum de la tête
		r12 périmètre de la tête
		r13 hauteur du tubercule dorsal

En raison des particularités du groupe des personnes qui ont été identifiées comme « gauchères », les analyses ont été menées en prenant des échantillons sans « gauchers ». On aura vu que la représentation fort différente de ceux-ci entre les groupes d'activités constitués pour l'analyse de l'asymétrie impose cette mesure. Toutefois, étant donné, d'une part, que cette sélection ne peut être vérifiée et que, d'autre part, les échantillons de comparaison dans la littérature n'ont pas subi pareille sélection, les résultats sont donnés en annexe (annexes 6.10, 6.12, 6.14) pour les groupes non sélectionnés.

L'asymétrie de ces variables est explorée à l'aide de la moyenne et de la distribution de cette asymétrie, c'est-à-dire indépendamment de l'intensité de l'asymétrie, si c'est le côté droit ou gauche qui est le plus développé. Cette répartition bilatérale a été évaluée de la manière suivante : seules les asymétries plus grandes que 1% à droite [$d >$] et que -1% à gauche [$g >$] ont été décomptées. À l'intérieur de cet intervalle, on considère que les côtés sont symétriques [$d \approx g$]. En ce qui concerne les mesures de l'asymétrie de longueur, étant donné que l'unité de mesure est plus grande (demi millimètre) et également pour permettre la comparaison avec des échantillons de la littérature, le dénombrement se fait plus simplement : [$d >$] se rapporte au nombre de paires de clavicules dont la droite est plus grande (asymétrie > 0), [$g >$] se rapporte au nombre de paires de clavicules dont la gauche est plus grande (asymétrie < 0) et [$d \approx g$] au nombre de paires symétriques (asymétrie = 0).

Une analyse de variance (anova) a été utilisée afin de comparer les moyennes des asymétries entre les classes d'âges. Les résultats de ces comparaisons sont significatifs au seuil $\alpha = 0.05$ pour plusieurs variables (h1, h2, h4, h5, h6, h7, h8, r5, r10, c4, c6) (annexe 6.9). Il a été décidé d'écarter les individus responsables de cette discordance (80 ans et plus) des groupes des agriculteurs et des généralistes dont les moyennes d'âge au décès sont les plus élevées des

groupes étudiés. Ce groupe portera la mention $G < 80$ dans les tableaux de résultats. De nouveaux tests montrent alors que la démographie des groupes est comparable.

6.2.1. *La clavicule*

Les résultats de l'analyse, soit la moyenne et la répartition bilatérale de l'asymétrie sont donnés pour l'ensemble de la population et par groupes d'activités (figure 69). Les statistiques descriptives de ces mesures par classe d'âges sont reportées dans un second tableau (figure 70). Les données pour le groupe des « gauchers » se trouvent à l'annexe 6.12.

6.2.1.1. L'asymétrie des aires totales des sections transverses

Signalons en premier lieu que les écarts-type de ces mesures sont importants (entre 7 et 11%) reflétant en cela la forte variabilité morphologique de cet os. La valeur moyenne de l'asymétrie pour l'ensemble de la population est identique pour les sections c1 et c2 (respectivement 7.10 et 7.31, $n = 163$) et plus élevée d'un point pour la troisième section (8.09).

En retenant la moyenne de l'asymétrie du groupe NA (figure 71) comme référence d'une morphologie « naturelle », on constate une réduction de l'asymétrie pour le groupe A pour toutes les sections analysées et une légère augmentation de celle-ci dans les groupes de spécialistes (groupe SL particulièrement) pour les deux premières sections. La différence entre les groupes A et SL est significative pour les sections c1 et c2 (A vs SL, $p = 0.042$). L'influence de l'âge est contrôlée pour ces deux sections ($p = 0.075$). Les moyennes sont également différentes entre les groupes A et MA pour la troisième section ($p = 0.038$).

À la hauteur de la section c3, le nombre de sections droites plus développées que les gauches est significativement plus important pour le groupe MA que pour le groupe A (90% vs 66.0% - $p = 0.001$).

Ainsi, il semble que l'on puisse mettre en relation une charge physique bilatérale intense avec une réduction de l'asymétrie de la robustesse des sections transverses. La pratique d'une activité spécialisée pourrait renforcer la robustesse du côté droit au niveau de la section mesurée dans la région de l'insertion du m grand pectoral (sections c1 et c2).

6.2.1.2. L'asymétrie de longueur

La valeur moyenne de la population est de -1.36%. On compte 69.2% des individus qui ont une clavicule gauche plus longue que la droite, 25.6% l'inverse et 5.2% dont les clavicules sont symétriques. À l'examen de ces paramètres calculés par groupe d'activités, on constate que l'activité physique intense tend à réduire notablement l'asymétrie de longueur des clavicules. Cette différence est particulièrement mise en évidence par la répartition de cette asymétrie entre les côtés droits et gauches : on dénombre 10.3 % d'individus $d >$ pour le groupe NA, alors que le groupe G en compte près de 40% (figure 72). Dans cette population, l'asymétrie « naturelle » des personnes peu actives est donc significativement plus élevée que

celle des personnes astreintes à des activités physiques importantes (NA vs G, $p = 0.0003$; influence de l'âge contrôlée, anova entre les 3 groupes n.s.).

Le groupe SL, caractérisé par une activité intense et spécialisée, montre une valeur d'asymétrie intermédiaire entre NA et G (-1.53 %) et la différence entre groupe G et SL est significative ($p = 0.01$). On peut supposer que l'usage plus intensif du côté dominant a limité la réduction de l'asymétrie, ce que l'on va peut-être pouvoir mieux détailler à l'aide des autres paramètres mesurés sur la clavicule.

6.2.1.3. L'asymétrie de la profondeur de la courbure médiale

La courbure médiale de la clavicule est en moyenne plus importante à droite dans l'ensemble de la population (2.3%). Cette courbure est corrélée négativement à l'asymétrie de longueur (Pearson, -0.164, $p < 0.05$), ainsi l'augmentation de la profondeur de cette courbure va de paire avec le raccourcissement de l'os. L'évolution avec l'âge est sensible (figure 70) : cette courbure est relativement symétrique chez les jeunes adultes et, au cours de la vie, la courbure de la clavicule droite devient plus importante (différence de 4% entre les 20-45 ans et les 71-93 ans). Étant donné les points de référence utilisés pour mesurer cette courbure, on peut penser que l'augmentation de la surface de l'articulation sternale a sa part d'influence dans l'évolution de ce paramètre (figure 48).

Cette mesure ne montre pas de différences significatives entre les groupes. Les moyennes proches des groupes A et SL (2.84, 3.28) – l'influence de l'âge a été contrôlée – supérieures à celle des groupes peu actifs (1.33), indiqueraient que la charge physique globale pourrait être un facteur contribuant à cette plus importante asymétrie de la profondeur de la courbure médiale.

6.2.1.4. L'asymétrie de la profondeur de la courbure latérale

Relevons en premier lieu que les courbures médiales et latérales sont corrélées négativement (Pearson, -0.294, $p < 0.01$) et que c5as n'est pas corrélée à c4as. L'évolution avec l'âge se fait de manière inverse de ce qui se produit pour la courbure médiale. Cette courbure est, en moyenne, plus profonde à droite chez les jeunes adultes et la tendance va vers un retour à la symétrie l'âge avançant (figure 70). L'élément morphologique externe susceptible de faire varier cette mesure est l'origine du m deltoïde sur la portion antérolatérale de la diaphyse ; si cette insertion se renforce, la valeur de la profondeur peut s'en trouver légèrement diminuée.

L'asymétrie est nulle ou faible dans les groupes peu actifs (MA = 0.37 %) et elle est plus élevée dans les groupes très actifs (G < 80 ans, 5.18%, SL = 4.18%). Cette différence entre groupes est proche de la significativité ($p = 0.074$).

À nouveau, il semble que ce soit l'activité physique intense seule, sans composante de spécialisation, qui soit responsable de l'augmentation de cette asymétrie.

6.2.1.5. L'asymétrie de la somme des profondeurs des courbures médiale et latérale

La somme des profondeurs des courbures n'est corrélée ni à l'asymétrie de longueur (c4as), ni à c5as mais positivement à c6as (Pearson, 0.448, $p < 0.01$). Cette mesure légèrement positive indique une robustesse plus importante du côté droit pour l'ensemble de la population (1.70%, $n = 134$) avec une répartition de cette asymétrie relativement équilibrée : 51.5% des sommes des courbures plus grandes à droite, 41% à gauche, les 7.5% restants de la population ont des valeurs symétriques. La différence la plus grande s'observe entre les agriculteurs (3.40) et le super-groupe des personnes modérément actives MA (0.14), elle n'est toutefois pas significative (A vs MA, $p = 0.145$). Les profils démographiques ont été contrôlés et permettent la comparaison.

On constate donc une tendance qui indiquerait que l'augmentation de l'asymétrie de cette somme est à mettre en relation avec une activité physique intense bilatérale puisque les différences maximales se voient entre le groupe A et le groupe MA et que l'on a mesuré une valeur intermédiaire pour le groupe SL.

6.2.2. L'humérus

Les résultats de l'analyse, soit la moyenne et la répartition bilatérale de l'asymétrie sont donnés pour l'ensemble de la population et par groupes d'activités (figure 73). Les statistiques descriptives de ces mesures par classe d'âges sont reportées dans un second tableau (figure 74). Ces mêmes données sont présentées à l'annexe 6.15 pour le groupe des « gauchers ».

6.2.2.1. Les aires totales des sections transverses

Les aires totales (TA) des sections calculées indiquent qu'à toutes les hauteurs de la diaphyse, l'humérus droit est plus développé. L'asymétrie est maximale à 65% (h2asT) de la hauteur de l'os (6.49%) où 90% de la population a une aire de la section plus importante à droite qu'à gauche et elle est minimale dans la section la plus distale de la diaphyse (h5asT, 4.06%) où 77% de la population a une aire totale transverse plus développée à droite qu'à gauche. Les sections à 35, 50 et 65% de la hauteur de la diaphyse n'ont qu'un très faible pourcentage d'individus dont le côté gauche est plus développé (entre 2.6 et 4%).

La différence d'asymétrie entre les groupes est discrète. On retrouve tout au long des 5 sections la valeur la plus faible pour le groupe des non-actifs et la valeur la plus élevée pour les groupes des spécialistes. La moyenne de l'asymétrie des généralistes se situe systématiquement entre les deux, mais plus proche des spécialistes. On observe des variations de la répartition bilatérale de cette asymétrie plus importantes au niveau des extrémités proximales et distales (figure 75).

L'examen global de ces variables souligne une tendance : l'activité physique semble avoir pour effet d'augmenter la robustesse relative de la diaphyse de l'humérus droit puisque tous les groupes actifs montrent une asymétrie positive supérieure à celle des non-actifs. On peut

considérer que tous les types d'activités y contribuent, qu'ils soient intenses et/ou spécialisés. Les sections mesurées aux extrémités de la diaphyse semblent refléter l'activité, non en termes de quantité d'asymétrie, mais en termes de distribution bilatérale.

6.2.2.2. L'asymétrie de longueur

Comme on pouvait s'y attendre, par ce qui est connu depuis longtemps dans d'autres populations, l'humérus droit est en moyenne plus long que le gauche. Mais cette asymétrie de longueur est peu marquée en moyenne (0.76%) et les différences entre groupes sont très faibles. La valeur la plus proche de la symétrie est celle du groupe des non-actifs (0.47%) et les autres groupes d'activités sont caractérisés par une asymétrie environ deux fois plus élevée (entre 0.78 et 0.90%). Ces différences ne sont légèrement significatives qu'entre les agriculteurs et les non-actifs ($p = 0.047$), indiquant peut-être qu'une activité physique intense tendrait à accroître la différence de croissance entre les os droits et gauches.

6.2.2.3. L'asymétrie de la largeur bicondyalaire

L'asymétrie moyenne de l'ensemble de la population est légèrement positive (1.22%) et 69.8% de la population a une mesure plus importante à droite, 27% plus grande à gauche. Les valeurs de cette mesure sont particulièrement intéressantes relativement à notre hypothèse de départ. Ici, contrairement à la situation la plus généralement rencontrée pour l'humérus, soit une valeur minimale pour le groupe NA et maximale pour le groupe S, la moyenne du groupe NA (1.29%) se place entre celle du groupe G (0.36%) et celle du groupe S (1.70%). Ces résultats permettent de distinguer, en premier lieu avec le groupe G, l'effet d'une activité physique générale intense qui conduit à l'augmentation de cette dimension médio-latérale de l'articulation du côté gauche (42.9% de $g >$), ce qui se traduit par la réduction de l'asymétrie moyenne. D'autre part, la pratique d'une activité spécialisée (groupe S) tend à induire un développement plus important de l'articulation distale de l'humérus droit (22.4% de $g >$), ce que l'on peut mettre en relation avec cette asymétrie positive plus importante. Ces différences sont statistiques (figure 75).

L'asymétrie de la largeur bicondyalaire augmente avec l'âge, de manière parallèle entre les deux groupes actifs (figure 76). On constate que cette asymétrie augmente légèrement entre les deux premières classes d'âge, et double entre les deux dernières. Il est intéressant de noter que cette différence entre les groupes est nettement perceptible dès la classe des « jeunes » adultes (20-45 ans).

6.2.2.4. L'asymétrie de la largeur articulaire de l'épiphyse distale

Les valeurs moyennes sont très proches pour l'ensemble des groupes actifs (entre 1.75 et 1.86%) et légèrement supérieures à la moyenne du groupe des personnes non manuelles (1.08%). La distribution de l'asymétrie entre les humérus droits et gauches est semblable pour toute la population ; environ 75% de la population a une largeur articulaire plus importante à droite. Cette mesure indiquerait que l'activité physique en général tend à donner des

dimensions articulaires légèrement plus importantes à l'humérus droit. Les mesures h7as et h8as sont corrélées positivement (Pearson, 0.333, $p < 0.01$), pourtant cette mesure ne révèle pas la même information que la mesure de la largeur bicondyalaire. Il semble donc que ce soit la région de l'articulation hors de la largeur articulaire qui se modifie avec l'activité.

6.2.2.5. L'asymétrie du diamètre vertical de la tête humérale

La discussion de cette mesure est un peu gênée par des effectifs passablement réduits, les régions articulaires étant nettement moins bien conservées que les diaphyses.

La valeur moyenne du groupe MA est de 0.32% où 37% des individus ont une dimension de la tête plus importante à droite, 23.9% à gauche et la proportion de têtes symétriques est de 39.1%. L'asymétrie la plus élevée est celle mesurée pour le groupe G (1.34%) où la proportion de tête humérale plus grande à droite est de 63.8% (12.8% à gauche, 23.4% symétriques). Un test de t utilisé pour comparer les moyennes de ces deux groupes indique que la différence est statistique (figure 75). L'examen de l'évolution de ce paramètre avec l'âge semble montrer que l'asymétrie augmente de manière relativement parallèle entre les deux groupes (figure 77).

Les résultats indiquent que l'activité quotidienne liée à la vie agricole tend à donner à la tête humérale droite des dimensions légèrement supérieures à sa controlatérale, alors que pour les groupes d'activités modérément actifs, cette mesure est plus symétrique, tant pour la moyenne que pour la répartition bilatérale.

6.2.2.6. L'asymétrie de la largeur du tubercule majeur

C'est le site d'insertion des muscles supra-épineux, infra-épineux et petit rond qui agissent au niveau de l'épaule respectivement comme abducteur (supra-épineux) et comme rotateurs externes (infra-épineux et petit rond).

Les effectifs sont encore plus restreints que pour la mesure précédente (107 mesures bilatérales pour un groupe de départ de 235 individus), et seuls les échantillons des groupes A, G et S sont suffisamment étoffés pour être comparés statistiquement. Cette variable évolue avec l'âge : elle semble stable jusqu'à vers l'âge de 50 ans, puis augmente pendant les 20 années suivantes pour finalement diminuer avec le grand âge (figure 74 et annexe 6.13). L'asymétrie moyenne de la population est de 2.4% et ce tubercule a des dimensions plus importantes à droite pour 64.5% d'entre eux, à gauche pour 15.9%, les 19.6% restants ont des tubercules majeurs symétriquement développés.

La robustesse relative de la largeur du tubercule droit pourrait augmenter avec l'activité, tous les groupes ayant une moyenne plus élevée que le groupe des non-actifs, mais cette valeur de « référence » a été établie sur un échantillon de seulement 21 individus.

La mise en parallèle des résultats obtenus pour les deux mesures effectuées sur la région proximale de l'humérus montre une évolution concordante des pourcentages entre les groupes

(figure 78). Les généralistes présentent le degré d'asymétrie le plus important pour les deux valeurs. Le décompte de la répartition bilatérale de l'asymétrie indique que la largeur du tubercule majeur est plus clairement corrélée à la dominance que le diamètre vertical de la tête (respectivement 64.5 et 46.2% de dimensions plus importantes à droite).

6.2.3. *Le radius*

L'asymétrie des mesures linéaires et la répartition bilatérale de cette asymétrie sont données pour l'ensemble de la population et par sous-groupes d'activités dans le tableau de la figure 79. Les statistiques descriptives de ces paramètres en fonction de l'âge sont reportées dans un second tableau (figure 80). Les données concernant le groupe des « gauchers » se trouvent à l'annexe 6.18.

6.2.3.1. Les aires totales des sections transverses

L'asymétrie moyenne des aires des sections de l'ensemble de la population étudiée se situe entre 3.44 et 4.88% au maximum pour la section mesurée à 60% de la hauteur de l'os (r2). Au niveau des sections 1, 3 et 4, environ 67% de la population présentent un côté droit plus développé, pourcentage qui s'élève à 77% pour la deuxième section.

Les aires des sections ne présentent que peu de différences entre groupes d'activités, mais comme pour l'humérus, c'est au niveau des extrémités des diaphyses que les différences sont les plus marquées.

La comparaison des moyennes entre les groupe NA et G suggère que l'activité physique intense entraîne une réduction de l'asymétrie (figure 81), mais les différences ne sont pas significatives. Le groupe NA présente le pourcentage de développement plus important à droite [d >] le plus élevé pour toutes les sections transverses et la répartition bilatérale de l'asymétrie entre les groupes NA (83.3) et S (73.8) au niveau de r2 est significativement différente ($p = 0.034$). On notera encore que pour les sections mesurées dans la partie inférieure du radius (r3 et r4), ce sont les spécialistes qui ont le plus fort taux d'asymétrie.

6.2.3.2. L'asymétrie de la longueur

Les valeurs sont très homogènes pour l'ensemble de la population, la moyenne étant de 0.94% ($n = 178$) avec près de 80% de dimensions plus grandes pour le radius droit.

Cette dimension ne semble absolument pas influencée par l'activité.

6.2.3.3. L'asymétrie des dimensions au maximum de développement de la diaphyse

Les dimensions des diamètres (r6 et r7) « parlent » peu. La valeur de l'asymétrie moyenne des deux diamètres est du même ordre de grandeur (2.45% pour r6as et 2.36% pour r7as). Avec l'activité, cette valeur semble augmenter pour le diamètre médio-latéral et diminuer pour le diamètre antéro-postérieur.

6.2.3.4. L'asymétrie des dimensions de l'épiphyse distale

Le diamètre médio-latéral

Cette région anatomique est relativement mal conservée et les effectifs par groupe sont faibles. Cette asymétrie est légèrement négative pour l'ensemble de la population (-0.47%, $n = 137$), signifiant qu'en moyenne, cette dimension est plus souvent plus développée du côté gauche (44.5% $g >$ pour 32.8% $d >$). Cette valeur est négative pour tous les groupes sauf pour le groupe SL. En faisant abstraction, dans un premier temps, de la taille des groupes, les valeurs indiquent une tendance à un développement plus important du radius droit par la pratique d'une activité spécialisée (figure 82), ce que l'on peut mettre en évidence en comparant la distribution de l'asymétrie plutôt que son intensité ($p = 0.025$).

Le diamètre antéro-postérieur

Cette mesure nécessite la conservation du tubercule dorsal pour être enregistrée et ce petit élément morphologique est souvent érodé par son séjour en terre. Seuls 44% des individus ont pu faire l'objet d'une mesure bilatérale.

Étant donné la faiblesse de la valeur moyenne de l'asymétrie (0.29%), on peut considérer cette dimension comme symétrique pour l'ensemble de la population. Les effectifs autorisant une comparaison, soit les groupes S et A, indiqueraient toutefois que la vie agricole entraînerait une légère augmentation des dimensions de l'extrémité distale du radius droit (figure 83).

6.2.3.5. L'asymétrie de la tête radiale

L'asymétrie moyenne de ces trois dimensions dépasse légèrement 1% pour l'ensemble de la population et cette asymétrie se distribue entre environ 50% de valeurs plus importantes à droite, 30% de têtes symétriques et 20% de valeurs plus importantes à gauche.

On peut laisser de côté le périmètre (r12), d'une part parce que cette mesure est plus délicate à enregistrer, et que d'autre part, elle n'apporte pas d'information supplémentaire.

Le groupe G présente une asymétrie moyenne (2.09%) légèrement supérieure à celle du groupe S (1.11%). L'asymétrie du groupe NA, pour ce que nous laissent voir les 16 individus de ce groupe, est inférieure à ces deux groupes actifs. On peut ainsi penser que l'activité physique contribue à relever le degré d'asymétrie de la tête du radius.

6.2.4. *Évaluation de l'influence d'une activité physique sur l'asymétrie du développement de la morphologie externe*

Un tableau récapitulatif des relations testées et significatives au seuil $\alpha = 0.05$ a été établi pour les trois os étudiés (figure 84). Les différences entre groupes les plus corrélées à l'activité se rapportent aux dimensions de longueur de la clavicule (c4) et à la largeur bicondyalaire de l'humérus.

Des profils des pourcentages d'asymétrie par variable et par groupe d'activités ont été élaborés qui offrent un autre moyen de visualiser et récapituler les résultats obtenus. On a indiqué, pour les variables présentant des différences statistiques, le facteur potentiellement responsable des différences d'asymétrie ou de répartition bilatérale (cpg = charge physique/fonctionnelle globale, cpb = charge physique bilatérale, sp = activité spécialisée) et la direction de la modification morphologique.

6.2.4.1. L'activité physique en général

Non-Actifs vs Généralistes et Spécialistes : l'asymétrie de la longueur des clavicules (c4as) se réduit de manière très significative entre des personnes non actives (NA) et celles soumises à des charges physiques intenses bilatérales, soit les agriculteurs et les manoeuvres (groupe G) (figure 85a). L'activité a également pour effet de réduire l'asymétrie de l'aire totale de la section transversale c3 par rapport à une asymétrie « naturelle » qui est par ailleurs la plus élevée de toutes les variables mesurées. Ici, les deux groupes actifs (G et S) se distinguent des non-actifs. L'activité semble également entraîner une légère diminution de la latéralisation à droite au niveau de la diaphyse du radius (r2as).

Modérément Actifs vs Agriculteurs et Spécialistes Lourds : cette comparaison est plus confortable en termes d'effectifs et amène donc des résultats plus fiables (figure 85b). On peut constater que la clavicule est l'os qui semble le plus « réagir » aux contraintes fonctionnelles entraînées par une vie quotidienne active. Cette confrontation entre modérément actifs et très actifs laisse voir une importante réduction de l'asymétrie pour les dimensions de la longueur (c4as) et de l'aire totale c3 qui vont de pair avec une augmentation de l'asymétrie de la profondeur de la courbure latérale de la clavicule (c5as). L'activité semble également conduire à une augmentation de l'asymétrie de la hauteur de la tête humérale ainsi qu'à une réduction de l'asymétrie de la largeur bicondyloire, celle-ci en relation avec une activité bilatérale. Finalement, la pratique d'une activité spécialisée semble modifier les dimensions de l'épiphyse distale du radius (r8as) : la robustesse du côté gauche est en moyenne plus importante pour les populations rurales et peu actives, alors que pour la population des « spécialistes » astreints à des charges physiques lourdes cette valeur devient très légèrement positive.

6.2.4.2. L'activité physique spécialisée modérée

Spécialistes légers vs Spécialistes Lourds : aucune différence statistique de l'asymétrie des dimensions externes n'existe entre les deux groupes de spécialistes (figure 86a). Les profils des asymétries des mesures de la clavicule diffèrent entre Sl et SL, en revanche, les valeurs mesurées sur l'humérus du groupe Sl copient de très près le profil du groupe SL. Les valeurs indicatives de l'asymétrie du radius présentent des différences avec les autres groupes un peu chaotiques (peut-être en relation avec des effectifs réduits). Le statut intermédiaire de ce

groupe, en termes de contraintes fonctionnelles, se retrouve tout à fait dans l'asymétrie des dimensions externes.

Spécialistes légers vs Non-Actifs et Agriculteurs : seule la dimension d'asymétrie de longueur des clavicules diffère de manière statistique entre le gr SI et les agriculteurs (A) (figure 86b).

6.2.4.3. L'activité physique spécialisée intense

Spécialistes Lourds vs Agriculteurs et Généralistes : la seule intensité de l'activité et l'intensité avec spécialisation ne semblent pas induire les mêmes effets sur les clavicules (figure 87a). L'asymétrie de longueur (c4as) des spécialistes reste proche de celle des groupes peu actifs et est statistiquement différente de celle des généralistes. On peut envisager que la pratique d'une activité spécialisée, qui privilégie l'usage du membre dominant, participe à maintenir une robustesse plus importante de la clavicule droite.

Lors de la comparaison entre non-actifs et actifs, on a vu que la région de la clavicule qui réagit le plus à l'activité est le tiers latéral (c3, c5). En revanche, entre SL et G, c'est la région proximale qui semble s'adapter différemment (c1, c2) : l'asymétrie moyenne du groupe SL est presque deux fois plus grande que celle des groupes A ou G.

Parmi les mesures enregistrées sur l'humérus, l'asymétrie de la largeur bicondyalaire (h7as) se réduit en relation avec l'activité bilatérale des généralistes, réduction qui ne semble pas s'effectuer pour des spécialistes « lourds ».

6.2.4.4. L'activité physique spécialisée

Spécialistes vs Agriculteurs et Généralistes : avec ces groupes fusionnés, on dispose des corpus les plus importants que la collection puisse offrir. Comme on l'a déjà vu plus haut, deux dimensions restent fermement significatives : c4as et h7as. En revanche, les différences au niveau de la région proximale de la clavicule sont moins marquées (figure 87b). D'autre part, les données disponibles indiqueraient des variations au niveau de l'épiphyse distale du radius (r9) – avec une asymétrie positive accentuée pour le groupe G (correspondant à un développement plus important de la dimension antéro-postérieure de l'épiphyse distale du radius droit).

Ainsi, parmi l'ensemble des mesures linéaires examinées, celles de la clavicule sont les plus discriminantes, l'asymétrie de longueur (c4) étant la plus pertinente. La largeur bicondyalaire de l'humérus (h7) est la seconde région qui semble évoluer avec l'activité. Le radius présente peu de modifications statistiques et l'interprétation des résultats de la région anatomique qui semble la plus intéressante, soit l'épiphyse distale, est gênée par une conservation médiocre. Les différences les plus nombreuses s'observent entre actifs et non-actifs. La composante de l'intensité de l'activité plus que celle de la spécialité semble responsable de ces quelques adaptations de la morphologie externe des os.

6.3. Analyse de l'asymétrie des propriétés géométriques des sections transverses

Les résultats sont présentés en trois parties :

- les aires totales et corticales (TA, CA) ainsi que le pourcentage d'aire corticale relativement à l'aire totale (PC)
- les seconds moments de l'aire calculés dans l'axe médio-latéral (I_x) et dans l'axe antéro-postérieur (I_y).
- les seconds moments de l'aire maximum (I_{max}) et minimum (I_{min}).

L'asymétrie des valeurs de J – le moment polaire de l'aire – soit la somme de deux seconds moments de l'aire (I) calculés pour des axes perpendiculaires ne présente pas d'intérêt, le plus souvent, puisqu'elle n'exprime qu'une valeur intermédiaire entre les valeurs perpendiculaires qui ont été additionnées.

6.3.1. L'aire totale, l'aire corticale et le pourcentage d'aire corticale

Schéma d'asymétrie de TA, CA et PC pour l'ensemble de la population

Les résultats de l'analyse, soit la moyenne et la répartition bilatérale de l'asymétrie [$d >$, $d \equiv g$ et $g >$], calculée selon le même principe que pour les mesures linéaires, sont donnés pour l'ensemble de la population et par groupes d'activités (annexes 6.19 - clavicule, 6.20 – humérus, 6.21 - radius). Les valeurs de TA, déjà discutées dans le chapitre précédent, sont reprises afin de saisir la relation entre les aires totales des sections transverses et la quantité d'os cortical.

Une analyse de variance (anova) a été effectuée sur les variables TA, CA et PC en fonction des classes d'âges de 25 ans et décennales. L'asymétrie d'un certain nombre de paramètres évolue significativement avec l'âge (figure 88, statistiques descriptives complètes en annexe 6.22), et particulièrement toutes les aires totales de l'humérus et la section la plus distale de l'humérus (h5). Toutefois, étant donné que les distributions des profils démographiques entre groupes d'activités sont très semblables, à priori souvent, ces différences n'affecteront pas les informations relatives à l'influence de l'activité sur le squelette. Les comparaisons significatives pour l'activité seront systématiquement testées pour la relation à l'âge lors des comparaisons entre les groupes d'activités.

Une représentation des valeurs moyennes calculées pour l'ensemble de la population permet d'en apprécier les caractéristiques générales (figure 89). Un diagramme en bâtons a été élaboré qui suit les sections analysées, de la région la plus proximale de la clavicule jusqu'à l'épiphyse distale du radius (c1 à r4).

L'asymétrie des paramètres TA, CA et PC est maximale pour la clavicule, intermédiaire pour l'humérus et la plus faible pour le radius. L'asymétrie de CA croît linéairement entre la région

proximale et distale des os et, de façon très manifeste pour la clavicule et l'humérus (c1 vers c3, h1 vers h5). L'asymétrie du PC décroît linéairement entre les régions proximale et distale des trois os représentés. On note donc que le PC est corrélé négativement à CA en direction et en intensité.

L'asymétrie du pourcentage d'aire corticale est négative pour toutes les sections (sauf h5) indiquant que l'aire corticale relativement à l'aire totale est plus importante à gauche qu'à droite.

On peut résumer cela de la manière suivante :

$$\begin{array}{lcl} \text{TA droit} & > & \text{TA gauche} \\ \text{CA droit} & > & \text{CA gauche} \\ \text{mais} & \text{PC gauche} & > \text{PC droit} \end{array}$$

À la hauteur du segment anatomique le plus proche de l'axe du corps (c1, h1 dans une moindre mesure pour r1), l'asymétrie de CA est faible et l'asymétrie du PC est importante. À l'autre extrémité des os (h5, r5 surtout), les asymétries de TA et CA sont de même intensité et par conséquent l'asymétrie du pourcentage d'aire corticale est presque nulle. Cela signifie que la robustesse relative des régions proximales gauches est plus importante que celles des sections mesurées plus distalement.

Cette régularité de l'évolution de l'asymétrie est peut-être corrélée à la position relative de la section : plus le bras de levier est important (distance entre articulation et section) plus l'aire corticale à droite augmente – en relation avec la dominance.

Schéma d'asymétrie de TA, CA et PC pour le sous-groupe identifié comme gauchers

Malgré la taille de l'échantillon, on peut tirer certaines généralités de l'examen du diagramme des 20 personnes identifiées comme « gauchères ». Les valeurs pour l'humérus (n = 20) sont toutefois plus indicatives que pour la clavicule (n= 13) ou le radius (n = 16). Les statistiques descriptives sont données en annexe 5.

Les valeurs de TA sont négatives, sauf pour c1, c2 et r4 (figure 89). Les valeurs de CA sont toutes négatives, voire symétriques pour r3 et r4, et ce paramètre est le plus clairement de signe opposé par rapport aux résultats obtenus pour l'ensemble de la population à priori « droitère ». Mais surtout, on ne retrouve pas la corrélation systématiquement négative entre CA et PC, car, dans ce petit groupe, les asymétries des aires corticales sont nettement plus importantes relativement aux aires totales. Cela s'explique mathématiquement : $as_{TA} = as_{CA} - PC$.

6.3.1.1. Évaluation de l'influence de l'activité physique

Des tests de Student bilatéraux ont été utilisés pour comparer les asymétries des paramètres TA, CA et PC ainsi que les répartitions bilatérales entre les groupes d'activités. Un tableau récapitulatif des différences statistiques entre les groupes a été établi (figure 90).

Comparaisons des groupes des non-actifs et des agriculteurs : NA vs A (figure 91a)

Clavicule : les valeurs de l'asymétrie, tant de TA que du PC et plus modérément pour CA, sont réduites pour le groupe des agriculteurs par rapport aux valeurs mesurées pour les non-actifs.

Humérus : on constate que l'asymétrie de CA du groupe A diminue considérablement de h1 à h4 en relation avec une augmentation de l'asymétrie du PC. Ces groupes se distinguent par une différence d'intensité de l'asymétrie (h4 – test de $p = 0.032$) et par une différence de répartition bilatérale de cette asymétrie (h2 - test de $p = 0.023$ rb). 82.4% des individus du groupe NA ont une aire corticale plus développée à droite alors que ce pourcentage s'abaisse à 63.8% dans le groupe A.

Radius : les aires corticales sont également moins asymétriques pour le groupe A que pour le groupe NA. Cette différence est significative pour r1 (test de $p = 0.044$).

On peut lire deux effets de l'activité sur les clavicules des agriculteurs. D'une part, l'asymétrie de TA est moins importante que dans les autres groupes parce que le côté gauche est plus développé, l'activité entraîne donc un développement plus symétrique des aires. D'autre part, l'asymétrie positive de CA augmentant entre c1 et c3, ce paramètre reflète l'activité du côté dominant, comme pour les autres groupes.

La réduction de l'asymétrie de l'aire corticale chez les agriculteurs tout au long de l'humérus et du radius signifie que l'aire corticale gauche est proportionnellement plus développée que la droite. On peut en conclure que des charges physiques intenses et variées sur le squelette induisent une réduction de l'asymétrie des aires corticales.

Comparaison des groupes des non-actifs et des spécialistes « lourds » : NA vs SL (figure 91b)

Clavicule : l'allure des diagrammes est peu différente entre NA et SL avec toutefois un léger renforcement du développement de la clavicule droite (TA et CA) pour le groupe SL au niveau de c1 (différences n.s.).

Humérus : les paramètres examinés ici sont différents entre NA et SL. Le groupe NA est caractérisé par des asymétries de TA et CA de même ordre de grandeur de h1 à h4, indiquant une claire dominance des valeurs de l'humérus droit. Le groupe SL est, quant à lui, caractérisé par des asymétries d'aires corticales faibles ou nettement inférieures à celles de NA, en relation avec des pourcentages d'asymétrie de CA très négatifs. Les différences d'asymétrie sont statistiquement significatives pour h2 (CA : $p = 0.009$, PC : $p = 0.006$), h3 (CA : $p =$

0.004, PC : $p = 0.006$) et de répartition bilatérale de l'asymétrie au niveau de h4 (CA : $p = 0.035$ rb).

Radius : les différences observées au niveau du radius vont dans le même sens mais d'une manière moins marquée. Les aires corticales du radius droit sont proportionnellement plus développées pour le groupe NA que pour le groupe des spécialistes SL. La différence de répartition bilatérale au niveau de l'aire corticale de r2 est statistiquement significative entre les groupes NA et SL (test de $p = 0.007$ rb, NA : $d > = 76.7\%$, SL : $d > = 53.8\%$). Par ailleurs, la comparaison des groupes SL et MA montre également une différence significative à la hauteur de r4, tant en ce qui concerne CA que le PC (figure 90).

6.3.1.2. À retenir

La région anatomique qui semble s'adapter le plus à l'activité est la diaphyse humérale au niveau des sections à 60, 50 et 35% de la hauteur totale. La pratique d'une activité physique, et ce d'autant plus si elle est spécialisée et intense, semble avoir pour effet de réduire l'asymétrie des aires corticales, pour des asymétries des aires totales qui restent d'intensité à peu près comparable entre les groupes. Cela indique que les diaphyses gauches des os ont proportionnellement construit plus d'os cortical que les sections droites.

On a pu voir que les régions qui se modifient avec l'activité sont les mêmes, que l'on considère le groupe des agriculteurs ou celui des spécialistes, mais les différences sont nettement plus marquées entre ces derniers et les non-actifs.

Si l'on considère les non-actifs comme représentatifs des caractéristiques constitutionnelles « naturelles », l'activité d'une vie quotidienne rurale réduit tous les paramètres.

6.3.1.3. Évaluation de l'effet de la pratique d'une activité spécialisée

Comparaison des groupes des agriculteurs et des spécialistes : A vs SL (figure 92)

Alors qu'actifs et non-actifs se différencient par de nombreux paramètres mesurés sur l'humérus et le radius, généralistes et spécialistes se distinguent par quelques variations de proportions sur la clavicule et le tiers proximal de l'humérus.

Clavicule : à la hauteur de c2, le groupe SL se particularise par une asymétrie positive de TA importante et par une asymétrie de CA modeste, indiquant une forte asymétrie des proportions entre aire totale et aire corticale entre les sections droites et gauches (PC = -7.2). Cette mesure est statistiquement différente du résultat du groupe A ($p = 0.014$). Ce fort développement de l'aire totale indique que la robustesse de la clavicule des spécialistes est particulièrement renforcée à droite.

Humérus : le tiers supérieur de la diaphyse diffère entre ces groupes A et SL par la répartition bilatérale de l'asymétrie du PC (h1 : $p = 0.014$, h2 : $p = 0.041$). On a vu que la proportion d'aire corticale plus importante du côté gauche [PC < 0] est la valeur normale pour

l'ensemble de la population. Le nombre d'individus avec une aire corticale proportionnellement plus importante à gauche est nettement plus élevé parmi les spécialistes « lourds » que parmi les agriculteurs. Ainsi, pour cette dimension, les spécialistes ont des caractéristiques plus « droitières » que les agriculteurs. Les résultats détaillés sont repris à la figure 93.

Radius : les dimensions des aires totales et corticales semblent se répartir à peu près de la même manière entre les membres gauches et droits pour les deux groupes d'activités (l'asymétrie du PC est faible). On remarquera toutefois que le PC suit une évolution inversée entre la région proximale et la région distale : l'asymétrie décroît dans le groupe des agriculteurs et elle croît chez les spécialistes.

6.3.1.4. À retenir

Généralistes et spécialistes se distinguent par quelques variations de proportions sur la clavicule et le tiers proximal de l'humérus. Une lecture globale du diagramme pour les 3 sections de la clavicule montre que le groupe A présente une asymétrie générale nettement réduite par rapport au groupe SL. On est tenté de faire la relation entre une activité « généraliste » qui induit un développement plus symétrique des diaphyses qu'une activité spécialisée. Cela conduit à l'amplitude de l'asymétrie cumulée la plus importante de tous les groupes d'activités que nous avons pu confronter. Bien que moins évident, c'est également le cas pour l'humérus.

6.3.2. Les seconds moments de l'aire, I_x et I_y

Les résultats de l'analyse, soit la moyenne et la répartition bilatérale de l'asymétrie [$d >$, $d \approx g$ et $g >$], sont donnés pour l'ensemble de la population et par groupes d'activités en annexes 6.24 - clavicule, 6.25 – humérus et 6.26 - radius.

Schéma d'asymétrie de l'ensemble de la population

Une représentation de valeurs moyennes de I_x et I_y calculées pour l'ensemble de la population sous la forme d'un diagramme qui suit les sections analysées, de la région la plus proximale de la clavicule jusqu'à l'épiphyse distale du radius (c1 à r4), permet de visualiser leurs caractéristiques générales (figure 94a).

Toutes les asymétries, largement positives (min 4%, max 12%), indiquent que I_x et I_y sont plus développés pour le membre supérieur droit. Comme pour les aires totales et corticales, l'amplitude de l'asymétrie globale est la plus grande pour la clavicule, elle est intermédiaire pour l'humérus et la plus réduite pour le radius.

Clavicule : les déviations standard des valeurs de l'asymétrie sont très élevées, en relation avec la grande variabilité de la morphologie de cet os comme cela a déjà été mentionné (annexe 6). La valeur de I_x est stable alors que l'asymétrie de I_y augmente de c1 vers c3.

Humérus : l'amplitude de l'asymétrie entre les deux propriétés est relativement identique de h1 à h3, alors qu'elle est plus importante pour I_y par rapport à I_x pour les deux dernières sections (h4 et h5). Ainsi, la résistance à la flexion dans l'axe I_y est proportionnellement plus développée à droite que la valeur mesurée dans l'axe I_x .

Radius : une asymétrie légèrement plus importante des deux paramètres caractérise la section r2 par rapport aux trois autres mesurées.

Schéma d'asymétrie pour le sous-groupe identifié comme « gauchers » (figure 94b)

Dans ce petit groupe de « gauchers », les asymétries sont un miroir des asymétries du reste de la population, sauf pour les sections proximales de la clavicule et distales du radius, comme on a déjà pu le constater avec l'évaluation des aires totales et corticales (figure 6.35 et annexe 6.27). Il ne faut toutefois pas s'attacher aux valeurs spécifiques de chaque paramètre étant donné les effectifs réduits.

6.3.2.1. Évaluation de l'influence d'une activité physique

Un tableau récapitulatif des différences statistiques des comparaisons effectuées entre les groupes d'activités a été établi (figure 95).

Comparaisons des groupes des non-actifs et des agriculteurs : NA vs A (figure 96a)

Clavicule : l'amplitude de l'asymétrie de c1 à c3 est plus importante pour le groupe NA que pour le groupe A. La différence n'est à la limite de la signification que pour c3as I_x ($p = 0.072$).

Humérus : le schéma des diagrammes est relativement similaire, mais l'activité semble toutefois avoir pour effet de limiter l'asymétrie du développement antéro-postérieur (toutes les valeurs de I_x sont plus petites pour A que pour NA). À la hauteur de h2, le nombre d'individus du groupe NA présentant une asymétrie plus élevée à droite de I_x est significativement plus important que celui des individus du groupe A (NA : $d \geq 94.1\%$, A : $d \geq 85.5$, $p = 0.030$).

Radius : le même type de modification peut être relevé au niveau de la deuxième section du radius (r2 : NA : $d \geq 93.1\%$, A : $d \geq 76.8\%$, $p = 0.016$).

Comparaisons des groupes des non-actifs et des spécialistes : NA vs SL (figure 96b)

Les régions anatomiques qui diffèrent entre NA et A (h2as I_x et r2as I_x) sont les mêmes qui divergent entre NA et SL à la nuance près que les tests sont plus significatifs entre ces deux derniers groupes. Particulièrement, à la hauteur de r2, alors que 93.1% des individus du groupe NA ont une valeur de I_x plus importante à droite, seulement 59% des spécialistes présentent la même caractéristique ($p = 0.000$). De plus, la répartition bilatérale de I_x au niveau de h4 (h4as I_x) est statistiquement plus importante à droite pour le groupe NA que pour le groupe SL (NA : $d > 85.7\%$, SL : $d > 63.4\%$, $p = 0.027$).

6.3.2.2. Évaluation de l'effet de la pratique d'une activité spécialisée

Comparaisons des groupes des agriculteurs et des spécialistes : A vs SL (figure 94c)

L'amplitude de l'asymétrie des deux paramètres de la clavicule est plus importante pour le groupe SL que pour le groupe A. La différence d'asymétrie à la hauteur de c1 pour I_y est proche de la signification statistique ($p = 0.064$, A = 4.11%, SL = 15.16%) et par ailleurs significative entre G et SL (figure 95). Ainsi, les spécialistes montrent surtout un développement de l'axe de résistance à la flexion dans le plan supéro-inférieur ($I_y d > I_y g$) plus important à droite que les agriculteurs.

Seule une section de l'humérus laisse voir une organisation morphologique légèrement différente. 85.4% des individus du groupe SL présentent une asymétrie plus importante à droite et ce pourcentage se réduit à 77.6% pour le groupe A ($h4asI_y rb$, $p = 0.051$).

6.3.2.3. À retenir

Les seconds moments de l'aire I_x et I_y ont une relation forte avec la dominance.

Les valeurs de I_x pour les sections h2, h4 et spécialement r2 (test significatif pour $p < 0.001$) sont mises en évidence par l'analyse de l'asymétrie de ces propriétés géométriques comme susceptibles de varier par l'effet de l'activité. Ces indices signalent des variations de répartition bilatérale plutôt que des différences de quantité d'asymétrie. On constate globalement une réduction de l'asymétrie qui parle en faveur d'un renforcement de l'humérus gauche lié à la pratique d'une activité physique intense. On a vu que l'âge est un facteur qui n'influence pas significativement l'asymétrie de ces paramètres. On ne distingue que peu d'adaptations particulières de la morphologie entre la pratique d'une activité spécialisée intense et les contraintes imposées par la vie d'agriculteur. Il se pourrait que l'amplitude de l'asymétrie de la clavicule des spécialistes soit plus importante que celle des agriculteurs.

6.3.3. Les seconds moments de l'aire maximum (I_{max}) et minimum (I_{min})

Les résultats obtenus pour les axes de résistance à la flexion maximum et minimum seront passés en revue rapidement, étant donné que, selon la forme des sections, les informations obtenues par I_x et I_y et I_{max} et I_{min} sont très similaires. La comparaison des diagrammes élaborés pour l'ensemble de la population et pour le petit groupe des « gauchers » permet aisément de s'en rendre compte (figure 97a et b). Seuls les éléments nouveaux seront mentionnés. Les statistiques descriptives et la répartition bilatérale de l'asymétrie [$d >$, $d \approx g$ et $g >$] sont données pour l'ensemble de la population sans gauchers et par groupes d'activités en annexes 29, 30 et 31, et celles du sous-groupe des « gauchers » en annexe 32.

L'activité physique influence-t-elle les propriétés géométriques I_{max} et I_{min} ?

À la lecture des diagrammes comparatifs entre les données des groupes non-actifs (NA) et des agriculteurs (A), il apparaît que la répartition bilatérale de l'asymétrie de I_{min} au niveau de c3

diffère sensiblement (figure 98a). Pour près de 74% des non-actifs, cette propriété est plus importante à droite, alors que cette proportion s'abaisse à 60% chez les agriculteurs (NA : $d > = 73.3\%$, A : $d > = 57.9\%$, $p = 0.007$). On aurait là, un indice supplémentaire de la relation entre variation de la latéralité et activité physique intense.

Entre les groupes non-actifs et les spécialistes SL, la différence de répartition bilatérale au niveau de la deuxième section du radius est présente comme pour l'examen des variables I_x et I_y (figure 98b).

L'activité physique spécialisée influence-t-elle les propriétés géométriques I_{max} et I_{min} ?

La différence d'amplitude des variables au niveau de la première section de la clavicule paraît importante, mais les différences entre les groupes pour les variables I_{max} et I_{min} prises isolément ne sont pas significatives (figures 97c et 99). En revanche, l'asymétrie du moment polaire de l'aire J diffère légèrement entre les groupes A et SL ($p = 0.048$), dont voici les résultats (%) détaillés (extrait de l'annexe 29) :

	n	moy	ds	d >	d $\approx$ g	g >
c1asJMM						
gr A	57	7.20	17.0	59.6	8.8	31.6
gr SL	32	14.78	17.6	84.4	0.0	15.6
gr MA	50	10.12	16.4	78.0	4.0	18.0

On constate que l'asymétrie de J est plus importante chez les spécialistes et va de paire avec une proportion d'individus latéralisés à droite nettement supérieure. Il n'est pas inintéressant de situer les personnes modérément actives (MA), représentatives d'une structure osseuse modestement influencée par l'activité, par rapport à ces deux groupes très actifs. Il semblerait que les agriculteurs « dérivent » vers plus de symétrie et les spécialistes vers plus d'asymétrie.

6.3.4. Éléments de conclusion

En multipliant ainsi les paramètres de l'analyse, soit les propriétés géométriques, les sections transverses et les relations entre groupes d'activités, on se trouve face à une grande variété de réponses et de situations qu'il devient ardu de démêler. Ce n'est qu'un moment transitoire, le chapitre faisant la synthèse de ces parties exploratoires (chapitre 7) contribuera à mettre en lumière les informations essentielles. On peut toutefois retenir que l'asymétrie des propriétés géométriques permet de mettre en évidence des adaptations structurelles en relation avec l'activité. Les deux informations relatives à l'asymétrie avec lesquelles nous travaillons, soit les moyennes directionnelles et les répartitions bilatérales, contribuent à mettre en évidence des divergences entre les groupes. Chaque type d'os présente quelques particularités, mais les paramètres analysés sur le radius sont les plus homogènes entre les groupes et l'humérus est l'os qui montre le plus de différences. Parmi les propriétés analysées, l'asymétrie des surfaces des sections transverses (aires totales, corticales et le pourcentage d'aire corticale) sont celles qui présentent le plus le grand nombre d'indices de différences morphologiques entre les

groupes. On a vu que des charges physiques intenses et variées sur le squelette induisent une réduction de l'asymétrie des aires corticales et, si l'on considère les non-actifs comme représentatifs d'une morphologie peu contrainte, les activités accomplies au cours d'une vie quotidienne rurale auraient tendance à réduire l'asymétrie du membre supérieur. Les asymétries des seconds moments de l'aire (I_x , I_y , I_{max} et I_{min}) n'apporte que peu d'informations, les différences entre les groupes étant ténues.

La représentation des paramètres du sous-groupe des « gauchers » montre très clairement la cohérence de ces variables avec la proposition énoncée quant à la latéralisation dominante de ces personnes. Pour les individus de la collection SIMON, les indicateurs de résistance à la flexion ne montrent que peu de modifications à mettre en relation avec une adaptation fonctionnelle.

6.4. Analyse de la géométrie des sections transverses

L'asymétrie des seconds moments de l'aire I_x , I_y et I_{max} , I_{min} a été explorée dans le chapitre précédent. C'est maintenant le résultat du rapport de ces propriétés qui est analysé afin d'investiguer les variations de forme des sections transverses en relation avec l'activité. Les résultats seront examinés indépendamment pour le côté gauche et pour le côté droit (cela est possible ici dans la mesure où les rapports, par définition, standardisent les dimensions) ainsi que pour l'asymétrie bilatérale.

Les variables examinées sont :

- les rapports des seconds moments de l'aire dans les plans antéro-postérieur et médio-latéral : I_x/I_y
- les rapports des seconds moments de l'aire maximum et minimum : I_{max}/I_{min}
- l'orientation du second moment de l'aire maximum donnée par l'angle θ

6.4.1. Analyse des rapports des propriétés géométriques I_x/I_y et I_{max}/I_{min}

Rappelons que le rapport I_{max}/I_{min} est à la fois un indice de la résistance relative à la flexion dans deux plans (relative bending strength in two planes) et un indice de la distribution relative de l'aire de la section en deux dimensions. Comme tel, il fonctionne comme l'interprétation biomécanique de la forme de la section transverse (Ruff 1981, p. 169).

6.4.1.1. La forme des sections de l'ensemble de la population

Les statistiques descriptives des valeurs mesurées à gauche, à droite et pour l'asymétrie, ainsi que la répartition bilatérale (%) des rapports sont données dans les annexes 6.32 à 6.37, pour la population totale et par groupe d'activités.

Les valeurs moyennes des rapports I_x/I_y et I_{max}/I_{min} gauches et droits de la population sans « gauchers » ont été représentées par un diagramme en bâtons (figure 100). Les côtés droits (D) et gauches (G) sont placés en parallèle et l'on peut constater qu'à quelques exceptions près, les moyennes des rapports sont très proches. Certaines sections de l'humérus sont en moyenne relativement arrondies (ligne rouge marquée sur le diagramme pour un rapport de 1.0), mais pas spécialement h4 à 35% de la hauteur, dont on a beaucoup dit dans la littérature qu'elle était relativement circulaire. Cela autorise une extrapolation des propriétés géométriques à partir de données incomplètes fournies par des radiographies biplanaires. On reviendra à la figure 21, chapitre 5.1.3.1, pour une illustration de la forme des sections en fonction des axes x et y (colonne – moyenne de la population) et à la figure 22 pour visualiser les formes de I_{max} et I_{min} .

La représentation des moyennes du petit groupe des « gauchers » sur la même figure que l'ensemble de la population (figure 100) permet de constater que la géométrie des sections est un paramètre qui ne permet pas de distinguer les caractéristiques des droitiers de celles des « gauchers » potentiels. Les valeurs mesurées pour ce petit groupe ont été reportées en

annexes 43 à 45. Nous continuons, cependant, à écarter le groupe des « gauchers ». En effet, des analyses de variance (anova) ont été menées sur les groupes avec et sans « gauchers », et les résultats ne sont pas équivalents. D'une manière générale, conformément à ce que nous avons mis en évidence pour les approches précédentes, les tests sont plus significatifs lorsque la population n'est pas sélectionnée (avec « gauchers ») et nous préférons écarter une source potentielle de biais dans les résultats.

L'évolution de ces paramètres avec l'âge (par classe d'âges décennales et par classe de 25 ans) a été évaluée à l'aide d'une analyse de variance (anova). Quelques variables évoluent avec l'âge à la hauteur de la section h3 de l'humérus et r4 du radius (figure 101), mais aucune n'étant également corrélée à l'activité, nous n'y avons pas porté une attention particulière. Les statistiques descriptives de ces paramètres en fonction de l'âge sont données dans l'annexe 6.42.

Plus que détailler les caractéristiques de la population en général, notre « quête » nous conduit surtout à débusquer des éléments structurels susceptibles de varier sous l'effet de l'activité physique.

6.4.1.2. Évaluation de l'influence de l'activité physique

Des tests de Student bilatéraux ont été utilisés pour comparer les asymétries des paramètres I_x/I_y et I_{max}/I_{min} ainsi que les répartitions bilatérales entre les groupes d'activités. Un tableau récapitulatif des différences statistiques entre les groupes a été établi (figure 102).

La forme des sections à gauche et à droite dans les plans x et y

Une représentation un peu particulière du rapport I_x/I_y pour les 4 groupes d'activités principaux a été élaborée pour tenter de simplifier l'appréciation globale de l'effet de l'activité (le détail de cet artifice est donné en annexe 6.41). Le but de la représentation (figure 103a et b) est de considérer les résultats obtenus pour les groupes actifs en fonction de ceux du groupe des non-actifs – NA. Ainsi, les résultats obtenus pour chacune des sections du groupe NA ont été en quelque sorte « mis à zéro » et placés sur une ligne horizontale fictive. Ce qu'il nous intéresse de visualiser est la différence relative entre ces personnes n'ayant pas accompli quotidiennement de tâches pénibles (NA – groupe gris) et les personnes actives. Les résultats supérieurs à cette ligne horizontale fictive indiquent, toujours relativement, que l'activité tend à augmenter la valeur de I_x , et qu'en termes de forme, la section tend à avoir un axe antéro-postérieur plus développé. Inversement, si la valeur se trouve en dessous de la ligne fictive, la section tend à devenir plus développée dans l'axe médio-latéral.

Les résultats statistiquement significatifs sont signalés par un astérisque pour les tests de t compris entre $p < 0.1$ et $p \geq 0.01$ et par la valeur du test pour $p < 0.01$. Les données détaillées (n, moy, ds, min, max) se trouvent dans les annexes 6.32, 6.34 et 6.36.

Côté gauche (figure 103a) : l'axe antéro-postérieur des sections gauches des humérus à 60% (h2) est plus développé sur le squelette des spécialistes (SL = 1.18) que sur celui des modérément actifs (SI = 1.08, NA = 1.13) et la valeur de $p = 0.031$.

La région anatomique la plus intéressante pour les os du côté gauche est celle du coude : l'activité semble faire évoluer de concert la région la plus distale de l'humérus (h5) et les sections proximales du radius (r1 et r2). Les personnes actives, surtout les agriculteurs, présentent un diamètre médio-latéral plus développé au niveau de h5 et un diamètre antéro-postérieur plus important au niveau de r1 et r2 que les non-actifs. On peut voir que cette différence est encore présente au niveau de la troisième section du radius (40%) mais de manière moins marquée (test de t non significatif).

Côté droit (figure 103b) : les différences entre les groupes d'activités pour le côté droit sont peu nombreuses. La section des humérus (h5) des groupes très actifs tend à être plus développée dans le plan médio-latéral, comme pour le côté gauche. La section au niveau de h4 pourrait suivre la même tendance en relation avec une activité spécialisée intense (SL vs NA, $p = 0.072$).

L'asymétrie de la forme des sections dans les plans x et y

Les résultats (moyennes de l'asymétrie en %) sont illustrés par des diagrammes en bâtons pour les principales relations qui nous intéressent : comparaison entre agriculteurs et non-actifs et entre spécialistes et non-actifs.

Agriculteurs vs Non-Actifs : des sections statistiquement différentes entre les non-actifs et agriculteurs s'observent au niveau de la clavicule - c2 ($p = 0.042$) et du radius - r2 ($p = 0.011$), et proches de la signification statistique au niveau de l'humérus pour h2 ($p = 0.084$) et h4 ($p = 0.097$) (figure 103c). En termes de conformation des sections, les différences des moyennes d'asymétrie peuvent être traduites par des différences de proportions des formes dans les six catégories que nous avons proposées au chapitre des méthodes (chapitre 5.3.1.). On voit à la figure 104 (extrait de l'annexe 6.38), qu'au niveau de c2, la forme [Ix d >] est plus fréquente dans le groupe des NA et [Ix g >] plus représentée dans le groupe des agriculteurs. À quelques nuances près, il se passe la même chose au niveau de la section r2.

Spécialistes Lourds vs Non-Actifs : des différences statistiques entre les sections des groupes NA et SL s'affichent au niveau de h2 et r1 et de manière particulièrement claire pour r2 ($t = 0.001$) (figure 103d). Pour cette dernière variable, la répartition des formes dans les catégories que nous avons proposées au chapitre des méthodes (5.1.3.1.) permet de voir concrètement à quoi correspond cette différence d'asymétrie (figure 104). Si l'on somme les trois premières catégories pour lesquelles soit « Ix d > » soit « Iy d > », 60% de la population des spécialistes en font partie alors que cela représente 93.1% de la population des non-actifs. Les différences entre les sections h1 et h4 sont également proches de la signification

statistique. Cela représente une situation supplémentaire illustrant la diminution de la latéralisation du bras droit en relation avec des sollicitations mécaniques importantes.

C'est entre ces deux groupes que les variations de forme sont les plus marquées : on remarquera qu'à l'exception de la section h5, toutes les moyennes sont différentes : l'asymétrie de 9 sections sur 12 est positive pour NA alors que 10 sections sur 12 sont négatives pour SL. Il est vrai que la variabilité des formes, que nous avons évoquée plus haut, engendre une très importante variabilité de l'asymétrie (cf. les déviations standard) ce qui explique que ces différences ne sont pas toutes significatives.

La forme des sections à gauche et à droite en fonction de I_{max} et I_{min}

L'examen des propriétés géométriques dans les plans de la résistance maximale et minimale à la flexion apporte de nouvelles informations. Les données détaillées (N, moy, ds, min, max) se trouvent dans les annexes 6.33, 6.35 et 6.37.

Côté gauche (figure 105a) : la région du squelette qui semble le plus réagir à l'activité parmi les segments analysés est la section à 60% de la hauteur de la clavicule (c3). Tous les groupes actifs se démarquent très clairement du groupe NA au niveau de c3, et cette différence s'amorce déjà au niveau de c2. En ce qui concerne l'humérus, seuls les agriculteurs se différencient des non-actifs au niveau de h3 et h5. Finalement au niveau des sections du radius, r2 et r4, l'activité physique intense (SL vs MA pour r2 et A vs MA pour r4) pourrait induire quelques modifications de la géométrie des sections.

Côté droit (figure 105b) : les différences mesurées sur la clavicule gauche sont également présentes sur la clavicule droite. L'activité contribue à réduire le rapport I_{max}/I_{min} (NA = 2.49, A = 2.25, SL = 2.06). Très globalement, la section des clavicules tend à s'arrondir, la différence entre I_{max} et I_{min} s'amenuisant. Au niveau de la section à 20% de la hauteur de l'humérus, h5, la valeur du rapport augmente avec l'activité (I_{max} augmente). La région distale du radius pourrait être modifiée par une activité physique intense tout comme le côté gauche (légère différence entre très actifs et modérément actifs).

L'asymétrie de la forme des sections en fonction de I_{max} et I_{min}

Deux sections diffèrent statistiquement entre non-actifs et actifs (agriculteurs comme spécialistes) dans l'asymétrie de leur forme : au niveau de h3 pour l'humérus et au niveau de r2 pour le radius (figure 105a, c, d et 106).

La forme « $I_x d$ » de la section h3 est plus représentée pour le groupe NA que pour les groupes actifs et l'inverse est vrai pour la forme « $I_y d$ », ce que nous avons tenté d'illustrer par les formes des sections à la figure 106.

Au niveau de r2, étant donné que l'orientation du plus grand axe est souvent proche de la mesure du second moment de l'aire dans le plan médio-latéral (I_y), l'analyse des I maximum et minimum fournit une information proche de celle obtenue pour I_x et I_y . La distribution des formes dans les 6 catégories proposées pour l'analyse est passablement divergente entre

groupes actifs et non-actifs : la forme « $I_{\max d} >$ et $I_{\min g} >$ » représente 60% des non-actifs, mais seulement 30 à 40% des actifs.

6.4.1.3. À retenir

L'analyse des données en fonction d'axes fixes, les axes I_x et I_y , laisse percevoir de plus nombreuses différences au niveau du côté gauche que du côté droit, alors que par l'examen des modifications en fonctions des axes maximum et minimum, les deux côtés semblent réagir de façon similaire.

Certaines régions se caractérisent par une absence totale de différence entre groupes d'activités. C'est le cas de la géométrie des sections c1, h1 et r3. En revanche, la deuxième section du radius (r2) scannée à 60% de la hauteur de l'os, présente des différences statistiquement significatives à seuil $\alpha = 0.01$. Les actifs et non-actifs se distinguent aussi bien dans les plans x et y que max et min, géométriquement proches comme nous l'avons expliqué plus haut.

On peut probablement considérer l'information au niveau de la première sections du radius (r1) comme également pertinente dans la mesure où des différences sont significatives pour le côté gauche seul (I_x/I_y – figure 103a) et pour l'asymétrie. Ainsi, la principale région anatomique qui semble évoluer avec l'activité en fonction des paramètres analysés est la moitié proximale du radius.

Les clavicules gauches et droites, au niveau de c3, et probablement aussi c2, voient leur géométrie se modifier avec les charges physiques, ainsi que l'extrémité distale de l'humérus.

Il se dégage de manière constante de diverses distinctions mises en évidence par les tests statistiques que ce sont essentiellement des modifications sur les sections gauches qui expliquent la différence entre les groupes d'activités, que ce soit en termes de direction générale de l'asymétrie ou par la répartition des formes dans les six classes que nous avons créées. Tout le monde utilise son bras droit et c'est par l'emploi du bras gauche que les actifs se distinguent des non-actifs.

Nous avons signalé que la mesure de l'asymétrie montre des divergences pratiquement pour toutes les sections entre non-actifs et actifs, bien que seules quelques-unes d'entre elles le soient de manière statistique. La somme des asymétries des rapports de I_x / I_y calculée par groupe d'activités s'ordonne d'une manière qui pourrait être tout à fait compatible avec la somme des efforts que nous prêtons à chaque type de vie quotidienne :

$$\sum a_{I_x I_y} \text{ de c1 à r4 : SL} = -23.35\% , \text{ SI} = -14.9\% , \text{ A} = -8.0\% , \text{ NA} = 24.2\% .$$

Nous trouvons à une extrémité, les spécialistes dont l'activité implique des gestes répétitifs très astreignants physiquement (SL) et, de l'autre, le groupe des personnes les moins susceptibles d'avoir effectué des tâches physiques importantes (NA).

6.4.1.4. Évaluation de l'effet de la pratique d'une activité spécialisée

La forme des sections à gauche et à droite dans les plans x et y

Cette analyse est illustrée de la même manière que précédemment à la différence que les deux sous-groupes des spécialistes (SL et SI) sont examinés en fonction du groupe des agriculteurs (A). Cette fois, ce sont les résultats obtenus pour chacune des sections du groupe A qui ont été « mis à zéro » et placés sur une ligne horizontale fictive afin de visualiser la différence relative entre généralistes et spécialistes. Pour rappel, les données détaillées se trouvent dans les annexes 6.33, 6.35 et 6.37.

Le sous-groupe SI est l'échantillon « faible » en termes d'effectif. L'élimination d'un certain nombre d'individus* a réduit les mesures disponibles pour le radius. Les valeurs moyennes présentées sont donc indicatives et ce groupe n'a pas fait l'objet de tests statistiques avec les autres groupes. Ses données sont prises en compte dans le super-groupe des spécialistes (S).

Les valeurs moyennes tiennent dans un mouchoir de poche ! Aucune différence n'est statistique au seuil de $p < 0.05$; nous avons toutefois signalé par « $p < 0.1$ », les tests de t proches de la signification statistique (figure 107a et b).

Les écarts de moyennes entre A et SL sont de même direction pour les deux côtés, mais leurs amplitudes sont légèrement différentes.

Côté gauche (figure 107a) : les distances apparentes les plus importantes entre A et SL se situent sur l'humérus, de la section 2 à la section 4, mais la seule variation entre groupes proche de la signification statistique se situe à la hauteur de la deuxième section (h2). L'axe antéro-postérieur serait, en moyenne, plus développé dans le groupe des spécialistes.

Côté droit (figure 107b) : le groupe SL présente à la hauteur de la première section de la clavicule (c1) une moyenne du rapport I_x/I_y nettement inférieure à celle des agriculteurs, mais elle n'est pas significativement distincte. Les valeurs droites du groupe SL pour le radius montrent plus de divergence avec les agriculteurs que pour le radius gauche (test de t non significatif). Finalement, seule une légère variation distingue les groupes au niveau de la section h4 ($p < 0.1$).

L'asymétrie de la forme des sections dans les plans x et y

L'analyse de l'asymétrie des seconds moments de l'aire dans les plans x et y, entre groupes actifs, ne laisse voir aucune différence qui permettrait de mettre en évidence un effet particulier d'un type d'activité (figure 107c). Toutefois, il faut s'interroger sur la signification des différences, bien que non statistiques, mais répétées tout au long des sections qui ont été analysées. Les valeurs de l'asymétrie sont inversées au niveau des sections de la clavicule, tout comme pour la moitié proximale de l'humérus. Les asymétries mesurées sur le radius

* L'étude du radius dans les plans x et y a nécessité d'opérer à une élimination des individus dont le positionnement des os au scanner était douteux. Les effectifs habituels de ce groupe sont déjà légèrement en dessous de l'échantillon représentatif statistique requis.

sont de même direction mais avec des intensités bien différentes entre les agriculteurs et les spécialistes.

La forme des sections à gauche et à droite en fonction de I_{max} et I_{min}

L'échantillon S1 est toujours relativement réduit, mais il a « récupéré » le maximum des individus possibles pour l'analyse du radius ($n = 24$ à 26).

À la lecture de la représentation des moyennes, le premier élément frappant est l'homogénéité des valeurs plutôt que leurs divergences. Parmi les quelques minimales différences, les seules qui soient faiblement appuyées par la statistique ($p < 0.1$), entre les groupes A et SL, se trouvent au niveau des sections de l'humérus à mi-hauteur de la diaphyse (h3) pour les deux côtés et h4 pour le côté droit seul (figure 108a et b).

L'asymétrie de la forme des sections en fonction de I_{max} et I_{min}

On constate tout d'abord que plusieurs sections présentent des valeurs proches entre agriculteurs et spécialistes (figure 108c), il s'agit de c1, c2, h1, h3 ou r4.

La différence apparente au niveau de la section c3 n'est pas significative.

L'examen de l'asymétrie de forme des sections ne montre qu'une seule différence statistique (au seuil $\alpha = 0.05$) à la hauteur de la section transversale h5 entre les agriculteurs et l'ensemble des spécialistes S ($p = 0.032$ rb). La répartition respective des individus des groupes A et S dans les classes de notre « catalogue » de formes explique cette divergence (principales contributions en rouge dans le tableau) et non la différence de moyenne de l'asymétrie (figure 106).

Ainsi, l'analyse des données dans les plans des I_{max} et I_{min} ne donne pas d'indication pertinente qui permettrait de voir un développement particulier des diaphyses en fonction d'activités physiques plutôt variées ou plutôt spécifiques.

6.4.1.5. À retenir

L'information qui prime est que la dichotomie entre activités de type généraliste et de type spécialisée n'est pas clairement lisible dans la forme des sections.

Les quelques variations de forme des sections perceptibles entre les agriculteurs et les spécialistes se situent au niveau de l'humérus (h2 à h5).

6.4.1.6. Éléments de synthèse et commentaires

De nombreux éléments indiquent que l'activité physique en général tend à modifier la géométrie des sections, ce que la comparaison des groupes actifs et non ou peu actifs, a permis de mettre en évidence. La moitié proximale du radius (r1 et r2) est la région anatomique qui montre le plus clairement l'effet de l'activité. Ce sont essentiellement des modifications sur les sections gauches qui expliquent les différences entre les groupes soumis à l'analyse.

Il n'y a aucune distinction marquée sur la forme des sections entre des gens ayant pratiqué une activité spécialisée, à priori nécessitant l'usage plus marqué du côté dominant, et les agriculteurs. En revanche, les quelques différences mises en évidence par l'analyse sont concentrées sur la diaphyse de l'humérus, de h2 à h5.

La géométrie des sections est un paramètre indicatif de l'activité physique importante en général, mais elle n'apporte qu'un faible éclairage en relation avec l'effet de la pratique d'une activité spécialisée.

L'inconvénient d'un système descriptif en six catégories est que la taille des groupes ne rend pas très fiable une subdivision aussi importante. En revanche, à l'échelle de la population entière, il représente certainement un outil descriptif intéressant.

6.4.2. *Analyse des valeurs de l'angle θ , orientation de I_{max}*

6.4.2.1. L'orientation de I_{max} pour l'ensemble de la population

L'orientation de I_{max} présente d'importantes variations interindividuelles et pour la plupart des sections étudiées ici, les valeurs se répartissent sur l'ensemble du spectre possible (180°), à l'exception des sections h5 et r2 à r4. Les statistiques descriptives de ces variables sont données en annexes 6.46 à 6.48. L'illustration des données individuelles de AIG20 (figure 109) et BIE28 (figure 110), tout deux agriculteurs, donne un aperçu de l'aspect disparate de la mesure de I_{max} . Entre ces deux sujets, on notera particulièrement les discordances au niveau des clavicules et de la moitié proximale de l'humérus.

Malgré la variabilité de l'orientation de I_{max} entre les individus, plusieurs arguments autorisent à penser que les moyennes obtenues sont représentatives (figure 111). Les effectifs de la population totale sont importants, ils s'échelonnent entre 163 et 173 pour la clavicule, 195 et 202 pour l'humérus et 185-192 pour le radius. Les moyennes entre les sections gauches et droites de la clavicule sont identiques alors que c'est l'os le plus polymorphe de la série étudiée. Les groupes d'activités présentent des résultats très proches, malgré le fait que les effectifs soient réduits.

Clavicule : comme nous l'avons à peine évoqué, les moyennes gauches et droites sont strictement identiques. L'angle de θ décroît entre la section la plus proximale (c1 : 31.4°) et la section la plus distale mesurée (c3d : 15.8° , c3g : 15.9°). Cette information est cohérente avec les indications de Harrington et al. (1993). Dans le cadre d'une étude histomorphométrique de la clavicule basée sur un échantillon de 20 individus, les auteurs indiquent que I_{max} tourne autour d'un axe d'abord crânio-caudal (supéro-inférieur), au niveau du sternum, jusque vers une orientation antéro-postérieure vers l'acromion.

Humérus : l'orientation générale de I_{max} a la même direction de h1 à h3 avec toutefois un angle qui se déplace distalement dans une direction plus antéro-postérieure (h1d : 26.1° , h2d : 37.4° , h3d : 47.0°). À la hauteur de h4 (35% de la hauteur de la diaphyse), la direction de

*I*_{max} est totalement inversée (h4d : -49.8°) et finalement l'angle s'approche de l'axe médio-latéral pour la dernière section mesurée (h5d : -21.1°). Les deux premières sections présentent des différences bilatérales d'orientation, d'environ 6° pour h1 et 3° pour h2. On constate donc à la fois une importante variabilité de ce paramètre à l'échelle de la section (figure 111) ainsi que d'importants déplacements de direction et d'angulation le long de la diaphyse qui sont très probablement à mettre en relation avec la grande mobilité et les capacités fonctionnelles de l'épaule.

Les données publiées concernant l'orientation de *I*_{max} pour l'humérus indiquent, pour une population euroaméricaine, la valeur de 47.4° (valeur originale : 132.6°, ds = 11.7, pour un échantillon de 45 personnes, sexes réunis) pour la section h3 à mi-hauteur de la diaphyse (Churchill 1994, p. 230). Ce qui est en concordance, presque trop parfaite, avec les orientations de l'ensemble de la population de la collection SIMON, soit 47° à droite (ds = 14.5) et -46.4° à gauche (ds = 18.7).

Radius : par contraste, les orientations de *I*_{max} le long de la diaphyse radiale sont particulièrement homogènes en relation probablement avec un os dont les degrés de liberté articulaires sont anatomiquement plus restreints. La section qui montre le plus de variation bilatérale est celle mesurée à 60% (r2d : 9.3°, r2g : -5.1°).

Un contrôle de la relation de ce paramètre avec l'âge a été effectué (statistiques descriptives en annexe 6.49) au moyen d'une analyse des variances (Anova). Les variables mesurées pour les sections h1g, r1g et r3g présentent effectivement une évolution avec le vieillissement, les âges étant ici regroupés en trois grandes classes de 25 ans (figure 112). Les variables concernées n'étant pas les mêmes que celles qui vont nous intéresser dans la suite de l'analyse, nous ne nous arrêterons pas à les commenter.

6.4.2.2. Évaluation de l'influence de l'activité physique

Contrairement à ce que nous avons pu voir jusqu'ici, les agriculteurs ne présentent aucune différence statistique avec les personnes ne pratiquant peu ou pas d'activité physique et il semble que seule l'activité physique spécialisée intense induise des modifications claires de l'orientation de *I*_{max}.

C'est en confrontant les moyennes du groupe des modérément actifs (MA) et celles du groupe des spécialistes « lourds » (SL) que l'on peut le mieux apprécier l'effet de l'activité sur l'orientation de l'axe principal de résistance à la flexion (figure 113).

En premier lieu, signalons que les valeurs mesurées sur les sections bilatérales c3, r2, r3 et r4 sont strictement identiques ainsi que les sections h2, h3 et h5 à droite. Ensuite, ce qu'il nous intéresse de constater, c'est que de nombreuses petites différences sont perceptibles sur toutes les autres sections gauches. Finalement, il semble que la région anatomique la plus sensible à l'activité spécialisée soit la moitié proximale de la clavicule. De légers changements d'orientation de *I*_{max}, dans la même direction, sont visibles pour les sections c1 et c2, à droite

comme à gauche. Ces différences sont significatives pour c1 droit (SL : $\theta = -22.9^\circ$, MA : $\theta = -39.2^\circ$; $p = 0.034$) et c2 gauche (SL : $\theta = 20.1^\circ$, MA : $\theta = 31.1^\circ$; $p = 0.046$). Cette différence de moyennes peut être mise en relation avec les proportions de la direction de l'angle. Le dénombrement des individus qui présentent un angle $\theta > 90^\circ$ ou $< 90^\circ$ a été effectué entre les groupes d'activités : pour la section c1 droite, SL compte 80.6% d'individus avec une orientation de [$\theta < 90^\circ$], alors que cette proportion atteint 90.6% pour le groupe MA (annexe 6.46). La situation est un peu moins marquée pour la section c2 gauche : la proportion de [$\theta > 90^\circ$] du groupe SL est de 88.2% et de 96.2% pour le groupe MA.

Concrètement, il se pourrait qu'en moyenne, l'axe principal des sections à 40 et 50% des clavicules se verticalise légèrement par la pratique d'une activité spécialisée intense.

6.4.2.3. Évaluation de l'effet de la pratique d'une activité spécialisée

On ne relève globalement que très peu de divergences de résultats entre les personnes actives dans l'agriculture et celles ayant accompli des activités spécialisées. On constate au moyen de l'illustration des moyennes calculées pour les groupes des généralistes (G) et des spécialistes (S) que les valeurs sont identiques pour la plupart des sections (figure 114). Toutefois, deux régions retiennent l'attention. En premier lieu, quels que soient les groupes ou super-groupes testés (figure 115), une différence d'orientation de $I_{\max}$ est bien attestée à la hauteur de la section la plus distale du radius droit, r4 (G vs S : $p = 0.004$). Les moyennes divergent, tout comme les proportions de la direction de l'angle, estimées par un dénombrement des angles plus grands ou plus petits que 90° (figure 116). On compte 60% d'orientations de $I_{\max}$ plus grandes que 90° dans le groupe G pour 76.9% d'individus du groupe S.

Par ailleurs, on constate, sans confirmation statistique nette, que la géométrie des sections de la région proximale de la diaphyse humérale droite (h2, G vs S : test de t : $p < 0.1$) de la petite population agricole et des manoeuvres ($n = 70$) se distingue de tout le reste de la population (figure 114 : généralistes : trait orange, non-actifs : trait gris). La différence d'angulation moyenne s'explique aussi par le dénombrement de la direction des angles θ (figure 117). Il permet de mettre en évidence une proportion entre 86% (NA) et 88% (S) d'angles $> 90^\circ$ dans le groupe S pour 77.8% dans le groupe G.

Ces deux résultats convergent pour apporter un petit indice révélant un léger déclin dans la dominance à droite de ces paramètres pour un groupe caractérisé par des charges de travail physique variées (G).

6.4.2.4. L'asymétrie de l'orientation de $I_{\max}$

Un contrôle de la corrélation de ce paramètre avec l'âge laisse voir une augmentation de l'asymétrie entre les sections c1, de manière marquée et statistique (figure 112). La valeur de l'angle passe de 15.8° pour la classe 20-45 ans à 41.7° pour les individus de plus de 70 ans. La différence d'orientation de $I_{\max}$ est très stable avec l'âge pour toutes les sections de

l'humérus, comme pour r3. En revanche, les autres sections du radius montrent plus de variabilité (annexe 6.51).

La normalité de ces nouvelles variables n'étant pas établie (annexe 6.50), les différences éventuelles d'orientation entre les côtés d'une même section (diff-th) entre groupes d'activités ont été testées à l'aide du test non paramétrique Z de Kolmogorov-Smirnov.

L'amplitude de la différence bilatérale de l'orientation de I_{max} au niveau de la section distale du radius - r4 - a une répartition qui se distingue statistiquement entre le groupe MA et le groupe SL (figure 115), sans que les moyennes diffèrent sensiblement. La majorité des individus présentant très peu d'asymétrie (voire aucune) se compte parmi les personnes appartenant au groupe SL, alors que la proportion la plus importante des individus modérément actifs (MA) est centrée sur une différence d'orientation moyenne (entre 1.5 et 5°). Finalement, les personnes présentant les plus importantes différences d'angulation entre les côtés se retrouvent en proportions relativement égales, quel que soit le type d'activités.

Ainsi, l'échantillon étudié semblerait indiquer que le travail spécialisé intense entraîne plus souvent un développement symétrique de l'axe principal de la section la plus distale mesurée sur le radius.

6.4.2.5. À retenir

L'orientation de I_{max} est un paramètre très variable entre les individus mais les moyennes sont dans l'ensemble remarquablement homogènes entre les groupes d'activités.

La comparaison des groupes d'activités en fonction des paramètres « intensité » et « spécialisation » permet de constater que le nombre de petites divergences entre actifs et non-actifs est bien plus important qu'entre généralistes et spécialistes.

La clavicule est la région anatomique qui se distingue statistiquement entre actifs spécialistes (SL) et non-actifs (MA). La combinaison de l'activité spécialisée avec de lourdes tâches physiques pourrait conduire à une légère verticalisation de l'axe principal des sections à 40 et 50%.

On ne relève globalement que très peu de divergences de résultats entre les personnes actives dans l'agriculture et celles ayant accompli des activités spécialisées. On aurait toutefois un indice révélant un léger déclin dans la dominance à droite des sections h2 droite et r4 droite pour un groupe caractérisé par des charges de travail physiques variées, telles celles de la vie agricole (G).

L'évaluation de l'asymétrie bilatérale de l'orientation de cet axe semblerait laisser voir une relation entre la pratique d'une activité spécialisée lourde et une occurrence plus importante de la symétrie de l'orientation de l'axe principal de la section.

7. Un bilan de l'adaptation structurelle de la clavicule, de l'humérus et du radius à l'activité physique

Les différentes approches explorées ont apporté une quantité d'informations que nous allons maintenant traiter simultanément. Toutes ces variations, sont-elles en mesure de mettre en évidence une adaptation de la structure osseuse dans des contextes de vies quotidiennes dont les charges physiques varient considérablement ? Les variables permettent-elles de vérifier que l'activité spécialisée induit un développement plus asymétrique ?

7.1. Composition de l'échantillon de population

L'ensemble de la population masculine de la collection SIMON compte 295 sujets. La conservation du membre supérieur a permis d'en retenir 235 pour lesquels au moins une paire des os faisant partie de cette étude étaient présents. Deux sujets ont finalement été éliminés totalement des analyses en raison de pathologies importantes affectant l'ensemble du membre supérieur. Rappelons qu'un certain nombre d'os isolés ont également été éliminés en raison de traumatismes ayant eu des conséquences sur les dimensions analysées. L'identification d'une sous-population présentant des asymétries totalement inversées par rapport aux valeurs mesurées pour l'ensemble de la population, peut-être gauchère, a conduit à écarter 20 nouveaux sujets de l'analyse générale. Cette sous-population a fait l'objet d'une évaluation séparée. Finalement, trois individus (ETA03-77 ans, LSZ20-86ans, TRE26-35 ans) ont encore été éliminés, cette fois en raison de valeurs s'écartant par trop des moyennes du reste de la population et considérés donc comme des « outliers » susceptibles de fausser les résultats.

Ainsi, le corpus total avec lequel nous avons effectivement travaillé est de 212 individus. Un peu moins de la moitié de cet ensemble est intégralement conservé et ne contient pas de données manquantes. Les os pairs les mieux représentés sont les humérus, puis les radius et les paires de clavicules sont de loin les moins bien préservées. Le séjour en terre altère dans une grande proportion les extrémités et très souvent la face inférieure de ces ossements. Les radius, s'ils sont souvent assez bien conservés pour obtenir une longueur maximum et une diaphyse en bon état, présentent en revanche très souvent des destructions localisées sur le pourtour de la tête et à la face postérieure de l'extrémité distale. D'une manière générale, les effectifs utilisables pour l'analyse des mesures externes sont nettement inférieurs à ceux disponibles pour l'analyse des propriétés géométriques des sections transverses.

7.2. Influence de l'âge

On connaît les effets du vieillissement sur l'évolution de la structure osseuse des diaphyses des os longs. De manière très succincte, la surface corticale se réduit par résorption endocorticale et la région externe de la diaphyse augmente par apposition périostée. Le processus de vieillissement des os conduit à une réduction de la masse osseuse, associée à des perturbations de la microarchitecture, l'ostéoporose. Étant donné l'âge moyen élevé de la population étudiée, il est clair que ce facteur a toute son importance. Mais dans le cadre de cette étude, ce n'est que l'asymétrie de ce processus que nous cherchons à reconnaître afin d'éviter que ce paramètre ne perturbe l'information relative à l'effet de l'activité.

Proportionnellement, l'âge influence plus sensiblement les mesures linéaires (7 différences statistiques sur 17 variables) et les propriétés géométriques des sections (12 sur 88) que les variables retenues pour apprécier la géométrie des sections (7 sur 110).

La région périostée s'accroît avec l'âge, ce qui se traduit par l'augmentation de l'aire totale des sections transverses. Les données réunies pour les hommes de la collection SIMON montrent que le pourcentage d'asymétrie de ce paramètre s'élève lui aussi légèrement avec l'âge. On mesure une augmentation d'environ 2% au cours de la vie pour toutes les aires totales mesurées sur les sections de l'humérus (h1asT à h5asT). Le phénomène est plus modéré pour la clavicule et sensible uniquement à la hauteur de la première section du radius.

La section qui évolue le plus significativement avec l'âge est la section la plus distale de l'humérus (h5), comme le montrent les tests effectués sur les propriétés géométriques (figure 88).

D'une manière générale, les données indiquent que les asymétries sont souvent relativement équivalentes dans toutes les classes d'âge jusque vers l'âge de 70 ans et qu'elles évoluent de façon marquée pour la classe des personnes âgées de 71 à 93 ans.

Pour autant, si une variable se modifie en relation avec l'âge mais que les profils démographiques des groupes ne se distinguent pas statistiquement, elle n'aura pas été écartée de l'analyse. Une option particulière à toutefois été retenue dans le cadre de l'exploration des mesures linéaires. La moyenne d'âge des groupes des agriculteurs et des généralistes étant légèrement plus élevée que celle des autres groupes, les individus âgés de plus de 80 ans ont été écartés.

7.3. Apport de l'analyse statistique

Les tests statistiques permettent de voir si une tendance observée ou une différence entre deux variables est réelle où s'il s'agit d'une fluctuation de l'échantillonnage. La statistique est une méthode de raisonnement qui autorise l'interprétation de la particularité des données et qui aide à prendre en compte leur variabilité. En retenant les tests significatifs à un seuil de

probabilité $\alpha = 0.05$, et étant donné le nombre de tests effectués, il faut être conscient que les résultats doivent être considérés avec une certaine prudence, le risque de relever des relations significatives non pertinentes n'étant pas négligeable. Ces résultats ont toutefois été pris en considération dans la mesure où la pertinence des tests a été confortée par des arguments complémentaires : la convergence de l'information entre moyennes et répartition bilatérale de l'asymétrie, une variable significative lors de la comparaison entre plusieurs groupes d'activité. D'autres fois encore, ce sont plusieurs variables qui sont significatives pour une même section. C'est pourquoi, pour cette évaluation globale, nous avons travaillé avec deux seuils de probabilité différents, considérant que les informations les plus solides sur lesquelles nous allons pouvoir asseoir notre discussion sont les tests significatifs au seuil $\alpha = 0.01$.

Toutes analyses confondues, des 215 variables explorées, 67 participent à décrire l'adaptation de la morphologie osseuse à l'activité au seuil $\alpha = 0.05$ et parmi elles, 17 variables sont significatives au seuil $\alpha = 0.01$ (figure 118 et annexes 7.1 et 7.2).

Les unités des mesures étudiées diffèrent sensiblement entre les mesures linéaires (mm), les aires (mm^2), et les seconds moments de l'aire (mm^4). Il est inapproprié de comparer directement des rapports déterminés avec des valeurs élevées à différentes puissances (Trinkaus et al. 1994), le degré d'asymétrie étant artificiellement augmenté pour des puissances élevées. Jusqu'à maintenant, nous n'avons comparé que des variables de même unité. Néanmoins, pour cette étape de synthèse, afin d'appréhender globalement l'information apportée par les différentes approches, nous nous sommes aventurée à « linéariser » les valeurs de l'asymétrie, de manière à ce que l'asymétrie des mesures externes, des aires et des seconds moments de l'aire, soient à la même échelle. Cette transformation des variables ne sera appliquée que dans le but d'une représentation graphique. Empiriquement, nous avons constaté qu'il existe une relation linéaire entre les asymétries d'une même valeur (mm), élevée au carré (mm^2), puis à la puissance 4 (mm^4). Si l'on divise l'asymétrie d'une variable élevée à la puissance 4 par l'unité de puissance – le 4 $[(\text{asym mm}^4)/4]$, on obtient une valeur de l'asymétrie très proche de la valeur de départ (asym mm). Dans les représentations, les variables recalculées de cette manière sont précédées d'un petit « n ».

7.4. Effet d'une vie active sur l'asymétrie de la structure osseuse des diaphyses

La synthèse de l'analyse de l'adaptation de la structure des os longs à la pratique de l'activité en général s'appuie sur la comparaison du groupe des non-actifs, témoins d'une vie quotidienne a priori sans grandes sollicitations physiques, avec les deux principaux groupes actifs, les agriculteurs d'une part, les spécialistes lourds, d'autre part. Une dernière étape prendra en considération tous les individus très actifs (agriculteurs, manœuvres, bûcherons, vignerons, maréchal-ferrant, scieur, etc.) que l'on comparera aux individus dont la vie quotidienne devait être modérément marquée par l'activité physique (non-actifs et les

spécialistes légers). Cette dernière représentation aura pour but de ne plus prendre en compte que la caractéristique « intensité » de l'activité tout en mobilisant les effectifs les plus représentatifs disponibles pour la collection.

7.4.1. Comparaison entre un mode de vie rural et une vie quotidienne non manuelle

L'os qui semble le plus s'adapter à l'activité bilatérale intense est la clavicule, seule région pour laquelle les tests statistiques sont significatifs à un seuil $\alpha \leq 0.01$ (figure 119). Les agriculteurs se distinguent des non-actifs par une diminution de l'asymétrie de longueur accompagnée d'une répartition bilatérale de cette asymétrie plus équilibrée entre les côtés montrant que leurs clavicules sont soumises à des contraintes mécaniques tendant à équilibrer leur développement. Ils se distinguent particulièrement aussi par les caractéristiques mesurées à la hauteur de la troisième section (à 60% de la hauteur de l'os), Des propriétés géométriques (TA, I_{min}), indicatrices de la robustesse relative entre les côtés, indiquent que l'asymétrie et la latéralisation à droite est ici aussi réduite pour la population d'agriculteurs. Plusieurs éléments indiquent encore que la géométrie des sections se modifie : les rapports des seconds moments de l'aire maximum et minimum se réduisent avec l'activité. Les coupes sur la diaphyse des clavicules ont été faites à intervalles de 10%. Il est clair que ce qui est perceptible au niveau de c2 ou c3 n'est pas sans rapport avec les informations apportées par la première section. Les propriétés géométriques mesurées sur cette première section signalent une même tendance à la réduction de l'asymétrie pour la population des agriculteurs, sans toutefois que les différences atteignent un seuil statistique (figure 120).

La valeur moyenne de l'asymétrie de longueur de l'humérus est intrinsèquement peu importante pour l'ensemble de la population, mais elle est toutefois deux fois plus élevée chez les agriculteurs que dans le groupe des non-actifs (figure 120). Cela indiquerait qu'une activité physique intense tendrait à accroître la différence de croissance entre les os droits et gauches, au profit du membre dominant.

L'analyse de la répartition bilatérale de l'asymétrie à la hauteur de la deuxième section de l'humérus révèle que le nombre d'individus présentant une asymétrie plus développée à droite se réduit considérablement avec la pratique d'une activité physique bilatérale intense. Deux arguments allant dans le même sens à la hauteur de h3 comme de h4 confirment cette évolution (h3asImm, h4asCA).

Le rapport I_{max}/I_{min} mesuré sur la section la plus distale de l'humérus droit (h5Imm) augmente en relation avec une activité physique intense (figure 119). Cela signifie que l'axe de plus grande résistance à la flexion, proportionnellement I_{min} , est plus élevé pour la section droite que pour la gauche chez les agriculteurs relativement aux non-actifs.

Finalement, en ce qui concerne l'humérus, une dernière mesure nous apprend que la répétition de tâches physiques astreignantes conduit à une réduction de l'asymétrie de la dimension bicondyloire de l'épiphyse distale (h7). Plus particulièrement, on constate une diminution de

la proportion des personnes qui ont une asymétrie positive dans le groupe des agriculteurs par rapport aux non-actifs, ce qui revient à dire que cette dimension se renforce chez les agriculteurs sur l'humérus gauche. Cette interprétation est confortée par les résultats obtenus par la comparaison d'autres combinaisons de groupes – voir annexe 7.1.

Les résultats statistiquement divergents entre agriculteurs et non-actifs pour le radius sont localisés dans la moitié proximale de l'os. L'asymétrie des aires corticales calculées juste en dessous de la tubérosité bicipitale ($r1asCA$) indiquerait que l'activité tend à réduire cette asymétrie par un développement relatif plus important du radius gauche chez les agriculteurs. Une propriété géométrique ($r2asIx$) et deux variables indicatives de la forme des sections ($r2asImm$ et $r2asIxy$) s'accordent pour signaler une nouvelle fois que l'asymétrie bilatérale se réduit avec l'activité en relation avec une diminution de la latéralisation à droite. Cela signifie que la proportion d'individus porteurs de dimensions plus importantes à droite est plus élevée parmi les non-actifs que parmi les agriculteurs (figure 119 et 120).

La grande majorité des informations converge pour indiquer que les charges physiques intenses et variées de la vie quotidienne du paysan entraînent une diminution de l'intensité de l'asymétrie couplée à une réduction de la latéralisation à droite. Chaque type d'os étudié apporte une part de l'information, mais certaines régions n'en apportent aucune, comme la partie proximale de l'humérus et la moitié distale du radius.

7.4.2. Comparaison entre des activités spécialisées et physiquement astreignantes et une vie quotidienne non manuelle

Quelques modifications de la forme des sections sont perceptibles sur la clavicule. D'abord à travers l'orientation de I_{max} sur la première section ($c1dth$): la spécialisation induit, en moyenne, un axe principal de la section orienté légèrement plus verticalement (axe supéro-inférieur) sur la clavicule droite. Ensuite, à la hauteur de $c3$, les rapports des seconds moments de l'aire maximum et minimum semblent se réduire avec l'activité (figure 121). L'asymétrie de l'aire totale ($c3asT$), indépendamment de l'intensité de ce paramètre, est très majoritairement plus développée à droite chez les non-actifs (93%) et nettement moins pour les spécialistes (77%) - (figure 122). Cette information doit être rapprochée de ce que l'on trouve chez les agriculteurs (66%) et est consolidée par les résultats obtenus pour le groupe des modérément actifs (90%). Ces renseignements combinés nous apprennent que l'intensité de l'activité plus que la spécialisation est responsable de cette adaptation de la section des clavicules à l'effort. L'asymétrie des aires totales se réduit sous l'effet de charges mécaniques intenses, mais c'est surtout la répartition bilatérale qui explique la différence statistique entre les groupes.

Toutefois, dans l'ensemble, les divergences des clavicules entre spécialistes lourds et non-actifs sont nettement moins importantes qu'entre agriculteurs et non-actifs.

Deux régions présentent des différences appuyées entre ces deux types de vie quotidienne que nous tentons de distinguer.

La première se situe à mi-hauteur de la diaphyse humérale (h_2 et h_3). De multiples indices (toutefois fortement corrélés) apportés par l'analyse des propriétés géométriques des sections transverses concordent pour indiquer un important bouleversement des rapports entre TA, CA et PC entre les groupes tout au long de la diaphyse humérale (figure 121 et 122). Globalement, l'activité induit un développement de l'aire totale des sections plus important sur le côté droit (significatif pour la répartition bilatérale de h_{1asT}), mais nous avons vu que, dans une moindre mesure, c'est également le cas tout le long de la diaphyse (figure 73). Parallèlement, on constate une réduction de l'asymétrie des aires corticales (h_{2asCA} , h_{3asCA} , h_{4asCA}) et un fort accroissement de l'asymétrie négative du pourcentage d'aire corticale (h_{2asPC} , h_{3asPC}), surtout, mais ces différences existent également tout au long de la diaphyse (figure 91b). Cela indique que proportionnellement aux aires totales, les humérus gauches développent une surface corticale nettement plus importante chez les spécialistes que chez les non-actifs. La mesure du second moment de l'aire I_x , à la hauteur de h_2 et h_4 (h_{2asI_x} et h_{4asI_x}), permet de préciser dans quelle région de la section la distribution de l'os cortical se modifie. On s'aperçoit ainsi que c'est plus spécifiquement la dimension antéro-postérieure gauche qui se développe avec l'activité (figure 121).

La seconde région d'intérêt est localisée sur la diaphyse du radius à 60% de la hauteur totale (r_2). Des propriétés géométriques (l'asymétrie de l'aire corticale, l'asymétrie de I_x et I_{min}), comme des indications de forme des sections (I_{mm} et I_{xy}), signalent d'importantes différences entre les groupes. Pour cette section en particulier, les axes orthogonaux x et y sont très proches des axes maximum et minimum et l'information est en quelque sorte dédoublée (figure 121 et 122). L'explication qui suit s'appuie sur les informations données par I_{max} et I_{min} , privilégiés en raison de la taille des échantillons un peu mieux fournis que pour I_x et I_y . Les contraintes physiques liées aux activités spécialisées entraînent une réduction de l'asymétrie des aires corticales, déjà perceptible à la hauteur de r_1 (figure 122), puis statistique à la hauteur de r_2 . L'analyse des seconds moments de l'aire permet de constater que ce sont essentiellement des modifications de la dimension antéro-postérieure ($r_{2asI_{min}}$ ou r_{2asI_x}) qui expliquent la différence entre les groupes d'activités. L'analyse de la forme des sections permet encore de préciser que parmi les spécialistes, en moyenne, l'asymétrie des dimensions médio-latérales (I_{max}) est supérieure à l'asymétrie des dimensions antéro-postérieures, relation qui est exactement contraire pour les moyennes du groupe des non-actifs. La direction de ce rapport d'asymétrie $r_{2asI_{mm}}$ est inversée entre les deux groupes (figure 122).

Finalement, ces groupes se distinguent par la dimension du diamètre maximum médio-latéral de l'épiphyse distale du radius (r_8). Cette valeur est en moyenne plus grande sur le radius gauche parmi les non-actifs (comme les agriculteurs par ailleurs) alors que parmi les

spécialistes, la répartition bilatérale de ce paramètre indique une légère dominance du côté droit (figure 121 et 122).

7.4.3. *Pour conclure*

Si l'on prend les ossements du groupe des non-actifs comme les témoins d'une organisation structurale des diaphyses des os longs du membre supérieur à priori peu influencée par une activité intense ou spécialisée, l'étude de l'asymétrie bilatérale montre que l'adaptation du squelette ne se fait pas de manière similaire entre les deux principaux types de vie quotidienne active testés (A et SL) (figure 123).

Néanmoins et en premier lieu, certaines adaptations structurelles semblent communes aux agriculteurs et aux spécialistes. Dans la plupart des cas, la différence entre agriculteurs et non-actifs et entre spécialistes lourds et non-actifs a la même direction, avec des différences d'intensité qui varient entre les os et entre les régions examinées (figure 120 et 122). Les « symptômes » d'adaptation des humérus de tous les actifs sont relativement similaires : renforcement de la robustesse de l'extrémité proximale du côté droit (h9as, h1asT), entre h2 et h4 renforcement de la robustesse du côté gauche associée à une diminution de la latéralisation de certaines valeurs du côté droit. Des effets similaires ont également été relevés sur la clavicule (c3) et sur le radius (r2). Ces adaptations sont à mettre en relation avec la pratique d'une activité physique intense, qu'elle soit spécialisée ou non.

Ensuite, d'autres paramètres révèlent des adaptations spécifiques à chacun de ces groupes actifs. On a vu que la clavicule est l'os qui montre le plus de divergences adaptatives entre agriculteurs et non-actifs. Ces deux groupes diffèrent également pour les valeurs d'asymétrie de plusieurs mesures linéaires dont deux longueurs maximales (clavicule et humérus). On se souvient que la moitié distale du radius ne présente pas de différence majeure (figure 123a). En revanche, les divergences adaptatives les plus marquées entre spécialistes lourds et non-actifs sont localisées sur la diaphyse humérale, à la hauteur des sections h2 et h3 et sur la diaphyse du radius, surtout au niveau de la deuxième section r2 (au niveau de ces régions communes mais de manière plus marquée). D'autres paramètres évoquent pour certaines sections une robustesse relative plus développée du côté droit : l'aire totale de la première section de l'humérus ou l'épiphyse distale du radius (r8) (figure 123b).

Nous avons encore cherché à tester l'impact de l'intensité de l'activité sur l'architecture osseuse, sans notion de bilatéralité ou de spécialisation, en comparant les groupes fusionnés formés des très actifs (généralistes + spécialistes lourds), d'une part, et des modérément actifs (MA), d'autre part. L'information perd en spécificité mais gagne en fiabilité du fait des effectifs rassemblés et c'est ce qui nous occupe dans cette étape afin d'obtenir une confirmation de l'intérêt de certaines régions anatomiques. En moyenne, l'échantillon des très actifs est représenté par une centaine d'individus (min : 79, max : 121) et celui des peu actifs par une cinquantaine (min : 44, max : 63). On observe sur la représentation des régions

significatives (figure 123c) un mélange des paramètres mis en évidence d'une part pour A et, d'autre part, pour SL auxquels s'ajoutent quelques nouveaux éléments. Les divergences statistiques solides ($p < 0.01$) sont toujours rares, mais corroborent cependant les informations perçues précédemment (figure 124). On peut noter que, comme entre agriculteurs et non-actifs, l'asymétrie de plusieurs mesures articulaires et de longueur diffère entre très actifs et peu actifs (c4, h9, h7). Les variables nouvelles par rapport aux deux premières comparaisons signalent des variations du diamètre vertical de la tête de l'humérus (h9) ainsi qu'à différentes hauteurs de la diaphyse du radius. La géométrie des sections du radius gauche, essentiellement, est modifiée tout au long de la diaphyse (r1gIxy, r2gIxy et r4gImm), mais aussi à la hauteur de la quatrième section droite (r4dImm). Ces résultats indiquent que les dimensions antéro-postérieures sont plus développées dans le groupe des très actifs (GSL). La différence mesurée à la hauteur de la section r4 (r4asCA) indique encore une réduction de l'asymétrie des aires corticales parmi les très actifs.

Les différences de mesures linéaires c4, h6, h7, h9 impliquent des contraintes mécaniques subies avant la fin de la croissance et ce sont les agriculteurs qui montrent ce type de différence avec les non-actifs. Cette information pourrait être mise en relation avec l'âge auquel il était demandé aux jeunes de participer aux tâches de la vie rurale. Il se peut que les jeunes fils des paysans contribuent peut-être plus jeunes ou plus intensément à l'activité de la ferme que ceux qui vont se lancer dans un apprentissage.

On apprend de ces comparaisons que pour de nombreux paramètres analysés, l'asymétrie directionnelle la plus importante est mesurée pour le groupe des non-actifs. Il semble donc que des organismes, physiquement peu sollicités, développent une asymétrie « naturelle » ou constitutionnelle importante du côté dominant. Cela rejoint les résultats de Josty et al. (1997) qui a comparé la force de préhension de la main parmi trois groupes d'activités : les métiers de force (MF), les manuels « légers » (ML) et les travailleurs de bureau (TB). Les individus du groupe MF développent la force de préhension la plus élevée et le moins de différence entre les côtés. Ce résultat est le strict opposé de ce qui a été établi pour les travailleurs de bureau, les manuels « légers » ayant des résultats intermédiaires.

7.5. Bilan des informations relatives à l'adaptation fonctionnelle entre agriculteurs et spécialistes

Les modifications principales relevées sur la clavicule sont localisées sur les sections proximale (c1) et médiane (c2) et se rapportent à des propriétés géométriques (c1asJMM, c1asT, c2asT). Elles signalent une réduction de l'asymétrie et de la latéralisation à droite des paramètres de la population des agriculteurs par rapport aux spécialistes (figure 125 et 126). L'augmentation de l'asymétrie négative du pourcentage d'aire corticale (c2asPC) est une conséquence du développement plus important de l'aire totale dans le groupe des spécialistes

lourds, qui correspond à une robustesse relative plus importante de cette section de la clavicule droite.

La partie proximale de la diaphyse de l'humérus semble évoluer diversement entre ces groupes. La répartition bilatérale du pourcentage d'aire corticale détermine ces différences. L'augmentation de l'asymétrie négative du pourcentage d'aire corticale (h1asPC et h2asPC) est une conséquence du développement plus symétrique de la quantité d'os cortical dans le groupe des spécialistes lourds, qui signale une robustesse relative plus importante de ce paramètre dans les sections de l'humérus gauche.

La largeur bicondyloïde de l'épiphyse distale de l'humérus est une dimension dont nous avons parlé à plusieurs reprises. Les tests signalent à la fois une diminution de l'intensité de l'asymétrie et une réduction de la latéralisation à droite avec la pratique de l'agriculture. Les paysans diffèrent par ce paramètre aussi bien des actifs spécialistes que des non-actifs. Il est éventuellement possible d'envisager que l'asymétrie « naturelle » des non-actifs et l'asymétrie fonctionnelle du groupe des spécialistes lourds se confondent en termes d'intensité et de direction, bien que cela corresponde dans un cas à une absence d'activité physique intense et dans l'autre à une pratique spécialisée. Les arguments, susceptibles d'affiner la compréhension de ces paramètres, seront à trouver dans l'analyse des propriétés géométriques standardisées afin d'avoir une idée du développement de la robustesse absolue pour chaque côté du membre supérieur, et non plus seulement relative.

La troisième région d'intérêt est celle du quart distal du radius. Elle offre probablement les résultats les plus intéressants dans la mesure où plusieurs variables rapportent des indices d'adaptation structurelle propre au groupe des spécialistes. C'est aussi la région la plus frustrante dans la mesure où le mauvais état de conservation fait perdre de précieuses informations et que malgré un échantillon de départ satisfaisant, les effectifs sur lesquels sont basés les résultats obtenus sont les plus réduits de toutes les variables examinées. La spécialisation de l'activité semble entraîner une orientation de l'axe principal de résistance de la section r4 droite dans une direction légèrement plus antéro-postérieure. D'autre part, les asymétries des dimensions maximales externes de l'épiphyse distale (r8 et r9) ont une direction inversée entre les agriculteurs et les spécialistes (figure 126). Ces derniers présentent une latéralisation à droite plus marquée pour le diamètre maximum médio-latéral, mais ce sont les agriculteurs qui sont les plus latéralisés à droite pour la dimension perpendiculaire, le diamètre maximum antéro-postérieur. Quelle pourrait être l'explication biomécanique de ce phénomène ? La dimension r8 est probablement influencée par le développement de l'apophyse styloïde, site de l'insertion du m. brachio-radial qui est actif lors de la flexion de l'avant-bras et de la pronation (en cas de flexion). Le processus styloïde sert aussi de point d'insertion aux ligaments radio-carpiens. La dimension r9 peut, elle, probablement varier sous l'influence du développement du tubercule de Lister qui sépare les gouttières où glissent les

différents tendons extenseurs des doigts. Les données indiquent que ces deux dimensions peuvent varier indépendamment.

Ainsi, les effets que l'on peut spécifiquement rattacher à l'activité des spécialistes sont rares (figure 127).

8. Les résultats obtenus dans le contexte de la recherche actuelle

8.1. Réunir des données de comparaison

Les obstacles sont multiples dans cette entreprise, car malgré l'apparente unité de la recherche qui consiste à mesurer des propriétés géométriques sur des sections transverses d'os longs, un nombre élevé de facteurs viennent la perturber.

Les premiers se rapportent aux techniques d'acquisition des contours périostés et endostéaux. Les propriétés géométriques sont des variables extrêmement sensibles et peuvent varier très rapidement, étant donné l'unité de puissance avec laquelle on travaille. Les CT scans permettent d'estimer directement les paramètres, avec les problèmes de calibration qui ont été évoqués. L'emploi de radiographies, associées à des moulages (LCM^{*}) ou non (EEM^{**}), nécessite d'avoir recours à des équations reconstituant les paramètres. Ces deux méthodes ont été testées par Stock (2002). La méthode LCM fournit une estimation raisonnable des propriétés géométriques des sections transverses, en moyenne dans un intervalle de 5% des propriétés géométriques calculées sur les sections sciées (à titre indicatif, les moyennes des erreurs d'estimation pour l'échantillon de la collection CS ne dépassent pas 1.6% pour l'humérus). La seconde, EEM, donne de bonnes approximations pour les aires, mais mauvaises pour les autres propriétés. Churchill (1994) cité par Weiss (2005), a mesuré l'amplitude de la variation des résultats entre des images CT et des radiographies qu'il estime au plus à 5%.

Un deuxième facteur de variation des résultats très important tient au processus de standardisation des mesures. Il s'impose en effet de tenir compte de la stature d'un individu pour évoquer sa robustesse, et l'objectif est ainsi de rapporter le résultat de la mesure à l'échelle de l'individu. Plusieurs solutions ont tour à tour été proposées, utilisant la mesure de la longueur maximale de l'os analysé pour standardiser les propriétés géométriques. Dans un premier temps, c'est une longueur à la puissance 2 qui a été sélectionnée pour standardiser les aires et une longueur à la puissance 4 pour les seconds moments de l'aire (mesures dont l'unité est mm⁴) (Churchill 1994, par exemple). Les propriétés géométriques sont par la suite standardisées par la longueur à la puissance 3 pour les aires et à la longueur puissance 5.33 pour les seconds moments de l'aire (Trinkaus et al. 1994). Une nouvelle étape dans la recherche a consisté à établir que le développement de la robustesse d'un os se fait en relation

* LCM : latex cast method

** EEM : eccentric elliptical method

avec la masse corporelle. Ainsi, les dernières propositions et tests recommandent de standardiser les aires par la masse corporelle et les seconds moments de l'aire par la masse corporelle multipliée par la longueur maximale de l'os (voire L^2 pour Marchi et al. 2006). Or, l'estimation du poids du corps à partir de quelques restes osseux exige d'avoir recours à des approximations. Les auteurs ayant travaillé à l'établissement de ces paramètres, ont déterminé que le diamètre bi-iliaque est la mesure la mieux corrélée à la masse corporelle (Auerbach et Ruff 2004). Ainsi, pour standardiser les propriétés géométriques, on utilise une valeur estimée sur la base du diamètre bi-iliaque. Toutefois, l'état de conservation des coxaux ne permet bien souvent pas d'opérer à cette mesure. Il faut alors avoir recours à une estimation du diamètre bi-iliaque à partir de la mesure qui lui est la mieux corrélée, soit le diamètre de la tête du fémur. Cette standardisation est un facteur qui peut engendrer des successions d'approximations et fausser le résultat d'ensemble.

Il reste encore à lister une série d'éléments de moindre importance qui limitent toutefois la comparaison avec des données de la littérature. L'asymétrie bilatérale peut être calculée de deux différentes manières. On peut, soit considérer les valeurs absolues des asymétries pour évaluer son amplitude, soit calculer cette amplitude en maintenant l'information de la direction de l'asymétrie. Les résultats sont forts différents selon que l'on utilise l'une ou l'autre des solutions (Sakaue 1998). De plus, des variables standardisées au préalable, puis dont l'asymétrie est calculée, ne donneront pas les mêmes valeurs que des variables non standardisées (figure 128). Certains auteurs choisissent de publier des moyennes avec des déviations standard, d'autres les médianes accompagnées de leur intervalle de distribution. Finalement, la taille des échantillons est souvent un paramètre restrictif quant à la généralisation possible des résultats.

Ces mises en garde une fois établies, nous avons récolté un petit corpus de données publiées, qui permettent de placer les résultats obtenus pour les hommes de la collection SIMON dans le contexte de la recherche actuelle.

8.2. Comparaisons des données sur la géométrie des sections

L'abréviation CS sera utilisée pour abrégé la référence à la collection SIMON.

Forme de la section de l'humérus mesurée à mi-hauteur de la diaphyse (50%) - rapport I_x/I_y

Les valeurs du rapport I_x/I_y réunies pour quelques populations publiées (figure 129) varient entre 0.857 (Amérindiens) (Churchill 1994), indiquant un développement de I_y (axe médio-latéral) plus important que I_x , à 1.316 pour les individus regroupés sous le nom de « archaic humans » (Churchill 1994). La moyenne de la population vaudoise est peu éloignée de l'échantillon d'une population moderne comme les Euroaméricains, mais tout autant des « Peruvians ». Les variables ne permettent pas de dégager une tendance entre mode de vie et forme de la section.

La forme de la section de l'humérus mesurée à 35% de la hauteur de la diaphyse - rapport I_x/I_y

Les valeurs du rapport I_x/I_y réunies pour quelques populations publiées (figure 130) varient entre 1.01 (population amérindienne non agraire de la côte géorgienne d'avant la colonisation) (Fresia et al. 1990) et 1.215 (groupe des agriculteurs de la collection CS). La variabilité est moins importante que pour la section à mi-hauteur de la diaphyse. Mais, à nouveau, les variables ne permettent pas de dégager une tendance entre mode de vie et forme de la section. Tout au plus, les données publiées par Rhodes et Knüsel (2005), qui autorisent la comparaison de cinq sections de l'humérus, permettent de constater que le schéma des sections suit une tendance commune aux quatre sous-populations (figure 131). On reconnaît probablement plus là les caractéristiques générales des diaphyses humérales, que des signes d'adaptation, mais c'est précisément aussi ce type d'informations dont on a besoin pour tenter de dégager des indices d'activité dans le futur.

Forme de la section de l'humérus mesurée à mi-hauteur de la diaphyse (50%) - rapport I_{max}/I_{min}

Les valeurs du rapport I_{max}/I_{min} réunies pour quelques populations publiées, de tous lieux et toutes époques, varie entre 1.48 et 2.15. Les résultats sont néanmoins centrés entre 1.5 et 1.6 (figure 132). Les moyennes des deux populations modernes représentées uniquement par des hommes (US black males et Modern Sample Cape Town) sont strictement identiques à celle de la population vaudoise. Les informations données à la fois par certains groupes d'activités de la collection et le mode de vie des autres échantillons, laisseraient à penser qu'un rapport élevé est, au moins en partie, corrélé à des sollicitations mécaniques importantes.

L'analyse de ces paramètres de la géométrie des sections n'apporte pas d'information en relation avec l'activité à l'échelle des comparaisons qui ont pu être effectuées.

8.3. Le pourcentage d'aire corticale comme indicateur de la masse osseuse

Le pourcentage d'aire corticale (PC) mesuré à mi-hauteur de la diaphyse de l'humérus (50%)

Le pourcentage d'aire corticale estimé pour des populations masculines réunies à partir de la littérature anthropologique, disparate sur les plans ethnique et chronologique, est d'environ 52% au minimum (population moderne dont l'âge moyen est de 68 ans), et au maximum de 78% pour une population préhistorique du sud de l'Afrique (figure 133). On sait que la masse osseuse varie considérablement en fonction du pic de masse osseuse et de l'âge auquel il est atteint ainsi que par les facteurs influençant la résorption de l'os endocortical à partir du moment où le squelette a atteint sa maturité (Ringe 2004, Peck et Stout 2006). Ces pourcentages d'aires corticales moyens sont donc à la fois le reflet de la masse osseuse des individus et de l'âge moyen d'un échantillon. Ainsi, si cette information n'est pas associée avec une connaissance précise de l'âge au décès des individus de la population, son évaluation peut conduire à des interprétations erronées. En exemple, l'évolution de ce

paramètre par classes d'âges décennales dans l'échantillon CS à mi-distance de la diaphyse (figure 134). Le pic de masse osseuse semble être atteint dans la quatrième décade (70.89% pour l'humérus gauche et 69.99% à droite), les valeurs diminuent ensuite légèrement pendant les trois décennies suivantes pour finalement marquer une régression importante après la septantaine. Ce pourcentage d'aire corticale n'est alors plus que de 64% et descend entre 52 et 48%, selon le côté, chez les personnes très âgées. Ces résultats (auxquels nous joignons ceux qui sont obtenus pour les autres sections analysées dans notre étude - figure 135), bien que moins détaillés, sont conformes à ceux qui ont été enregistrés dans une étude française sur la perte osseuse en relation avec l'âge, pour une importante population masculine (Szulc et al. 2000).

On comprend, dès lors, que plus l'âge moyen de l'échantillon est élevé, plus les valeurs peuvent varier et que les comparaisons entre populations modernes sont délicates. On constate, par ailleurs, que les moyennes relevées dans les populations préhistoriques ne sont semblables à aucune des classes d'âge de la collection SIMON et qu'on peut alors penser ces différences soit en termes de caractéristiques morphologiques populationnelles (ethniques) (Bhudhikanok et al. 1996, Wang et al. 2005), soit en termes d'influences biomécaniques liées au mode de vie.

8.4. L'asymétrie des propriétés géométriques à 35% de la hauteur de l'humérus

La région anatomique la plus souvent décrite dans la littérature anthropologique est celle de l'humérus à 35% de la hauteur de la diaphyse de l'humérus. C'est l'unique section qui permette de tenter quelques comparaisons inter-populationnelles avec les résultats de notre étude. Les données de populations masculines provenant des études suivantes ont pu être réunies (figure 136) :

- Sakaue (1998) - squelettes de la période Jomon et un échantillon de population japonaise moderne.
- Wescott et Cunningham (2006) - échantillons de la population Arikara - habitants du Dakota du Sud, provenant de 3 périodes chronologiques successives entre 1500 et 1840 A.D.
- Weiss (2005) - 8 hommes européens prisonniers de la guerre du Québec au 18ème siècle et un échantillon de population d'origine européenne moderne provenant de la région du Nouveau Mexique (USA).

Les variables communes publiées sont les asymétries des aires totales (TA), des aires corticales (CA), des seconds moments de l'aire dans le plan antéro-postérieur et le plan médio-latéral (I_x et I_y) et le moment polaire de l'aire, J . Une formule d'asymétrie semblable a été appliquée à ces échantillons, en revanche, étant donné que les variables n'ont pas été standardisées de la même manière, voire pas standardisées du tout, il faut donner plus d'importance au schéma de distribution des résultats qu'à l'amplitude de l'asymétrie (figure 137a).

Il se dégage deux indices importants de cette représentation.

a) En premier lieu, on peut noter des similarités dans la forme des distributions et plus précisément, on s'aperçoit que les populations se répartissent en deux types principaux de distribution des asymétries. Les premiers se caractérisent par une asymétrie de I_x plus importante que I_y , (populations matérialisées par des traits discontinus), les seconds par une relation inverse, l'asymétrie de I_y étant plus grande que celle de I_x (populations figurées avec des traits pleins). Il est frappant de constater que les trois populations modernes (dont CS) suivent le second schéma.

Dans un second temps, deux autres populations ont été ajoutées à cette représentation (figure 137b) pour lesquelles les asymétries ont été calculées sur la base d'une formule conservant l'information de la direction :

- Fresia et al. (1990) - 3 échantillons de la population amérindienne de la côte géorgienne (USA) - échantillons composites provenant de plusieurs sites archéologiques répartis sur 3 périodes chronologiques (figure 136).
- Marchi et al. (2006) - échantillon de squelettes néolithiques de Ligurie (Italie) - culture des Vases à Bouche Carrée (VBC).

Les résultats donnent des valeurs inférieures à la première formule, comme le démontre l'échantillon de la collection CS (trait bleu clair) pour lequel les variables ont été recalculées avec cette autre formule, mais un schéma d'organisation relativement proche.

On constate que l'échantillon néolithique de Ligurie (trait discontinu mauve) se calque sur le premier schéma décrit, semblant renforcer l'image d'un certain type d'organisation de la section de la diaphyse, commun à des populations anciennes ou/et actives (en font partie, l'échantillon Jomon, les 3 échantillons Arikara et les prisonniers de la guerre du Québec). Il ne s'agit pas de se lancer dans une interprétation de la relation forme-fonction avec un nombre aussi limité de données, mais de constater qu'un schéma d'organisation des asymétries des propriétés géométriques pourrait être porteur d'informations d'ordre biomécanique.

b) Il apparaît, d'autre part, que les échantillons de populations provenant d'une même région géographique et de périodes chronologiques proches, ou d'une même étude (influence de la méthode d'acquisition des données ?), présentent un schéma de distribution des asymétries apparenté. C'est ainsi que les échantillons d'Amérindiens de la côte géorgienne présentent des profils relativement originaux par rapport aux autres populations figurées (figure 137b), mais avec de fortes similarités entre eux. C'est particulièrement le cas des trois sous-échantillons de la population Arikara du Dakota. Et surtout, c'est l'information que donne les échantillons de la collection CS (figure 138 - encadré), série ostéologique qui va permettre de prolonger la réflexion par le fait qu'un nombre plus important de sections osseuses a été pris en compte. Ainsi, l'étude de plusieurs sous-échantillons de populations distants dans le temps met en

évidence une « parenté » de la distribution, qui pourrait faire transpar  tre une composante ethnique ou populationnelle de la morphologie des groupes. Des caractéristiques morphologiques sur lesquelles viennent se superposer des variations induites par d'autres facteurs, dont la composante biomécanique probablement. Il faut, bien entendu, également songer à d'autres types de facteurs mésologiques, tels l'alimentation ou l'état de santé des populations.

9. Une voie pour l'exploration des populations anciennes : caractéristiques morphologiques populationnelles versus adaptations fonctionnelles

Les comparaisons qui ont pu être faites avec des variables provenant de corpus externes nous ont rendues attentive à la nature de l'information apportée par l'asymétrie, qui pourrait bien décrire à la fois les caractéristiques morphologiques d'un groupe et les effets de contraintes biomécaniques.

9.1. Une représentation des asymétries indicative de la morphologie populationnelle

Après avoir examiné un à un tant de paramètres dans la phase exploratoire des variables, l'optique de ce chapitre est de procéder à une synthèse d'un grand nombre de variables.

Les asymétries des mesures linéaires et des propriétés géométriques (TA, CA, PC, *J*, *I_x* et *I_y*) des clavicules, des humérus et des radius, soit 89 variables, sont réunies sur une même représentation.

Il nous semble important de rappeler que la population squelettique réunie pour cette étude est constituée d'hommes contemporains, dont les familles sont pour la plupart originaires d'une même région et ayant vécu dans un milieu géographique circonscrit (figure 6).

La première information apportée par cette représentation des asymétries est la part de caractéristiques communes que partage l'ensemble des individus, que nous considérons comme le fond morphologique populationnel. Ceci est illustré par les profils des asymétries élaborés par groupe d'activités qui montrent la parenté du schéma général tout au long des ossements explorés (figure 138). Sur la première illustration, sont figurés les groupes des agriculteurs, des spécialistes lourds et des non-actifs (figure 138a). Sur la seconde, c'est le groupe complet des spécialistes (lourds et légers) qui est représenté avec les mêmes agriculteurs et non-actifs (figure 138b). Ces groupes sont constitués d'au moins 40 individus et leurs caractéristiques démographiques sont proches. Par ailleurs, ces caractéristiques morphologiques communes démontrent que chacun des groupes d'activités qui a été constitué au début de l'étude est numériquement suffisant pour être représentatif de la population dans son ensemble.

Ainsi, les variations observées entre groupes d'activités peuvent être interprétées comme le résultat de l'influence d'autres paramètres que le fond génétique. Le profil rouge des agriculteurs, avec une asymétrie réduite, se trouve presque toujours sous le tracé vert des

spécialistes ou gris des non-actifs. La similitude des schémas des spécialistes lourds et de tous les spécialistes et leur positionnement relatif par rapport aux groupes des agriculteurs et des non-actifs démontre l'effet commun de l'aspect « spécialisation » de leur activité (figure 138a et b).

9.2. L'asymétrie fonctionnelle de groupes actifs d'effectifs restreints

Le profil de « référence » ainsi établi va permettre de prendre en compte des groupes d'actifs dont la taille des échantillons (entre 8 et 16 individus) ne nous a pas autorisé à les analyser séparément jusque-là. Ce tracé de référence offre le moyen de contrôler la représentativité de petits groupes de personnes ayant accompli la même activité, ou tout au moins, étant indiqué à l'état-civil pour avoir une profession identique. Ces groupes sont particulièrement intéressants par le fait que ces personnes ont probablement accompli des gestes quotidiens proches et que l'adaptation structurelle de leur squelette devrait présenter les plus fortes similitudes. Les professions dont il s'agit sont celles de bûcheron ($n = 11$), de vigneron ($n = 8$), d'ouvrier d'usine ($n = 10$), d'ouvrier agricole ($n = 16$) et de manœuvre ($n = 14$).

Dans un premier temps, le profil des asymétries de ces petits échantillons est comparé à celui du reste de la population, soit la population totale moins l'échantillon examiné (figure 139). Il nous semble bien établi que le profil d'asymétrie de chacun de ces nouveaux petits groupes suit le schéma général élaboré pour l'ensemble de la population. Dans un second temps, une investigation de la signification biomécanique de ces profils peut être envisagée au moyen de la comparaison établie avec le groupe des agriculteurs. Ces derniers offrent une représentation spécifique à un type de vie quotidienne que nous avons défini au début de ce travail comme intense et non spécialisé.

Le profil des bûcherons, qui font partie du groupe des spécialistes lourds, présente un développement de l'asymétrie directionnelle du membre dominant nettement plus important que celle des agriculteurs et ce, pour les trois os examinés (figure 140a).

Le second profil se rapporte au groupe des vignerons (figure 140b). Nous avons initialement fait un groupe à part de cette profession, sachant que leur vie quotidienne est proche de celle des agriculteurs, tout en étant des spécialistes pour une part de leur activité, ce qui a finalement primé dans leur attribution à un groupe d'activités (SL). Des petits groupes que nous sommes en mesure de tester, le schéma des vignerons est celui qui se calque le plus sur la courbe des agriculteurs. Cette situation est particulièrement frappante, pour l'ensemble des variables de l'humérus et de la région du coude ($r1$). En revanche, les caractéristiques de la clavicule sont plus proches des profils établis pour les spécialistes.

Les ouvriers d'usines ont été classés dans le groupe des spécialistes légers (SI). Le profil de ce groupe se place très largement au-dessus de celui des agriculteurs, montrant que le côté droit de ces individus était considérablement plus développé que le gauche par rapport à

l'asymétrie moyenne des agriculteurs. Ceci est particulièrement notable pour les valeurs mesurées sur l'avant-bras (figure 140c). Si l'on suit l'information donnée par ce schéma, ces ouvriers constituent le groupe le plus spécialisé parmi ceux qui ont pu être examinés.

Le quatrième groupe pris en considération est celui des ouvriers agricoles (figure 140d). Signalons, en premier lieu, que ce terme moderne recouvre les professions plus souvent signalées par les vocables de journalier ou domestique de campagne. Ces sujets font parties du groupe des agriculteurs. Toutefois, le statut social des agriculteurs, propriétaires terriens, et des journaliers, leurs employés, n'est pas le même et nous avons été frappée par le fait que l'âge moyen au décès de ces deux sous-populations diffère dans notre échantillon (ouvriers agricoles : 53 ans, agriculteurs : 61.7 ans). Nous étions curieuse de savoir si les tâches accomplies par les ouvriers agricoles se distinguaient de celles des agriculteurs au point de laisser des traces d'adaptation sur le squelette différentes. Si l'on en croit le profil d'asymétrie de ces ouvriers agricoles, il se pourrait que leurs charges de travail aient induit un développement du squelette encore plus symétrique que celui des agriculteurs.

Le dernier groupe examiné est celui des manœuvres. En raison de l'âge au décès moyen de ce groupe (42.1 ans), notablement inférieur à celui des agriculteurs (61.7 ans), il se peut que ce facteur influence les résultats. Nous avons ainsi confronté le profil des manœuvres avec celui des agriculteurs au complet, d'une part, (figure 141a) et avec un groupe d'agriculteurs dont les individus les plus âgés ont été retirés de telle manière à atteindre l'âge moyen du groupe des manœuvres, d'autre part (figure 141b). On peut vérifier ainsi que la distribution des groupes d'agriculteurs ne diffère pas sensiblement avec l'âge. Les deux comparaisons ne laissent pas voir de différences majeures et les ossements analysés des manœuvres sont légèrement moins asymétriques que ceux des agriculteurs pour l'humérus et le radius, mais pas pour la clavicule. On se souviendra que ce groupe annexe a été placé dans le groupe des généralistes (G) et que ce choix paraît ainsi pleinement justifié.

Parmi les activités que nous avons ainsi eu la possibilité de « visualiser », ce sont les tâches physiques liées aux vies quotidiennes des ouvriers agricoles et des ouvriers d'usines qui induisent des adaptations structurelles les plus divergentes (figure 141c).

En conséquence, ces différents tests effectués sur des groupes les plus homogènes de la collection SIMON sur le plan de l'activité, montrent que les schémas d'asymétrie observés vont tous dans le sens de l'hypothèse qui est à la base de ce travail. L'activité spécialisée induit une plus grande asymétrie et la vie de paysan ou de manœuvre, soit ce que nous avons regroupé sous le terme de « généralistes », conduit à un développement plus symétrique du squelette. Par ailleurs, le groupe des non-actifs a pleinement joué son rôle de groupe témoin ou groupe de contrôle pour prendre la mesure des variations observées.

Au regard de nos résultats, l'asymétrie permet donc de mettre en évidence l'effet des contraintes physiques subies durant la vie d'un individu. Il faut néanmoins tempérer la

potentialité de cette approche en précisant bien que les données d'un individu isolé ne peuvent en aucun cas être interprétées.

Les profils établis pour des sous-groupes beaucoup plus homogènes que les groupes d'activités constitués montrent des différences plus franches avec le groupe témoin des agriculteurs. Il est probable que si nous avions pu constituer des groupes de professions similaires et d'effectifs plus importants, nos résultats auraient pu être plus probants.

9.3. Envisager une application aux populations anciennes

Cette étape de l'intégration de groupes d'individus dont les effectifs sont restreints est fondamentale pour envisager une application de cette approche à des populations anciennes. La prise en compte simultanée d'un grand nombre de variables sur les os du membre supérieur permet de démontrer que des modes de vie plus ou moins intenses, plus ou moins spécialisés, entraînent des modifications de la morphologie du squelette que l'on peut mesurer. Les arguments sur lesquels s'appuie l'interprétation des courbes sont la direction de l'asymétrie et la différence relative entre les groupes, mais pas l'intensité en elle-même.

Il nous semble être en chemin de démontrer que lorsque les paramètres de l'ensemble d'une population peuvent être établis, il deviendra envisageable de comparer les caractéristiques morphologiques de sous-échantillons archéologiquement pertinents (Crubézy et Sellier 1990, Eades 2003). On a vu le rôle joué par le groupe des agriculteurs dans l'interprétation de la position relative des petits groupes d'actifs. Au cours de l'introduction de ce travail, nous avons évoqué l'importance des paysans en tant que représentants d'un mode de vie millénaire et par le fait qu'ils représentent la plus grande proportion des actifs dans les populations subactuelles, comme plus anciennes. Et nous pensons, en effet, que les agriculteurs de la collection SIMON forment un corpus bien cerné, représentatif d'un type de vie quotidienne, et ils constitueront certainement une série de comparaison sur laquelle s'appuyer pour faire ce premier pas vers le passé. Il est encore intéressant de relever que la représentation des asymétries des agriculteurs est proche de celle de l'ensemble de la population, simplement par le fait que le plus grand groupe de la collection est précisément celui des agriculteurs. Cet argument permet d'envisager que dans certains contextes funéraires, il sera possible de faire l'hypothèse que la courbe de référence que l'on pourra établir sur l'ensemble de la population sera également représentative des paysans.

Conclusions

Ce projet est motivé par l'intérêt d'intervenir avec de nouveaux moyens d'analyse dans des contextes archéo-anthropologiques. Pour l'heure, l'emploi d'indicateurs de l'activité se trouve limité dans leur capacité à interpréter les résultats par manque de références à des relations connues entre des vies quotidiennes, et les dimensions et la forme des ossements. Le potentiel de plasticité et les facteurs et agents intervenants dans la formation et l'adaptation du tissu osseux sont connus par les recherches de la biologie, de la médecine des maladies osseuses ou sportive et, plus accessoirement, par l'anthropologie. Les populations étudiées dans le domaine médico-sportif constituent déjà des référentiels de première importance, mais des parallèles ne peuvent être établis qu'avec des contextes archéologiques très spécifiques (lanceurs de javelot, tireurs à l'arc ...). Ainsi, ce projet s'est attaché à constituer un cadre de référence qui permette de s'intéresser aux activités du plus grand nombre des gens inhumés dans les nécropoles anciennes : les paysans et les artisans.

Ce travail est basé sur l'étude d'une série de 235 squelettes masculins extraits de la collection SIMON de squelettes identifiés et se fonde sur l'analyse de l'asymétrie d'indicateurs biomécaniques de l'activité : des propriétés géométriques des sections transverses des os longs et des mesures externes. Nous avons cherché à démontrer que des adaptations structurelles spécifiques existent entre des groupes d'activités constitués sur la base de l'hypothèse suivante : l'exercice d'activités spécialisées, à priori relativement asymétriques (bûcheron, maréchal-ferrant, scieur, tailleur de pierre, menuisier, meunier, ouvrier d'usine ...), devrait entraîner des modifications morphologiques différentes en comparaison de personnes ayant eu une activité plus « généraliste », comme les agriculteurs.

Les images des sections transverses des diaphyses des os long, sur lesquelles vont être calculées les propriétés géométriques, ont été acquises par CT scanner et un protocole de calibration a été établi permettant d'assurer un degré de précision des variables maîtrisé et satisfaisant.

Les informations principales résultant de l'analyse exploratoire des variables sont les suivantes :

- En s'intéressant à l'asymétrie, et plus particulièrement à sa direction, nous avons jugé important de tenter d'identifier l'asymétrie directionnelle en relation avec la dominance et d'individualiser les personnes susceptibles d'être gauchères afin d'évaluer leur contribution respective à l'asymétrie générale. Un sous-groupe de gauchers probables (20 sujets) a effectivement été reconnu par la mise en évidence de schémas d'asymétries dont la direction est parfaitement opposée à celle du reste de la population.

- Parmi l'ensemble des mesures linéaires examinées, celles de la clavicule sont les plus discriminantes, l'asymétrie de longueur (c4) étant la plus pertinente. L'activité physique bilatérale intense (groupes des agriculteurs et des généralistes) tend à réduire l'asymétrie qui est « naturellement » importante dans le groupe des non-manuels. Cette asymétrie est intermédiaire pour les spécialistes et l'on peut envisager que la pratique d'une activité spécialisée, qui privilégie l'usage du membre dominant, participe à maintenir une robustesse plus importante de la clavicule droite. C'est également vrai de l'aire totale de la section c3. La largeur bicondylaire de l'humérus (h7) est la seconde région qui s'adapte en relation avec des contraintes mécaniques. Le radius présente peu de modifications statistiques et l'interprétation des résultats de la région anatomique qui semble la plus intéressante, soit l'épiphyse distale, est gênée par une conservation médiocre. Les différences les plus nombreuses s'observent entre actifs et non-actifs. La composante de l'intensité de l'activité plus que celle de la spécialité semble responsable de ces adaptations de la morphologie externe des os.
- L'asymétrie des propriétés géométriques permet de mettre en évidence des adaptations structurelles en relation avec l'activité. Les deux informations relatives à l'asymétrie avec lesquelles nous avons travaillé, soit les moyennes directionnelles et les répartitions bilatérales, contribuent à mettre en évidence des divergences entre les groupes. Chaque type d'os présente quelques particularités, mais le radius est celui dont les propriétés géométriques sont les plus homogènes pour tous les groupes et l'humérus est celui qui montre le plus de signes d'adaptation.
 L'asymétrie des surfaces des sections transverses (aires totales, corticales et le pourcentage d'aire corticale) sont les propriétés géométriques qui présentent le plus le grand nombre d'indices de différences morphologiques entre les groupes. Si l'on considère les non-actifs comme représentatifs d'une morphologie peu contrainte, les activités accomplies au cours d'une vie quotidienne rurale ont tendance à réduire l'asymétrie de tous les paramètres. Une activité « généraliste » (contraintes bilatérales) induit également un développement plus symétrique des diaphyses qu'une activité spécialisée.
 Avec l'analyse de l'asymétrie des seconds moments de l'aire (I_x , I_y , I_{max} et I_{min}), on ne distingue que peu d'adaptations particulières de la morphologie entre la pratique d'une activité spécialisée intense et les contraintes imposées par la vie d'agriculteur. Il se peut que l'amplitude de l'asymétrie de la clavicule des spécialistes soit plus importante que celle des agriculteurs. On constate, cependant, globalement, une réduction de l'asymétrie qui parle en faveur d'un renforcement de l'humérus gauche lié à la pratique d'une activité physique intense.
- Les rapports des seconds moments de l'aire (I_x/I_y) et (I_{max}/I_{min}) indiquent que l'activité physique en général tend à modifier la géométrie des sections, ce que la comparaison des groupes actifs et non ou peu actifs, a permis de mettre en évidence. La moitié proximale du

radius (r_1 et r_2) est la région anatomique qui montre le plus clairement l'effet de l'activité. Ce sont essentiellement des modifications sur les sections gauches qui expliquent les différences entre les groupes soumis à l'analyse. Il n'y a aucune distinction marquée sur la forme des sections entre des gens ayant pratiqué une activité spécialisée, à priori nécessitant l'usage plus marqué du côté dominant, et les agriculteurs.

L'orientation du second moment de l'aire (I_{max}) est un paramètre très variable entre les individus, mais les moyennes sont homogènes entre les groupes d'activités. L'intensité de l'activité – le fait d'accomplir des tâches requérant de la force – a plus d'influence sur l'adaptation de la forme des sections que la spécialisation des gestes. La clavicule est la région anatomique qui se distingue statistiquement entre actifs spécialistes (SL) et non-actifs (MA). On ne relève globalement que très peu de divergences entre les personnes actives dans l'agriculture et celles ayant accompli des activités spécialisées.

Le bilan que l'on peut tirer de cet examen minutieux des variables est que chaque os et chaque type de variable contribuent à expliquer l'adaptation structurelle des os à l'activité. Cela rend compte de l'intérêt de multiplier les observations permettant de nuancer et enrichir la compréhension que l'on peut en avoir.

Les divergences d'adaptation structurelle les plus marquées ont été relevées entre les groupes de personnes actives et celles qui ne le sont pas ou peu. C'est donc la composante *intensité* de l'activité que l'on peut le plus facilement mettre en évidence.

En ce qui concerne notre hypothèse de départ, les résultats permettent de nuancer quelque peu la proposition. Bien que les spécialistes montrent pour certaines localisations et certaines variables plus d'asymétrie du membre dominant que les autres groupes, ce travail montre que c'est l'activité agricole qui conduit à un développement plus symétrique du squelette, puisque à la fois les non-actifs et les spécialistes présentent plus d'asymétrie. On pourrait s'aventurer à parler d'une symétrie fonctionnelle acquise pour l'agriculteur.

Les comparaisons, même limitées, qui ont pu être établies, nous ont rendue attentive à la nature de l'information apportée par l'asymétrie, qui pourrait décrire à la fois les caractéristiques morphologiques d'une population et les effets de contraintes biomécaniques.

En prenant en considération simultanément un grand nombre de variables, nous avons établi un diagramme général qui reflète les caractéristiques morphologiques de l'asymétrie communes à la population. Ainsi, les variations observées entre ce profil de référence et ceux des groupes d'activités peuvent être interprétées comme le résultat de l'influence d'autres paramètres que le fond génétique, et donc potentiellement de l'activité. Des comparaisons entre des schémas d'asymétrie établis pour des groupes d'individus qui ont exercé la même profession (bûcheron, vigneron, ouvriers agricoles ...) et pour le groupe des agriculteurs, ont permis de démontrer que des modes de vie plus ou moins intenses, plus ou moins spécialisés, entraînent des modifications de la morphologie du squelette. Et l'information la plus précieuse, qui valide l'ensemble de la démarche, est que toutes les variations observées vont

dans le sens de l'hypothèse de départ. Il nous semble ainsi être en bonne voie de démontrer que lorsque les paramètres de l'ensemble d'une population sont connus, il sera possible de lui comparer les caractéristiques d'une sous-population constituée sur la base d'indications archéologiques.

Nos résultats permettent de décrire comment un mode de vie influence la morphologie du squelette au niveau de la ceinture scapulaire, du bras et de l'avant-bras. Nous avons effectué deux approches sur les mêmes variables qui se confortent mutuellement. Une première, consistant en un travail exploratoire méthodique de chaque variable, avec ses tests statistiques, nous fait accéder à des notions précises d'amplitude et de direction de l'asymétrie entre différents genres de vies quotidiennes. Avec la deuxième approche, ce sont des comparaisons de schémas d'asymétrie qui permettent de visualiser des tendances d'adaptation fonctionnelle. Cette analyse biomécanique d'une population identifiée a permis de valider notre proposition initiale et l'on peut considérer que ce matériel ostéologique contient le potentiel informatif pour s'aventurer dans l'étude de la vie quotidienne de populations anciennes.

Les perspectives apportées par cette étude sont multiples et s'étendent dans plusieurs directions de recherche. Cette approche est nouvelle pour les populations européennes et le domaine d'exploration potentiel est extrêmement large.

Les résultats, spécifiques à la population de la collection SIMON, devront, en premier lieu, être validés sur d'autres populations de référence. En prévoyant une application à des populations anciennes, il s'imposera de contrôler le facteur de l'estimation de l'âge au décès. Cet aspect représente, pour l'heure, une difficulté pour la discipline de la paléoanthropologie, et il reste à travailler sur les populations identifiées avec des classes d'âges reproductibles pour les populations archéologiques.

Sur la base d'une démarche comparable à celle mise en place dans cette recherche, nous envisageons de poursuivre la réflexion avec les informations apportées par le membre inférieur, indicateur de la mobilité des populations, afin de compléter la caractérisation des groupes d'activités. Dans cette même perspective, la mise en place d'une méthode multifactorielle, intégrant d'autres indicateurs de l'activité se fera sûrement dans l'avenir, peut-être dans un projet de recherche inter-universitaire.

Une fois l'étape de la standardisation maîtrisée, il sera d'un grand intérêt de mesurer l'adaptation structurelle des ossements par côté, afin d'aborder l'échelle d'intensité des contraintes mécaniques rencontrées pour différents modes de vie.

Il sera, par ailleurs, intéressant de valider notre proposition d'identification de la latéralité d'un individu qui pourrait retenir l'attention du domaine de la médecine médico-légale.

Il est également possible d'envisager d'utiliser les informations obtenues par tomodynamométrie pour travailler à la question de l'estimation de l'âge au décès.

Bibliographie

- Adams M., Reeve J. 1987. Excavations at Christ Church, Spitalfields 1984-6. *Antiquity*, 61 : 247-255.
- Ammann P., Rizzoli R. 2004. Bone quality and strength : In : Rizzoli R. (ed.) *Atlas of postmenopausal osteoporosis*. London : Science Press, p. 47-62.
- Albert A.M., Greene D.L. 1999. Bilateral asymmetry in skeletal growth and maturation as an indicator of environmental stress. *American Journal of Physical Anthropology*, 110 : 341-349.
- al-Oumaoui I., Jiménez-Brobeil S., du Souich P. 2004. Markers of activity patterns in some populations of the Iberian Peninsula. *International Journal of Osteoarchaeology*, 14 : 343-359.
- Annett M. 2002. *Handedness and brain asymmetry : the right shift theory*. Hove, UK : Psychology Press.
- Annett M. 2004. Hand preference observed in large healthy samples : classification, norms and interpretations of increased non-right-handedness by the right shift theory. *British Journal of Psychology*, 95 : 339-353.
- Ardagna Y. 2004. *La conservation des archives biologiques et des documents associés en anthropologie biologique : applications à des collections anthropologiques françaises et hongroises*. Marseille : Faculté de Médecine, Université de la Méditerranée. (Thèse, non publiée).
- Ashizawa N., Nonaka K., Michikami S., Mizuki T., Amagai H., Tokuyama K., Suzuki M. 1999. Tomographical description of tennis-loaded radius : reciprocal relation between bone size and volumetric BMD. *Journal of Applied Physiology*, 86 : 1347-1351.
- Auerbach B.M., Ruff C.B. 2004. Human body mass estimation : a comparison of „morphometric“ and „mechanical“ methods. *American Journal of Physical Anthropology*, 125 : 331-342.
- Auerbach B.M., Ruff C.B. 2006. Limb bone bilateral asymmetry : variability and commonality among modern humans. *Journal of Human Evolution*, 50 : 203-218.
- Augat P., Gordon C.L., Lang T.F., Iida H., Genant H.K. 1998. Accuracy of cortical and trabecular bone measurements with peripheral quantitative computed tomography (pQCT). *Physics in medicine and biology*, 43 : 2873-2883.
- Bailly-Maître M.-C., Simonel B., Barré N., Boule E.-L. 1996. Travail et milieu : incidence sur une population au Moyen Âge. In : *L'identité des populations archéologiques. Actes des XVIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*, (ed.) APDCA : Sophia Antipolis, p. 212-243
- Bass S.L., Saxon L., Daly R.M., Turner C.H., Robling A.G., Seeman E., Stuckey S. 2002. The effect of mechanical loading on the size and shape of bone in pre-, peri, and post-pubertal girls : a study in tennis players. *Journal of Bone and Mineral Research*, 17 : 2281-2289.
- Bhudhikanok G.S., Wang M.C., Eckert K., Matkin C., Marcus R., Bachrach L.K. 1996. Differences in bone mineral in young Asian and Caucasian Americans may reflect differences in bone size. *Journal of Bone and Mineral Research*, 11, 10 : 1545-1556.
- Blackburn A., Knüsel C.J. 2006. Bilateral asymmetry of the epicondylar breadth of the humerus. *Current Anthropology*, 47 : 377-382.

- Braga J., Hublin J.-J. 2005. Imagerie anatomique et fonctionnelle en anthropologie. In : Dutour O., Hublin J.-J., Vandermeersch B. (eds) *Objets et méthodes en paléanthropologie*. Paris : Comité des travaux historiques et scientifiques, p. 409-418.
- Bonel H.M., Lochmüller E.-V., Well H., Kuhn V., Hudelmaier M., Reiser M., Eckstein F. 2004. Multislice computed tomography of the distal radius metaphysis. *Journal of Clinical Densitometry*, 7, 2 : 169-182.
- Bonjour J.P., Theintz G., Law F., Slosman D., Rizzoli R. 1995. Le pic de masse osseuse : réalités et incertitudes. *Archives de pédiatrie*, 2, 5 : 460-468.
- Bouxsein M.L., Myburgh K.H., van der Meulen M.C.H., Lindenberg E., Marcus R. 1994. Age-related differences in cross-sectional geometry of the forearm bones in healthy women. *Calcified Tissue International*, 54 : 113-118.
- Bridges P.S. 1985. Structural changes of the arms associated with habitual grinding of corn. (Proceedings of the 54th annual meeting of the american association of physical anthropologists, Knoxville, Tennessee). *American Journal of Physical Anthropology*, 66 : 145-150.
- Bridges, P.S. 1989. Changes in activities with the shift to agriculture in the south-eastern United States. *Current Anthropology*, 30, 3 : 385-394.
- Bridges P.S. 1992. Prehistoric arthritis in the Americas. *Annual Review of Anthropology*, 21 : 67-91.
- Bridges P.S. 1995. Skeletal biology and behavior in ancient humans. *Evolutionary Anthropology*, 4 : 112-120.
- Bridges P.S., Blitz J.H., Solan M.C. 2000. Changes in long bone diaphyseal strength with horticultural intensification in west-central Illinois. *American Journal of Physical Anthropology*, 112 : 217-238.
- Brock S.L. Ruff C.B. 1988. Diachronic patterns of change in structural properties of the femur in the prehistoric American Southwest. *American Journal of Physical Anthropology*, 75, 1 : 113-127.
- Burr D.B. 1997. Muscle strength, bone mass, and age-related bone loss. *Journal of Bone and Mineral Research*, 12 : 1547-1551.
- Carter D.R., van der Meulen M.C.H., Beaupré G.S. 1996. Mechanical factors in bone growth and development. *Bone*, 18, 1, Supplement : 5S-10S.
- Cassagnaud X., Maynou C., Petroff E., Dujardin C., Mestdag H. 2003. A study of reproducibility of an original method of CT measurement of the lateralization of the intertubercular groove and humeral retroversion. *Surgical and Radiological Anatomy*, 25, 2 : 145-151.
- Churchill, S.E. 1994. Human upper body evolution in the Eurasian later Pleistocene. Ph.D dissertation, University of New Mexico.
- Churchill S.E., Formicola V. 1997. A case of marked bilateral asymmetry in the upper limbs of an upper Palaeolithic male from Barma Grande (Liguria), Italy. *International Journal of Osteoarchaeology*, 7 : 18-38.
- Corcoran T.A., Sandler R.B., Myers E.R., Lebowitz H.H., Hayes W.C. 1994. Calculation of cross-sectional geometry of bone from CT images with application in postmenopausal women. *Journal of Computer Assisted Tomography*, 18, 4 : 626-633.
- Cowin S.C. 2001. Mechanics of materials. In : Cowin S.C. (ed.) *Bone biomechanics handbook*, 2nd ed. Boca Raton : CRC Press, p. 6-1 à 6-24.
- Cox M.J. 1996. Life and death in Spitalfields, 1700 to 1850. York : Council for British Archaeology.
- Crosby C.A., Wehbe M.A., Mawr B. 1994. Hand strength : normative values. *Journal of Hand Surgery – American Volume*, 19, 4 : 665-670.

- Crubézy E., Sellier P. 1990. Caractères discrets et organisation des ensembles sépulcraux. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 2 (3-4) : 171-177.
- Crubézy E., Goulet J., Bruzek J., Jelinek J., Rougé D., Ludes B. 2002. Épidémiologie de l'arthrose et des enthésopathies dans une population européenne d'il y a 7700 ans. *Revue du Rhumatisme : Maladies des Os et des Articulations*. Édition française, 69 : 1217-1225.
- Cunha E., Umbelino C. 1995. What can bones tell about labour and occupation : the analysis of skeletal markers of occupational stress in the Identified Skeletal Collection of the Anthropological Museum of the University of Coimbra (preliminary results). *Anthropologia Portuguesa*, 13 : 49-68.
- Currey J.D. 2002. *Bones : structure and mechanics*. Princeton, NJ : Princeton University Press.
- Czuzak M.H. 1998. Skeletal asymmetry, degenerative joint disease and handedness in humans. Tucson : University of Arizona. (Unpublished PhD dissertation).
- Czuzak M.H. 2005. Handedness. In : Paynes-James J., Byard R.W., Corey T.S., Henderson C. *Encyclopedia of forensic and legal medicine*. Amsterdam [etc.] : Elsevier Academic Press, p. 142-145.
- Daegling D.J. 1989. Biomechanics of cross-sectional size in the hominoid mandibular corpus. *American Journal of Physical Anthropology*, 80 : 91-106.
- Daegling D.J. 2002. Estimation of torsional rigidity in primate long bones. *Journal of Human Evolution*, 42 : 229-239.
- Daegling D.J., Grine F.E. 1991. Compact bone distribution and biomechanics of early hominid mandibles. *American Journal of Physical Anthropology*, 86 : 321-339.
- Dahlberg G. 1940. *Statistical methods for medical and biological students*. London : Allen and Unwin
- Dahmen R., Fagard J. 2005. The effect of explicit cultural bias on laterla preferences in Tunisia. *Cortex*, 41 : 805-815.
- Daly R. M., Saxon L., Turner C. H., Robling A. G., Bass S. L. 2004. The relationship between muscle size and bone geometry during growth and in response to exercise. *Bone*, 34 : 281-287.
- Dellaert F. 2002. The expectation maximization algorithm. GVU Center : College of Computing, Georgia Technology : Technical Report number GIT-GVU-O2-20.
- Dickie D.L., Goldstein S.A., Flynn M.J., Bridges P. 1984. Analysis of the geometric properties of human long bones using computer axial tomography. *Journal of Biomechanics*, 17, 11 : 868.
- Djuric M.P., Roberts C.A., Rakocevic Z.B., Djonic D.D., Lesic A.R. 2006. Fractures in late medieval skeletal populations from Serbia. *American Journal of Physical Anthropology*, 130, 2 : 167-178.
- Dutour O. 1986. Enthesopathies (lesions of muscular insertions) as indicators of the activities of Neolithic Saharan populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 71 : 221-224.
- Dutour O. 1992. Activités physiques et squelette humain : le difficile passage de l'actuel au fossile. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, n.s., 4, 3-4 : 233-241.
- Dutour O. 1993. Les marqueurs d'activités sur l'os humain fossile : une tracéologie paléoanthropologique ? In : Traces et fonction : les gestes retrouvés. Colloque international de Liège, Edition ERAUL, vol. 50, p. 59-66.**
- Eades S. 2003. Etude du déterminisme familial des traits non-métriques dentaires afin d'identifier des groupes d'individus apparentés en contexte funéraire archéologique : application aux ensembles archéologiques de Kerma (Soudan), d'En Sency à Vuflens-la-Ville (Vaud, Suisse) et de Chamblandes à Pully (Vaud, Suisse). Genève : Dép. d'anthrop. et d'écologie de l'Univ. (Thèse de doctorat : Fac. des sci. ; 3458).

- Eshed V., Gopher A., Galili E., Hershkovitz I. 2004. Musculoskeletal stress markers in Natufian hunter-gatherers and neolithic farmers in the Levant : the upper limb. *American Journal of Physical Anthropology*, 123 : 303-315.
- Etter H., Bockmühl P., Heinrichs C., Hitz I., Hotz G., Lörcher M., Rigert E., Schröder S., Uhl A. 1993. Der Spitalfriedhof St. Johann in Basel : Funde und Befunde aus einer anthropologischen Ausgrabung. Bâle : Naturisches Museum Basel.
- Faurie C., Schiefenhövel W., Le Bomin S., Billiard S., Raymond M. 2005. Variation in the frequency of left-handedness in traditional societies. *Current Anthropology*, 46, 1 : 142-147.
- Forwood M.R. 2001. Mechanical effects on the skeleton : are there clinical implications ? *Osteoporosis International*, 12 : 77-83.
- Fresia A.E., Ruff C.B., Larsen C.S. 1990. Temporal decline in bilateral asymmetry of the upper limb on the Georgia coast. In : Larsen C.S. (ed.) *Archaeology of mission Santa Catalina de Guale : 2. biocultural interpretations of a population in transition*. New York : *Anthropological papers of the american museum of natural history*, 68 : 121-132.
- Frost H.M. 2003. Bone's mechanostat : a 2003 update. *The Anatomical Record Part A*, 275A, 2, p. 1081-1101.
- Galera V., Ubelaker D.H., Hayek, L.A.C. 1998. Comparison of macroscopic cranial methods of age estimation applied to skeletons from the Terry Collection. *Journal of Forensic Science*, 43 : 933-939.
- Garn S.M., Mayor G.H., Shaw H.A. 1976. Paradoxical bilateral asymmetry in bone size and bone mass in the hand. *American Journal of Physical Anthropology*, 45, 2 : 209-210.
- Garn S.M., Sullivan V., Decker S.A., Larkin F.A., Hawthorne V.M. 1992. Continuing bone expansion and increasing bone loss over a two-decade period in men and women from a total community sample. *American Journal of Human Biology*, 4, 1 : 57-67.
- Gemmerich I. 1993-1994. Création d'une collection de squelettes récents provenant de cimetières désaffectés du canton de Vaud (Suisse) : âge, sexe et liens familiaux connus : présentation de l'organisation du projet. *Bulletin du Centre genevois d'Anthropologie*, 4 : 103-104.
- Gemmerich I. 1997. Collection I. Gemmerich : squelettes récents vaudois 1992-1993 (CH). Dossier documentaire. *Bulletin de la Société Suisse d'Anthropologie*, 3, 2 : 1-12.
- Gemmerich Pfister I. 1999. Création d'une collection anthropologique de référence et application des caractères discrets dans le cas de généalogies connues. Genève : Département d'anthropologie et d'écologie de l'Université. (Thèse de doctorat : Faculté des sciences de la section de biologie ; 3076).
- Griffin N.L., Richmond B.G. 2005. Cross-sectional geometry of the human forefoot. *Bone*, 37, 2 : 253-260.
- Haapasalo H., Kontulainen S., Sievanen H., Kannus P., Jarvinen M., Vuori I. 2000. Exercise-induced bone gain is due to enlargement in bone size without a change in volumetric bone density : a peripheral quantitative computed tomography study of the upper arms of male tennis players. *Bone*, 27, 3 : 351-357.
- Harrington M.A. Jr., Keller T.S., Seiler J.G. III, Weikert D.R., Moeljanto E., Schwartz H.S. 1993. Geometrical properties and the predicted mechanical behavior of adult human clavicles. *Journal of Biomechanics*, 26, 4-5 : 417-426.
- Hawkey D.E. 1988. Use of upper extremity enthesopathies to indicate habitual activity patterns. M.A. Thesis, Department of Anthropology, Arizona State University, Tempe.

- Hawkey D.E., Merbs C.F. 1995. Activity-induced musculoskeletal Stress markers (MSM) and subsistence strategy changes among ancient Hudson bay eskimos. *International Journal of Osteoarchaeology*, 5 : 324 - 338.
- Hepper P.G., McCartney G.R., Shannon E.A. 1998. Lateralised behaviour in first trimester human fetuses. *Neuropsychologia*, 36, 6 : 531-534.
- Hepper P.G., Shahidullah S., White R. 1991. Handedness in the human fetus. *Neuropsychologia*, 29, 11 : 1107-1111.
- Hepper P.G., Wells D.L., Lynch C. 2005. Prenatal thumb sucking is related to postnatal handedness. *Neuropsychologia*, 43, 3 : 313-315.
- Hiramoto Y. 1993. Right-left differences in the lengths of human arm and leg bones. *Kaibogaku Zasshi*, 68, 5 : 536-543.
- Holla S.J., Vettivel S., Chandi G. 1996. Bony markers at the distal end of the radius for estimating handedness and radial length. *Annals of Anatomy (= Anatomischer Anzeiger)*, 178, 2 : 191-195.
- Holliday T.W. 2002. Body size and postcranial robusticity of european upper Paleolithic hominins. *Journal of Human Evolution*, 43, 6 : 513-528.
- Holt B.M. 2003. Mobility in Upper Paleolithic and Mesolithic Europe : evidence from the lower limb. *American Journal of Physical Anthropology*, 122 : 200-215.
- Hsu E.S., Patwardhan A.G., Meade K.P., Light T.R., Martin W.R. 1993. Cross-sectional geometrical properties and bone mineral contents of the human radius and ulna. *Journal of Biomechanics*, 26, 11 : 1307-1318.
- Humphrey L. 1998. Growth patterns in the modern human skeleton. *American Journal of Physical Anthropology*, 105 : 57-72.
- Ingelmark B.E. 1946. Über die Längenasymmetrien der Extremitäten und ihren Zusammenhang mit der Rechts-Linkshändigkeit. *Upsala Läkareförenings Förhandlingar N.F.*, 52 : 17-82.
- Jackson S.A., Thomas R.M. 2005. *Cross-sectional imaging made easy*. Edinburgh [etc] : Churchill Livingstone.
- Jee W.S. 2000. Principles in bone physiology. *Journal of musculoskeletal and Neuronal Interactions*, 1, 1 : 11-13.
- Jones H.H., Priest J.D., Hayes W.C., Tichenor C.C. Nages D.A. 1977. Humeral hypertrophy in response to exercise. *The Journal of Bone and Joint Surgery, Am. vol*, 59A, 2 : 204-208.
- Josty I.C., Tyler M.P. Shewell P.C., Roberts A.H. 1997. Grip and pinch strength variations in different types of workers. *Journal of Hand Surgery – British Volume*, 22B, 2 : 266-269.
- Judd M.A., Roberts C.A. 1999. Fracture trauma in a medieval British farming village. *American Journal of Physical Anthropology*, 109, 2 : 229-243.
- Jurmain R.D. 1991. Degenerative changes in peripheral joints as indicators of mechanical stress : opportunities and limitations. *International Journal of Osteoarchaeology*, 1 : 247-252.
- Jurmain R.D. 1999. *Stories from the skeleton : behavioural reconstruction in human osteology. Australia (etc) : Gordon and Breach Publishers*, 329 p.
- Kalender W.A. 2005. CT : the unexpected evolution of an imaging modality. *European Radiology*, 15, Supplement, 4 : D21-D24.
- Kannus P., Haapasalo H., Sankelo M., Sievänen H., Pasanen M., Heinonen A., Oja P., Vuori I. 1995. Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players. *Annals of Internal Medicine*, 123, 1 : 27-31.

- Kannus P., Haapasalo H., Sievänen H., Oja P., Vuori I. 1994. The site-specific effects of long-term unilateral activity on bone mineral density and content. *Bone*, 15, 3 : 279-284.
- Kemkes-Grottenthaler A. 2002. Aging through the ages : historical perspectives on age indicator methods. In : Hoppa R.D., Vaupel J.W. (eds) *Paleodemography : age distributions from skeletal samples*. CSBEA : Cambridge, 48-72.
- Kennedy K.A.R. 1989. Skeletal markers of occupational stress. In : Iscan M.Y., Kennedy, K.A.R. (eds) *Reconstruction of life from the skeleton*. New York : Alan R. Liss, INC., p. 129-160.
- Kennedy K.A.R. 1998. Markers of occupational stress : conspectus and prognosis of research. *International Journal of Osteoarchaeology*, 8 : 305-310.
- Kimura T. 2006. Robustness of the whole Jomon femur shaft assessed by cross-sectional geometry. *Anthropological Science*, 114 : 13-22.
- Knüsel C.J. 2000. Bone adaptation and its relationship to physical activity in the past. In : Cox M., Mays S. (eds) *Human osteology in archaeology and forensic science*. London : GMM, p. 381-401.
- Knüsel C.J., Göggel S., Lucy D. 1997. Comparative degenerative joint disease of the vertebral column in the medieval monastic cemetery of the Gilbertine Priory of St.Andrew, Fishergate, York, England. *American Journal of Physical Anthropology*, 103 : 481-495.
- Knüsel C.J., Roberts C.A., Boylston A. 1996. When Adam delved ... : an activity-related lesion in three human skeletal populations. *American Journal of Physical Anthropology*, 100 : 427-434.
- Kontulainen S., Kannus P., Haapasalo H., Sievanen H., Pasanen M., Heinonen A., Oja P., Vuori I. 2001. Good maintenance of exercise-induced bone gain with decreased training of female tennis and squash players : a prospective 5-year follow-up study of young and old starters and controls. *Journal of Bone and Mineral Research*, 16, 2 : 195-201.
- Kontulainen S., Sievanen H., Kannus P., Pasanen M., Vuori I. 2002. Effect of long-term impact-loading on mass, size, and estimated strength of humerus and radius of female racquet-sports players : a peripheral quantitative computed tomography study between young and old starters and controls. *Journal of Bone and Mineral Research*, 17 : 2281-2289.
- Kurjak A., Vecsek N., Hafner T., Bozek T., Fundak-Kurjak B., Ujevic B. 2002. Prenatal diagnosis : what does four-dimensional ultrasound add ? *Journal of Perinatal Medicine*, 30 : 57-62.
- Lanyon L.E. 1990. The relationship between functional loading and bone architecture. In : DeRousseau C.J. (ed.) *Primate life history and evolution*. Monographs in Primatology, 14. New York : Wiley-Liss, p. 269-284.
- Larsen C.S. 1997. *Bioarchaeology : interpreting behavior from the human skeleton*. Cambridge : Cambridge University Press, p. 195-225.
- Latimer H.B., Lowrance E.W. 1965. Bilateral asymmetry in weight and in length of human bones. *Anatomical Research*, 152 : 217-224.
- Lazenby R.A. 2002. Skeletal biology, functional asymmetry and the origins of « handedness ». *Journal of Theoretical Biology*, 218 : 129-138.
- Ledger M., Holtzhausen L.-M., Constant D., Morris A. 2000. Biomechanical beam analysis of long bones from a late 18th slave cemetery in Cape Town, South Africa. *American Journal of Physical Anthropology*, 112 : 207-216.
- Lieberman D.E., Devlin M.J., Pearson O.M. 2001. Articular area responses to mechanical loading : effects of exercise, age, and skeletal location. *American Journal of Physical Anthropology*, 116 : 266-277.

- Liu L., Maruno R., Mashimo T., Sanka K., Higuchi T., Hayashi K., Shirasaki Y., Mukai N., Saitoh S., Tokuyama K. 2003. Effects of physical training on cortical bone at midtibia assessed by peripheral QCT.
- Lovejoy C.O., Burstein A.H., Heiple K.G. 1976. The biomechanical analysis of bone strength : a method and its application to platycnemia. *American Journal of Physical Anthropology*, 44 : 489-506.
- Lovejoy C.O., McCollum M.A., Reno P.L., Rosenman B.A. 2003. Developmental biology and human evolution. *Annual Review of Anthropology*, 32 : 85-109.
- Marchi D., Sparacello V., Holt B., Formicola V. 2006. Biomechanical approach to the reconstruction of activity patterns in neolithic western Liguria, Italy. *American Journal of Physical Anthropology*, 131, 4 : 447-455.
- Martin R., Saller K. 1957. *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden. Band I.* Stuttgart : G. Fischer.
- Martin R.B., Atkinson, P.J. 1977. Age and sex-related changes in the structures and strength of the human femora shaft. *Journal of Biomechanics*, 10 : 223-231.
- Mays S., Steele J., Ford M. 1999. Directional asymmetry in the human clavicle. *International Journal of Osteoarchaeology*, 9 : 18-28.
- McGrew W.C., Marchant L.F. 1997. On the other hand : current issues in and meta-analysis of the behavioral analysis of the behavioral laterality of hand function in nonhuman primates. *Yearbook of Physical Anthropology*, 40 : 201-232.
- McManus C. 2002. Right hand, left hand : the origins of asymmetry in brains, bodies, atoms and cultures. London : Weidenfeld and Nicolson.
- Médiadico : <http://free.mediadico.com/dictionnaire.asp/definition/manualit%E9/dictionnaire>
- Melton III L.J. 2001. The prevalence of osteoporosis : gender and racial comparison. *Calcified Tissue International*, 69, 4 : 179-181.
- Minns R.J., Bremble G.R., Campbell J. 1975. The geometric properties of the human tibia. *Journal of Biomechanics*, 8 : 253-255.
- Molleson T. 1989. Seed preparation in the Mesolithic : the osteological evidence. *Antiquity*, 63 : 356-362.
- Molleson T., Cox M. 1993. *The Spitalfields project vol.2 : the middling sort.* Londres : Council for British Archaeology research report, 86.
- Munson Chapman N.E. 1997. Evidence for Spanish influence on activity induced musculoskeletal stress markers at Pecos Pueblo. *International Journal of Osteoarchaeology*, 7 : 497-506.
- Nanyan P., Prouteau S., Jaffre C., Benhamou L., Courteix D. 2005. Thicker radial cortex in physically active prepubertal girls compared to controls. *International Journal of Sports Medicine*, 26 : 110-115.
- Nara-Ashizawa N., Liu L.J., Higuchi T., Tokuyama K., Hayashi K., Shirasaki Y., Amagai H., Saitoh S. 2002. Paradoxical adaptation of mature radius to unilateral use in tennis playing. *Bone*, 30, 4 : 619-623.
- Nielsen S.P., Xie X., Bärenholdt O. 2001. Geometric properties of distal radius and pathogenesis of Colles Fracture. *Journal of Clinical Densitometry*, 4, 3 : 209-219.
- O'Neill M.C., Ruff C.B. 2004. Estimating human long bone cross-sectional geometric properties : a comparison of noninvasive methods. *Journal of Human Evolution*, 47, 4 : 221-235.

- Ohman J.C., Lovejoy C.O., Simpson S.W., Latimer B.L. 2000. Skeletal variability and functional morphology. *American Journal of Physical Anthropology*, Supplement, 30 : 242-243.
- Pálfi G. 1992. Traces des activités sur les squelettes des anciens Hongrois. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, n.s., 4, 3-4 :209-231.
- Pálfi G. 1997. Maladies dans l'Antiquité et au Moyen-Âge : paléopathologie comparée des anciens Gallo-Romains et Hongrois. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 9 (1-2).
- Pálfi G., Dutour O. 1996. Les marqueurs d'activité sur le squelette humain : aspects théoriques et application à des séries ostéoarchéologiques européennes. In : *L'identité des populations archéologiques. XVIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*. Editions APDCA, Sophia Antipolis, p. 245-269.
- Palmer A.R. 1994. Fluctuating asymmetry analyses : a primer. In : Markow T.A. (ed.) *Developmental instability : its origins and evolutionary implications*. Kluwer : Dordrecht, the Netherlands : 335-364.
- Palmer A.R. 1996. From symmetry to asymmetry : phylogenetic patterns of asymmetry variation in animals and their evolutionary significance. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 93 : 14279-14286.
- Pande B.S., Singh I. 1971. One side dominance in the upper limbs of human fetuses as evidenced by asymmetry in muscle and bone weight. *Journal of Anatomy*, 109 : 457-459.
- Pany D. 2003. Mining for the miners ? An analysis of occupationally-induced stress markers on the skeletal remains from the ancient Hallstatt cemetery. Wien : Universität Wien. (Diplomarbeit).
- Pearson J., Dequeker J., Henley M. et 30 auteurs. 1995. European semi-anthropomorphic spine phantom for the calibration of bone densitometers : assessment of precision, stability and accuracy the European quantitation of osteoporosis study group. *Osteoporosis International*, 5, 3 : 174-184.
- Pearson O.M., Grine F.E. 1996. Morphology of the Border Cave hominid ulna and humerus. *South African Journal of Science*, 92 : 231-237.
- Pearson O.M., Lieberman D.E. 2004. The aging of Wolff's « law » : ontogeny and responses to mechanical loading in cortical bone. *Yearbook of Physical Anthropology*, 47, p. 63-99.
- Peck J.J., Stout S.D. 2006. Intraskletal variability in bone mass. *American Journal of Physical Anthropology*, 132, 1 : 89-97.
- Perelle I.B., Ehrman L. 1994. An international study of human handedness : the data. *Behavior Genetics* 24, 3 : 217-227.
- Perréard Lopreno G. 2005. Daily life and skeletal morphology : correlations (?) between cross-sectional geometrical properties obtained by CT scanner and external measurements. Poster présenté à la réunion annuelle de la British Association of Bioarchaeology and Osteology, Londres, septembre 2005. (non publié).
- Perréard Lopreno (G.) 2000. Etude anthropologique des squelettes de Romainmôtier (fouilles 1986-1997). (rapport non publ.)
- Perréard Lopreno G., Eades S. 2003. Une démarche actualiste en paléanthropologie : la collection de squelettes de référence. In : Besse M., Stahl Gretsche L.-I., Curdy P. (eds) *Constellations : hommage à Alain Gailly*. Lausanne : Cahiers d'archéologie romande. (Cahs d'archéol. romande ; 95), 463-472.
- Perron J.-S. 2006. Les marqueurs osseux d'activités physiques : une étude des restes humains du cimetière St. Matthew à Québec (XVIIIe et XIXe siècles). Québec : Université Laval. Mémoire de maîtrise, non publié. (www.theses.ulaval.ca/2006/23757/23757.pdf).

- Peterson J. 1998. The Natufian hunting conundrum : spears, atlatls, or bows ? Musculoskeletal and armature evidence. *International Journal of Osteoarchaeology*, 8 : 378-389.
- Pfeiffer S. 1980. Age changes in the external dimensions of adult bone. *American Journal of Physical Anthropology*, 52 : 529-532.
- de Pinieux G., Forest M. 2003. Qu'est-ce qu'une enthèse ?. In : Bard H., Cottens A., Rodineau J., Saillant G., Railhac J.J. (eds) *Tendons et enthèses*. Montpellier : Sauramps médical, p. 15-17.
- Plato C.C., Wood J.L., Norris A.H. 1980. Bilateral asymmetry in bone measurements of the hand and lateral hand dominance. *American Journal of Physical Anthropology*, 52 : 27-31.
- Plochocki J. 2002. Directional bilateral asymmetry in human sacral morphology. *International Journal of osteoarchaeology*, 12 : 349-355.
- Plochocki J.H., Ward C.V., Smith D. 2004. Mechanical regulation of tibiofemoral joint growth : a computational analysis. *American Journal of Physical Anthropology*, Supplement, 38 : 160-161.
- Proctor D.N., Melton L.J., Khosla S., Crowson C.S., O'Connor M.K., Riggs B.L. 2000. Relative influence of physical activity, muscle mass and strength on bone density. *Osteoporosis International*, 11, 11 : 944-952.
- Raymond M., Pontier D. 2004. Is there geographical variation in human handedness ? *Laterality*, 9, 1 : 207-213.
- Rhodes J.A., Knüsel C.J. 2005. Activity-related skeletal change in medieval humeri : cross-sectional and architectural alterations. *American Journal of Physical Anthropology*, 128, 1 : 536-546.
- Rife D.C. 1940. Handedness, with special reference to twins. *Genetics*, 25, 2 : 178-186.
- Ringe J.D. 2004. Pathophysiology of postmenopausal osteoporosis. In : Rizzoli R. (ed.) *Atlas of postmenopausal osteoporosis*. London : Science Press, p. 1-24.
- Robb J. 1998. The interpretation of skeletal muscle sites : a statistical approach. *International Journal of Osteoarchaeology*, 8 : 363-377.
- Robling A.G., Hinant F.M., Burr D.B., Turner C.H. 2002. Improved bone structure and strength after long-term mechanical loading is greatest if loading is separated into short bouts. *Journal of Bone and Mineral Research*, 17, 8 : 1545-1554.
- Rosset A., Spadola L., Ratib O. 2004. OsirX : an open-source software for navigating in multidimensional DICOM images. *Journal of Digital Imaging*, 17, 3 : 205-216.
- Roux C. 2003. Méthodes non invasives de mesure de la densité minérale osseuse. *Médecine/Sciences*, 19 : 231-328.
- Roy T.A., Ruff C.B., Plato C.C. 1994. Hand dominance and bilateral asymmetry in structure of the second metacarpal. *American Journal of Physical Anthropology*, 94 : 203-211.
- Ruff C.B. 1981. Structural changes in the lower limb bones with aging at Pecos Pueblo. Ph.D. diss., Univ. Pennsylvania, Philadelphia.
- Ruff C.B. 1987. Sexual dimorphism in human lower limb bone structure : relationship to subsistence strategy and sexual division of labor. *Journal of Human Evolution*, 16 : 391-416.
- Ruff C.B. 1999. Skeletal structure and behavioral patterns of prehistoric Great Basin populations. In : Hemphill, B.E., Larsen C.S. (eds) *Understanding Prehistoric Lifeways in the Great Basin Wetlands : Bioarchaeological Reconstruction and Interpretation*, p. 290-320.
- Ruff C.B. 2000a. Body size, body shape, and long bone strength in modern humans. *Journal of Human Evolution*, 38 : 269-290.

- Ruff C.B. 2000b. Biomechanical analyses of archaeological human skeletons. In : Katzenberg M.A., Shelley R.S. (eds) *Biological anthropology of the human skeleton*. New York : Wiley-Liss, p. 71-102.
- Ruff C.B. 2005. Mechanical determinants of bone form : insights from skeletal remains. *Journal of Musculoskeletal & Neuronal Interactions*, 5, 3 : 202-212.
- Ruff C.B. Hayes W.C. 1983a. Cross-sectional geometry of Pecos Pueblo femora and tibiae-a biomechanical investigation : I. method and general patterns of variation. *American Journal of Physical Anthropology*, 60 : 359-381.
- Ruff C.B. Hayes W.C. 1983b. Cross-sectional geometry of Pecos Pueblo femora and tibiae - a biomechanical investigation : II. sex, age and side differences. *American Journal of Physical Anthropology*, 60 : 383-400.
- Ruff C., Holt B., Trinkaus E. 2006. Who's afraid of the big bad wolff ? : « Wolff's law » and bone functional adaptation. *American Journal of Physical Anthropology*, 129 : 484-498.
- Ruff C.B., Jones H.H. 1981. Bilateral asymmetry in cortical bone of the humerus and tibiae – sex and age factors. *Human Biology*, 53 : 69-86.
- Ruff C.B., Larsen C.S. 1990. Postcranial biomechanical adaptations to subsistence strategy changes on the Georgia coast. In : Larsen (C.S.).(ed.) *The archaeology of mission Santa Catalina de Guale : 2. biocultural interpretations of a population in transition* New York : *Anthropological papers of the american museum of natural history*, 68 : 92-120.
- Ruff C.B., Leo F.P. 1986. Use of computed tomography in skeletal structure research. *Yearbook of Physical Anthropology*, 29 : 181-195.
- Ruff C.B., Trinkaus E., Walker A., Larsen C.S. 1993. Postcranial robusticity in Homo. I : temporal trends and mechanical interpretation. *American Journal of Physical Anthropology*, 91, 1 : 21-53.
- Ruff C.B., Walker A., Trinkaus E. 1994. Postcranial robusticity in Homo. III : Ontogeny. *American Journal of Physical Anthropology*, 93 : 35-54.
- Sabatier JP., Guaydier-Souquieres G., Laroche D., Benmalek A., Fournier L., Guillon-Metz F., Delavenne J., Denis AY. 1996. Bone mineral acquisition during adolescence and early adulthood : a study in 574 healthy females 10-24 years of age. *Osteoporosis International*, 6, 2 : 141-148.
- Sakaue K. 1998. Bilateral asymmetry of the humerus in Jomon people and moderne Japanese. *Anthropological Science*, 105 : 231-246.
- Schmitt A., Murail P., Cunha E., Rougé D. 2002. Variability of the pattern of aging on the human skleton : evidence from bone indicators and implications on age at death estimation. *Journal of Forensic Sciences*, 47, 6 : 1203-1209.
- Schulter-Ellis F.P. 1980. Evidence of handedness on documented skeletons. *Journal of Forensic Sciences*, 25 : 624-630.
- Schultz A.H. 1937. Proportions, variability and asymmetries of the long bones of the limbs and the clavicles in man and apes. *Human Biology*, 9 : 281-328
- Seeman E. 2003. Periosteal bone formation – a neglected determinant of bone strength. *The New England Journal of Medecine*, 349, 4 : 320-323.
- Shimizu A., Endo M. 1983. Comparison of patterns of handedness between twins and singletons in Japan. *Cortex*, 19, 3 : 345-352.
- Sicotte N.L., Woods R.P., Mazziotta J.C. 1999. Handedness in twins : a meta-analysis. *Laterality*, 4, 3 : 265-286.

- Sievänen H., Kannus P., Nieminen V., Heinonen A., Oja P., Vuori I. 1996. Estimation of various mechanical characteristics of human bones using Dual Energy X-Ray Absorptiometry : methodology and precision. *Bone*, 18, Supplement, 1 : 17S-27S.
- Sievänen H., Koskue V., Rauhio A., Kannus P., Heinonen A., Vuori I. 1998. Peripheral quantitative computed tomography in human long bones : evaluation of in vitro and in vivo precision. *Journal of Bone Mineral Research*, 13, 5 : 871-882.
- Sládek V., Berner M., Sailer R. 2006a. Mobility in central european late Eneolithic and early Bronze Age : femoral cross-sectional geometry. *American Journal of Physical Anthropology*, 130, 3 : 320-332.
- Sládek V., Berner M., Sailer R. 2006b. Mobility in central european late Eneolithic and early Bronze Age : tibial cross-sectional geometry. *Journal of Archaeological Science*, 33, 4 : 470-482.
- Sofaer Derevenski J.R. 2000. Sex differences in activity-related osseous change in the spine and the gendered division of labor at Ensay and Wharram Percy, UK. *American Journal of Physical Anthropology*, 111 : 333-354.
- Spiegler B.J., Yeni-Komshian G.H. 1983. Incidence of left-handed writing in a college population with reference to family patterns of hand preference. *Neuropsychologia*, 21, 6 : 651-659.
- Steele J. 2000a. Skeletal indicators of handedness. In : Cox M., Mays S. (eds) *Human Osteology in Archaeology and Forensic Science*. London : GMM, p. 307-323.
- Steele J. 2000b. Handedness in past human populations : skeletal markers. *Laterality*, 5 : 193-220.
- Steele J., Mays S. 1995. Handedness and directional asymmetry in the long bones of the human upper limb. *International Journal of Osteoarchaeology*, 5 : 39-49.
- Steiner L., Menna F., & Perréard Lopreno G., collab. 2000. La nécropole du Pré de la Cure à Yverdon-les Bains : (IVe -VIIe s. ap. J.-C.). Lausanne : Cahiers d'archéol. romande. (Cahiers d'Archéologie Romande ; 76).
- Stirland A.J. 1993. Asymmetry and activity-related change in the male humerus. *International Journal of Osteoarchaeology*, 3 : 105-113.
- Stirland A.J. 1998. Musculoskeletal evidence for activity : problems of evaluation. *International Journal of Osteoarchaeology*, 8 : 354-362.
- Stock J.T. 2002a. Climate, terrestrial mobility, and the patterning of lower limb robusticity among Holocene foragers, *American Journal of Physical Anthropology*, Supplement, 34 : 148-149.
- Stock J.T. 2002b. A test of two methodes of radiographically deriving long bone cross-sectional properties compared to direct sectioning of the diaphysis. *International Journal of Osteoarchaeology*, 12: 335-342.
- Stock J., Pfeiffer S. 2001. Linking structural variability in long bone diaphyses to habitual behaviors : foragers from the southern african later Stone Age and the Andaman islands. *American Journal of Physical Anthropology*, 115, p. 337-348.
- Stock J.T., Pfeiffer S.K. 2004. Long bone robusticity and subsistence behaviour among later stone age forages of the forest and fynbos biomes of South Africa. *Journal of Archaeological Science*, 31, p. 999-1013.
- Storm R.A., Knüsel C.J. 2005. Fluctuating asymmetry : a potential osteological application. In : Zakrzewski S.A., Clegg M. (eds) *Proceedings of the fifth annual conference of the British Association for Biological Anthropology and Osteoarchaeology*. BAR International Series, 1383 : 113-118.
- Sumner D.R., Olson C.L., Freeman P.M., Lobick J.J., Andriacchi T.P. 1989. Computed tomographic measurement of cortical bone geometry. *Journal of Biomechanics*, 22, 6/7, p. 649-653.

- Szulc P., Marchand F., Duboeuf F., Delmas P.D. 2000. Cross-sectional assessment of age-related bone loss in men : the MINOS study. *Bone*, 26 : 123-129.
- Tanaka H. 1999. Numerical analysis of the proximal humeral outline : bilateral shape differences. *American Journal of Human Biology*, 11 : 343-357.
- Tambs K., Magnus P., Berg K. 1987. Left-handedness in twin families – support of an environmental hypothesis. *Perceptual and Motor Skills*, 64, 1 : 155-170.
- Theintz G., Buchs B., Rizzoli R., Slosman D., Clavien H., Sizonenko P.C., Bonjour J.P. 1992. Longitudinal monitoring of bone mass accumulation in healthy adolescents : evidence for a marked reduction after 16 years of age at the levels of lumbar spine and femoral neck in female subjects. *Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism*, 75, 4 :1060-1065.
- Trancho G.J., Robledo B., Lopez-Bueis I., Sanchez J.A., 1997. Sexual determination of the femur using discriminant functions : analysis of a spanish population of known sex. *Journal of Forensic Fcience*, 42 : 181-185.
- Trinkaus E., Churchill S.E., Ruff C.B. 1994. Postcranial robusticity in Homo. II : humeral bilateral asymmetry and bone plasticity. *American Journal of Physical Anthropology*, 93, 1-34.
- Trinkaus E., Churchill S.E. 1999. Diaphyseal cross-sectional geometry of Near Eastern Middle Palaeolithic humans : the humerus. *Journal of Archaeologic Science*, 26 : 173-184.
- Turner C.H., Burr D.B. 1993. Basic biomechanical measurements of bone : a tutorial. *Bone*, 14 : 595-608.
- Ubelaker D.H., Baccino E., Zerilli A., Oger E. 1998. Comparison of methods for assessing adult age at death on French autopsy samples (abstract). *Proceedings of the American Academy of Forensic Sciences*, IV, 174-175.
- Usher B.M. 2002. Reference samples : the first step linking biology and age in the human skeleton. In : Hoppa R.D., Vaupel J.W. (eds) *Paleodemography : age distributions from skeletal samples. Cambridge studies in biological and evolutionary anthropology (CSBEA)* : Cambridge, p. 29-47.
- Utermohle C.J., Zegura S.L., Heathcote G.M. 1983. Multiple observers, humidity, and choice of precision statistics : factors influencing craniometric data quality. *American Journal of Physical Anthropology*, 61, 85-95.
- van der Meulen M.C.H., Beaupré G.S., Carter D.R. 1993. Mechanobiologic influences in long bone cross-sectional growth. *Bone*, 14, 4 : 635-642.
- van Valen L. 1962. A study of fluctuating asymmetry. *Evolution*, 16 : 125-142.
- Vettivel S., Selvaraj K.G., Chandi S.M., Indrasingh I., Chandi G. 1995. Intertubercular sulcus of the humerus as an indicator of handedness and humeral length. *Clinical Anatomy*, 8 : 44-50.
- Villotte S. 2006. Connaissances médicales actuelles, cotation des enthésopathies : nouvelle méthode. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, n.s., 18, 1-2 : 65-85.
- Wada Y. 1998. Morphological assessment of ethnic, sex and side differences in the human radius based on intra-regional and side ratios. *Anthropological Science*, 105, 4 : 193-210.
- Wang XF., Duan Y., Beck T.J., Seeman E. 2005. Varying contributions of growth and ageing to racial and sex differences in femoral neck structure and strength in old age. *Bone*, 36, 6 : 978-986. Erratum in : *Bone*. 2005, 37, 4 : 599.
- Weiss E. 2005. Humeral cross-sectional morphology from 18th century Quebec prisoners of war : limits to activity reconstruction. *American Journal of Physical Anthropology*, 126 : 311-317.
- Wescott D.J. 2001. Structural variation in the humerus and femur in the American Great Plains and adjacent regions : differences in subsistence strategy and physical terrain. Ph.D. dissertation, University of Tennessee, Knoxville.

- Wescott D.J., Cunningham D.L. 2006. Temporal changes in Arikara humeral and femoral cross-sectional geometry associated with horticultural intensification. *Journal of Archaeological Science*, 33, 7, 1022-1036.
- Wiedenmayer F., Hotz G. 2002. History of the collection of physical anthropology in the Natural History Museum Basel, Switzerland. *Bulletin der Schweizerischen Gesellschaft für Anthropologie*, 8, 1 : 41-53.
- Wilczak C.A., Kennedy K.A.R. 2000. Mostly MOS : technical aspects of identification of skeletal markers of occupational stress. In : Reichs K.J. (ed.) *Forensic osteology : advances in the identification of human remains* (second edition). Charles C Thomas : Springfield, Illinois, p. 461-490.

FIGURES

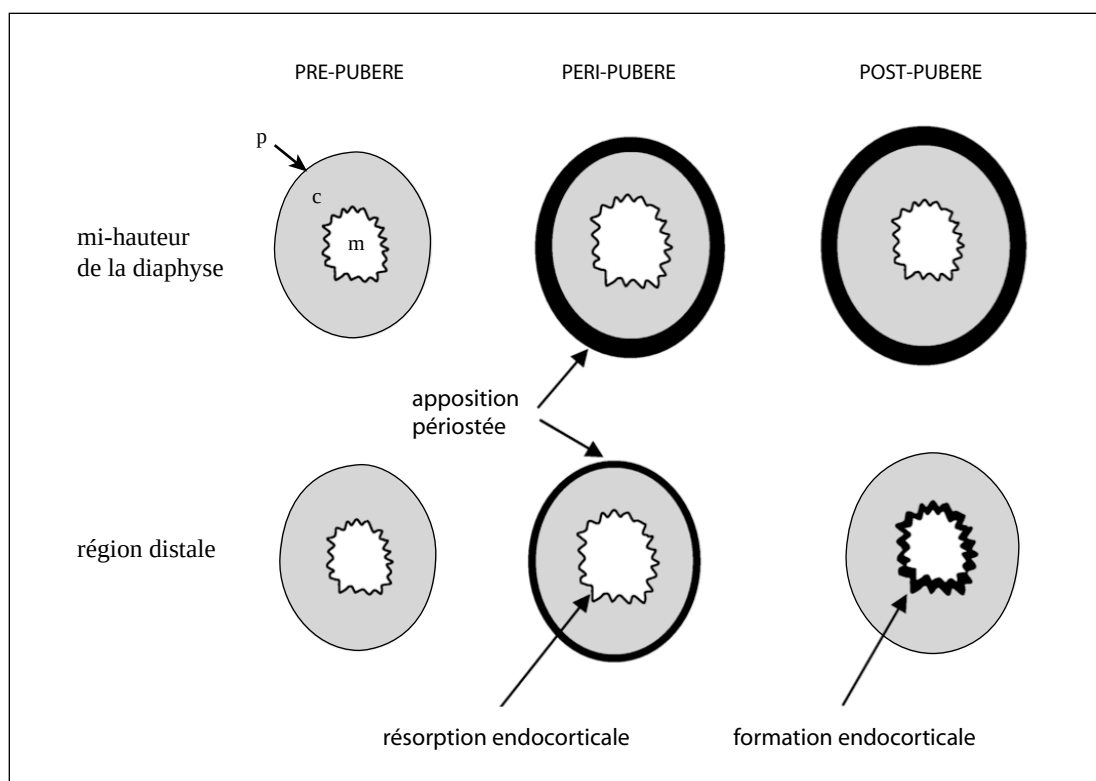


Figure 1. Représentation schématique de sections transverses de l'humérus (p = périoste, c = os cortical, m = région médullaire). Pendant l'enfance et chez les jeunes adolescents, l'exercice a le plus d'impact sur les dimensions de la surface périostée et vers le milieu de l'adolescence, les charges semblent avoir plus d'impact sur les aires endostéales. La réponse osseuse aux sollicitations mécaniques diffère en fonction de la localisation de la section (mi-hauteur vs région distale). *Illustration modifiée d'après Bass et al. 2002.*

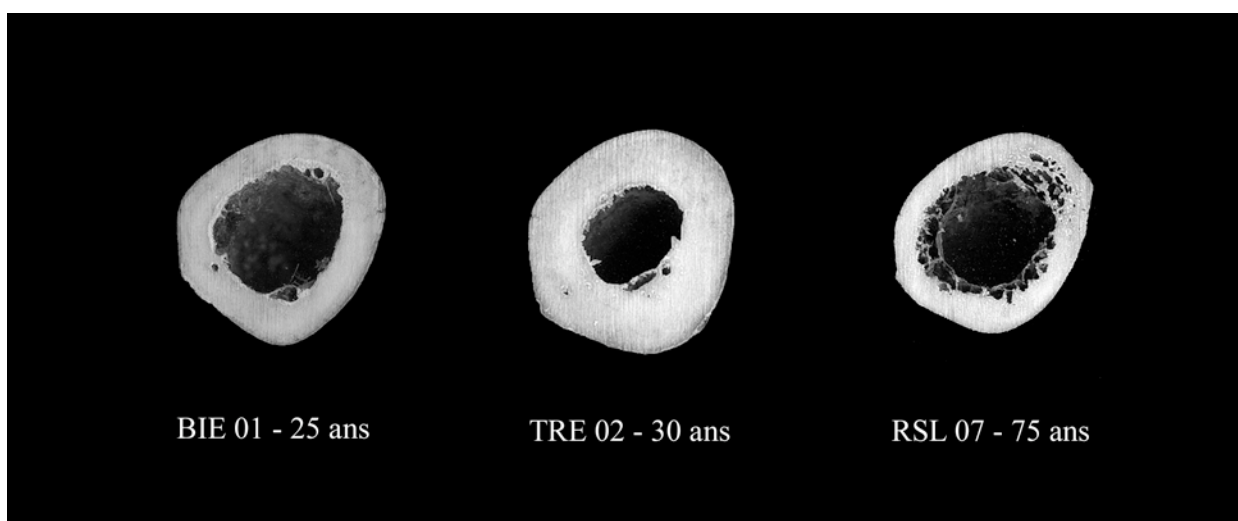


Figure 2. Sections transverses de la diaphyse humérale gauche à 35 % de la hauteur comptée à partir de l'extrémité distale de l'os. Les sections de BIE 01 et TRE 02 ne montrent pas de résorption de l'os cortical alors que le remodelage osseux a entraîné une diminution de la quantité d'os cortical dans la région qui borde la cavité médullaire pour RSL 07.

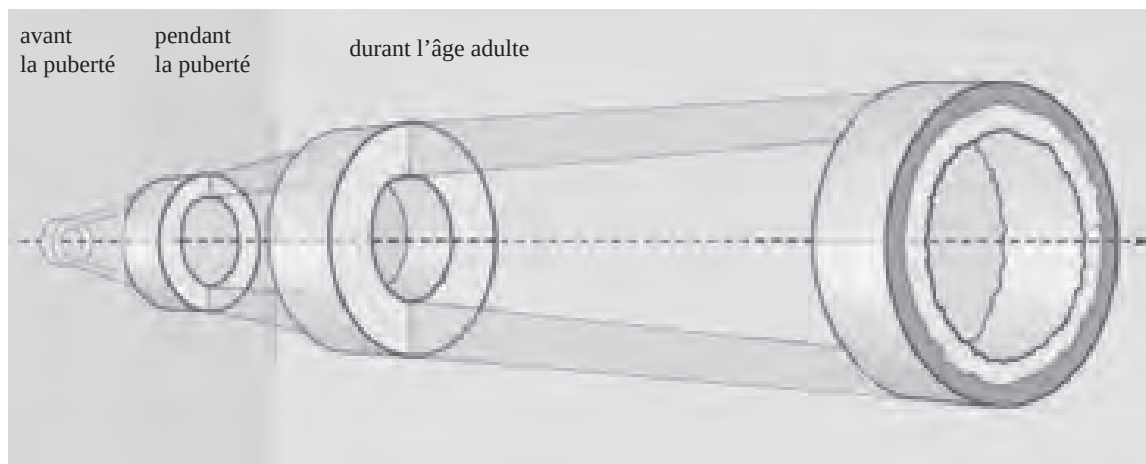


Figure 3. Représentation de l'évolution de la section d'un os long avec l'âge chez les sujets masculins. A l'âge adulte, le remodelage osseux tend d'une part à réduire l'aire corticale et, d'autre part, à entraîner une apposition d'os nouveau en périphérie de la diaphyse tout au long de la vie. *Illustration modifiée d'après Seeman 2003.*

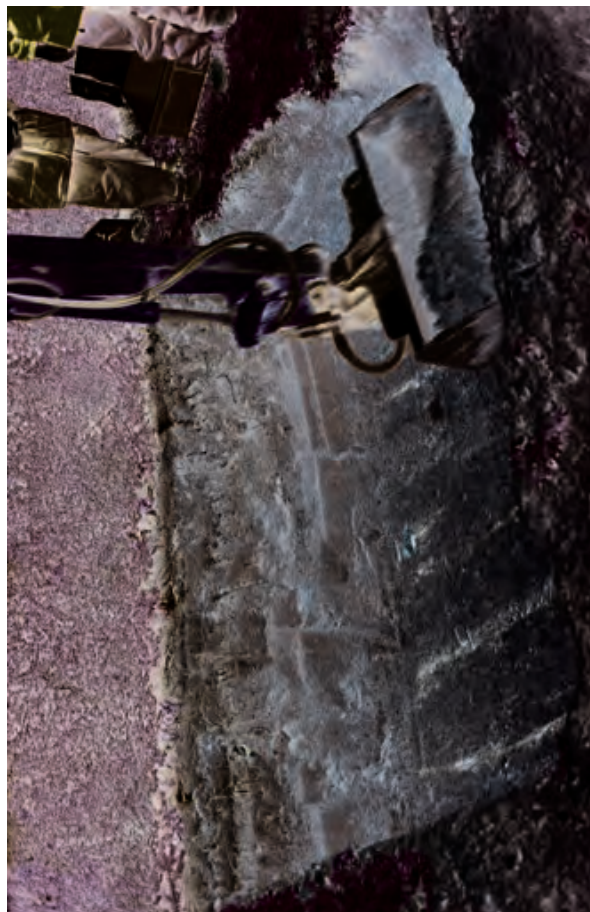


Figure 4. Fouilles dans le cimetière de Lausanne (Vaud). Reconstitution du plan des inhumations.

- a. Les secteurs des inhumations (bandes larges) et des allées de circulation (bandes étroites) sont matérialisés par de la peinture blanche. Plusieurs sondages ont été réalisés afin de vérifier l'emplacement des tombes.
- b. Une fois le plan des tombes reconstitué, le balisage de toutes les tombes qui allaient être fouillées a été effectué (drapeaux blancs).
- c. L'alignement des tombes (les bords des cercueils sont visibles) démontre la rigueur de l'organisation du cimetière qui a autorisé l'élaboration du plan des inhumations *a posteriori*.

Figure 5. Composition démographique de l'ensemble de la collection SIMON.

	Classes d'âges	Femmes	Hommes	Sexes réunis
non adultes	0-9	1 ?	2	3
	10-19	9	5	14
	20-29	16	28	44
	30-39	26	29	55
	40-49	27	37	64
adultes	50-59	40	64	104
	60-69	32	45	77
	70-79	37	58	95
	80-89	15	17	32
	90-99	1	4	5
	indéterminé	1	1	2
	total	205	290	495



Figure 6. Localisation des 27 communes vaudoises ayant participé au projet de la constitution de la collection SIMON de squelettes de référence. Aigle (1), Apples (2), Bex (3), Bière (4), Bournens (5), Chavannes-des-Bois (6), Crassier (7), Cully (8), Echallens (9), Etagnières (10), Lausanne (11), Lavigny (12), La Sarraz (13), Moiry (14), Pampigny (15), Provence (16), Romanel-sur-Lausanne (17), Servion (18), Saint-Oyen (19), Saint-Prex (20), Trélex (21), Vallorbe (22), Villars-Tiercelin (23), Villars-Mendraz (24), Vallamand (25), Valeyres-sous-Rances (26), Villette (27).

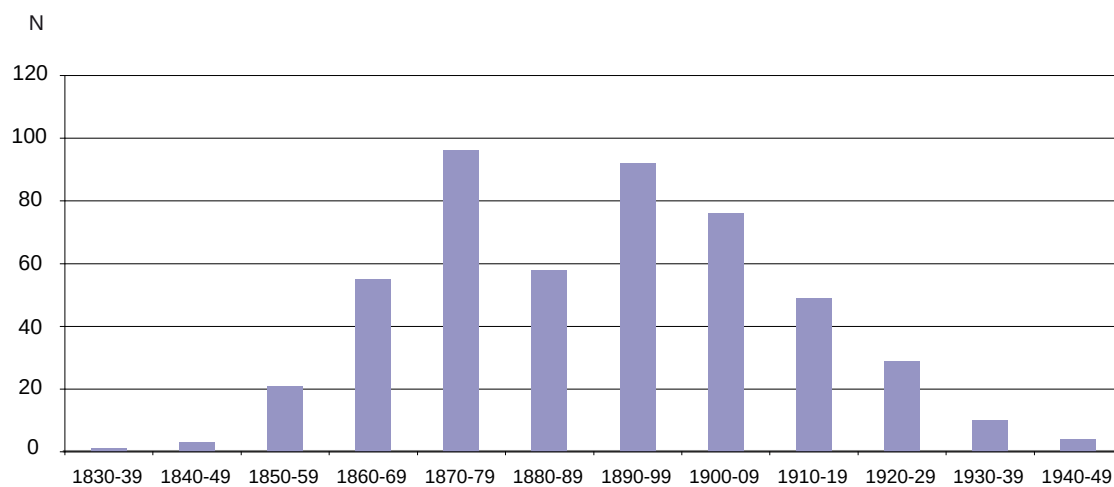


Figure 7. Années de naissance de l'ensemble des individus de la collection SIMON.

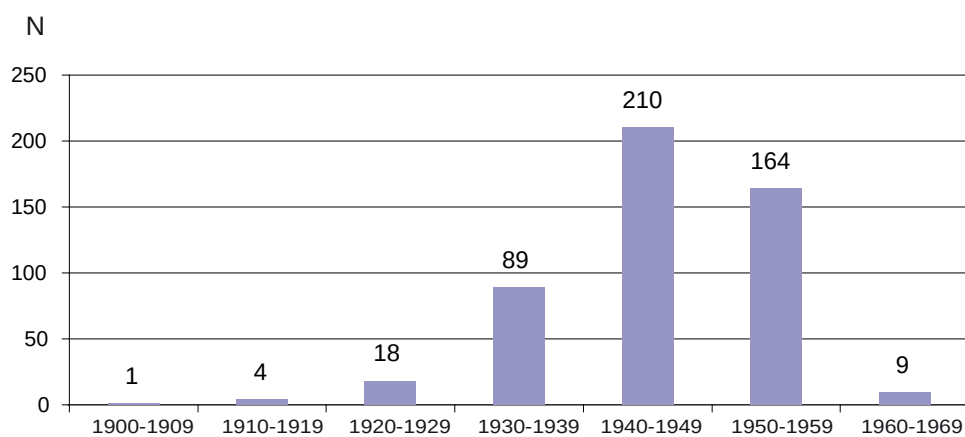


Figure 8. Années d'inhumation de l'ensemble des individus de la collection SIMON.

Figure 9. Collection SIMON: liens de parenté connus pour l'ensemble de la collection.

RELATION entre 2 PERSONNES		N
proches	mère/fils, mère/fille, père/fils, père/fille	47 (4)
	sœur/sœur, frère/sœur, frère/frère	39 (4)
	tante/niece, tante/neveu, oncle/niece, oncle/neveu	13 - 2 ?
plus éloignées	grand-mère/petite-fille, grand-mère/petite-fils, grand-père/petit-fils	1 (2)
	cousine/cousine, cousin/cousine, cousin/cousin	5
RELATIONS entre 3 PERSONNES		
proches	frère/frère/sœur	3
	parents/fils, parents/fille	3
	mère/fils et fille, mère/fils et fils, père/fils et fille, père*/fils et son frère*	4 (1)
plus éloignées	oncle et neveux (frères)	1
	frère/sœur/neveu commun	1
RELATIONS entre 4 PERSONNES		
	mère*/fille et frère*/fille	1
	parents/fils et fille	1
	grand-mère*/mère* et père/fils	(1)
TOTAL		TOTAL 117

CODES:

* = pour préciser qui est en lien avec qui (n) = mauvaise conservation des squelettes ? relation de parenté à vérifier

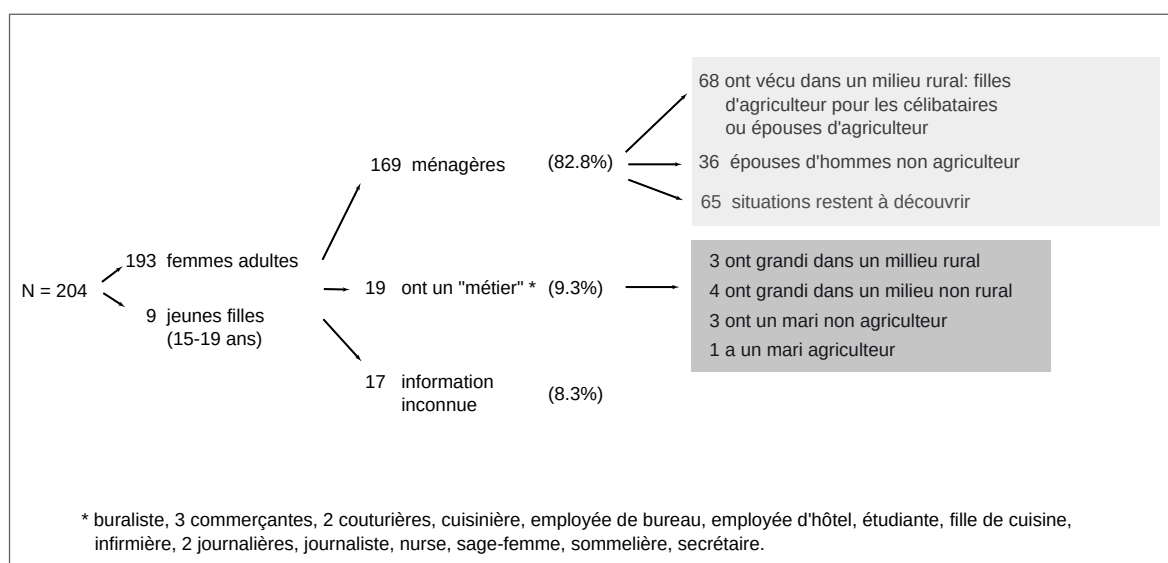


Figure 10. Informations dont on peut disposer au moyen des archives pour cerner à la fois le milieu socio-économique et certains aspects de la vie quotidienne des femmes.

Figure 11. Les collections de référence de squelettes provenant de contextes archéologiques. Modifié d'après Usher 2002.

Nom de la collection	Contexte	Localisation	N squelettes	Références
Coimbra, coleção de esqueletos identificados	Fouilles dans le cimetière de Conchada, Coimbra, Portugal, inhumations de 1904-1938	Musée d'Anthropologie de l'Université de Coimbra, Portugal	505	Cunha 1993
Collection Frassetto	Fouilles dans un cimetière de Sassari aux environs de 1900	Dipartim. di Biologia Evoluz. Sperimentale, Bologne	> 200	Gualdi-Russo, 1998
Hong Kong	Fouille de sujets identifiés dans le cimetière de Wo Hop Shick, sud de la Chine	Department of Anatomy, Hong Kong	94	King 1997
Spitalfields	Fouille de la crypte de l'église de Christ Church, Spitalfields, Londres (UK). Inhumations des années 1729 à 1852	Natural History Museum, London	387	Molleson et Cox 1993
Spitalfriedhof St. Johann	Fouille d'un cimetière d'hôpital, utilisé entre 1845 et 1868	Basel, Suisse	221 (+ 400 crânes et pièces pathologiques)	Wiedenmayer et Hotz 2002
St. Thomas, Anglican Church	Fouille partielle d'un cimetière d'église, inhumations de 1821 à 1874, mais réinhumés	Hamilton, Ontario	80	Saunders et al. 1992
Crania collection ou Oloriz collection	Fouille dans un cimetière de Madrid	Complutense University of Madrid	> 132	Trancho et al. 1997

Figure 12. Répartition du corpus sélectionné pour l'analyse par classe d'âges (n = 235).

	classes d'âges	n
classes décennales	20-29	22
	30-39	25
	40-49	34
	50-59	54
	60-69	37
	70-79	46
	80-93	17
classes de 25 ans	20-45	66
	46-70	110
	71-93	59

Figure 13. Décompte des pathologies traumatiques par région anatomique et prévalences (%) pour l'ensemble de l'échantillon étudié.

	clavicule droite					clavicule gauche					humérus droit					humérus gauche					radius droit					radius gauche				
	cd	tprox	tdia	tdist	cg	tprox	tdia	tdist	hd	tprox	tdia	tdist	hg	tprox	tdia	tdist	rd	tprox	tdia	tdist	rg	tprox	tdia	tdist						
Conservation																														
présent	224	235*	223		223	232	222		233	237	236	235	236	234		229	232	224		232	236	229								
absent	15	4	16		16	7	17		6	2	3	4	3	5		10	7	15		7	3	10								
Pathologie traumatique																														
fracture			5	2		6								3	1			2	2	5		3	2	9						
traumatisme				1						4	2			1	1			1				1	1	1						
total par os et par côté	8				6				6				6				10				17									
Prévalences																														
brute (1)	0.0	2.1	1.3		0.0	2.5	0.0		0.0	1.7	0.8	0.0	1.7	0.8		1.3	0.8	2.1		1.7	1.3	4.2								
corrigée (2)	0.0	2.1	1.3		0.0	2.6	0.0		0.0	1.7	0.8	0.0	1.7	0.9		1.3	0.9	2.2		1.7	1.3	4.4								
brute par os et par côté	3.3				2.5				2.5				2.5			4.2				7.1										

Abréviations : cd = clavicule droite, cg = clavicule gauche, hd = humérus droit, hg = humérus gauche, rd = radius droit, rg = radius gauche, tprox = tiers proximal, tdia = tiers diaphysaire, tdist = tiers distal, (1) - prévalence brute par région anatomique = nombre trauma/effectif de la population étudiée, (2) - prévalence corrigée par représentation = nombre trauma/nombre de régions conservées. * L'effectif de l'échantillon pris en compte pour l'étude de la pathologie (n = 239) contient 4 individus de plus que l'échantillon finalement retenu pour l'ensemble de l'étude (n = 235).

Figure 14. Décompte des pathologies traumatiques par groupe d'activités et par région anatomique et prévalences calculées (%).

Gr activités	clavicule droite					clavicule gauche					humérus droit					humérus gauche					radius droit					radius gauche					préal moy
	cd	tprox	tdia	tdist	cg	tprox	tdia	tdist	cg	tprox	tdia	tdist	hd	tprox	tdia	tdist	hg	tprox	tdia	tdist	rd	tprox	tdia	tdist	rg	tprox	tdia	tdist			
Généralistes (n = 97)	fracture		2	1			1				3											1	4		3			4			
	traumatisme																											1			
	prévalence (1)	3.1			1.0								3.1				2.1					5.2				8.2				3.8	
Spécialistes (n = 78)	fracture		1	1			3															1	1	1		2	3				
	traumatisme													1	1										1	1					
	prévalence (1)	2.6			3.8								2.6				3.8					3.8				9.0				4.3	
Non actifs (n = 43)	fracture		2				1																				2				
	traumatisme																														
	prévalence (1)	4.7			2.3								0.0				0.0					0.0				4.7				1.9	
Non classés (n = 17)	fracture			1			1																1								
	traumatisme																						1								
	prévalence (1)	5.9			5.9								5.9				0.0					11.8				0.0				4.9 **	

Abréviations: cd = clavicule droite, cg = clavicule gauche, hd = humérus droit, hg = humérus gauche, rd = radius droit, rg = radius gauche, tprox = tiers proximal, tdia = tiers diaphysaire, tdist = tiers distal, (1) - prévalence brute par région anatomique = nombre trauma/effectif de la population étudiée. * L'effectif de l'échantillon pris en compte pour l'étude de la pathologie (n = 239) contient 4 individus de plus que l'échantillon finalement retenu pour l'ensemble de l'étude (n = 235). ** Résultat à relativiser en raison du faible effectif de l'échantillon.

Certains individus ont subi plusieurs traumatismes : généralistes : 22 trauma pour 19 ind.; spécialistes : 20 trauma pour 15 ind.; non actifs : 5 trauma pour 5 ind.; non classés : 5 trauma pour 4 ind.

Figure 15. Caractérisation des groupes d'activités en fonction de l'intensité et de la spécialisation supposées des activités.

Groupes principaux	Agriculteurs	Spécialistes "lourds"	Spécialistes "légers"	Non actifs
abréviation	gr A	gr SL	gr SI	gr NA
intensité de la charge physique	+	+	-	-
spécialisation de l'activité	-	+	+	-

Groupes annexes	Manœuvres	Non classés
abréviation	gr m	gr nc
intensité de la charge physique	+	?
spécialisation de l'activité	-	?

Groupes fusionnés	Généralistes	Spécialistes	Modérément actifs
abréviation	gr G = A + m	gr S = SL + SI	gr MA = NA + SI
intensité de la charge physique	+	+ / -	-
spécialisation de l'activité	-	+	+ / -

Figure 16. Effectifs et âge moyen au décès des groupes d'activités.

	activités	abrév.	n	âge moyen
groupes principaux	agriculteur	Gr A	83	61 ± 16.3
	activité manuelle spécialisée lourde	Gr SL	50	54 ± 19.5
	activité manuelle spécialisée légère	Gr SI	28	59 ± 14.6
	activité non manuelle	Gr NA	43	54 ± 15.6
groupes annexes	manœuvre	Gr m	14	42 ± 12.7
	non classé	Gr nc	17	51 ± 21.9
groupes fusionnés	agriculteur + manœuvre = généralistes	Gr G	97	58 ± 17.1
	activités manuelles spécialisées lourdes et légères	Gr S	78	56 ± 17.9
	activité peu intense : gr NA + gr SI	Gr MA	72	56 ± 15.3

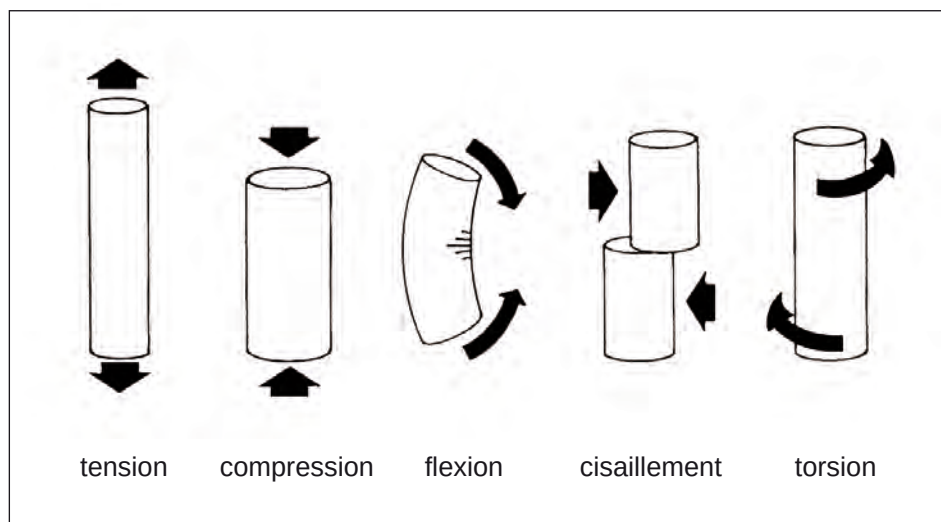


Figure 17. Les différentes forces auxquelles un os est exposé. *Tiré de Larsen 1997 p.197.*

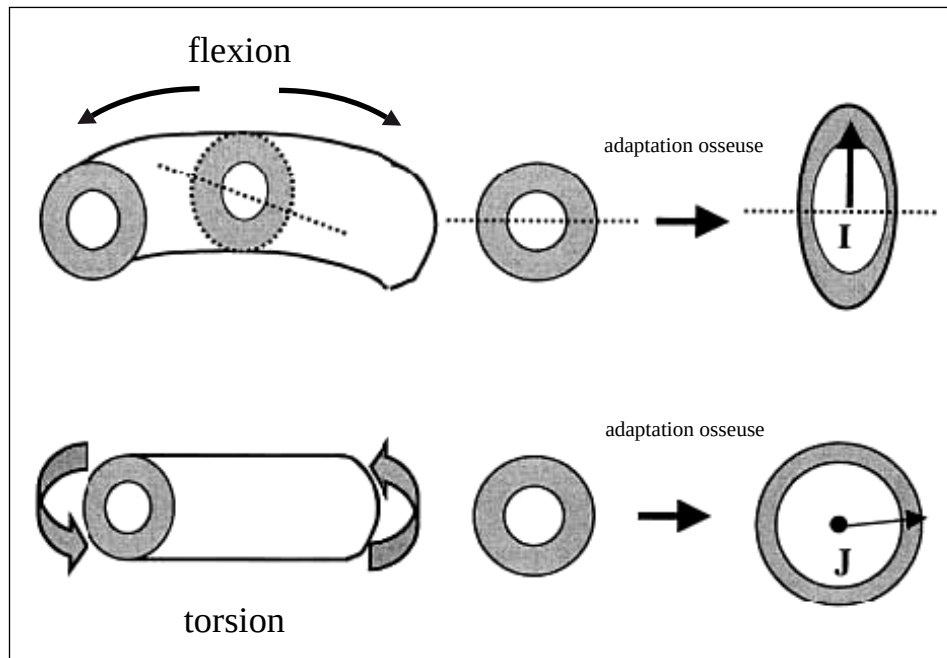


Figure 18. Adaptation de la géométrie des os longs qui augmentent leur résistance à des forces de flexion (augmentation du second moment de l'aire I) et à des forces de torsion (augmentation du moment polaire de l'aire J). *Illustration adaptée de Forwood 2001 p. 78.*

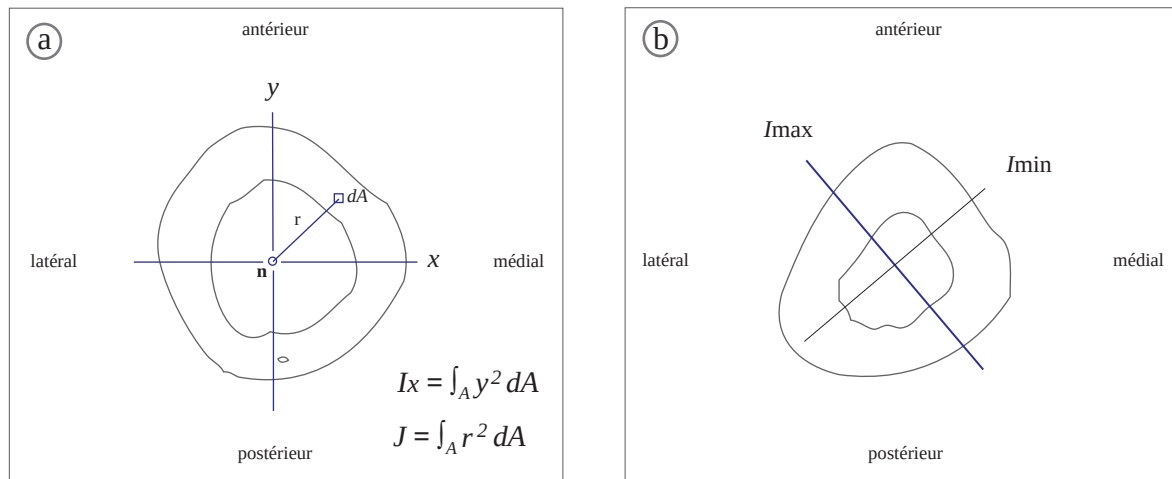


Figure 19. Illustration des propriétés géométriques mesurées sur les sections transverses des os longs. (a) Section à mi-hauteur de la diaphyse d'un humérus droit, en vue distale: n = axe neutre de la section. Mesures du second moment de l'aire (I) et du moment polaire de l'aire (J). (b) Section à 35% de la hauteur d'une diaphyse d'humérus droit. Représentation des seconds moments de l'aire maximum (I_{max}) et minimum (I_{min}), estimation du maximum et du minimum de résistance à la flexion.

Figure 20. Propriétés géométriques déterminées sur les sections transverses des clavicules, des humérus et des radius.

propriété géométrique	abréviation	unités	formule	signification
aire totale	TA	mm ²		surface totale de la section transversale
aire corticale	CA	mm ²		surface d'os cortical de la section transversale
pourcentage d'aire corticale	PC	%	$(CA/TA) * 100$	Proportion relative de l'aire corticale par rapport à l'aire totale
second moment de l'aire dans l'axe des x	I_x	mm ⁴	$I_x = \int_A y^2 dA$	estimation de la résistance de l'os à la flexion dans le plan antéro-postérieur (ap)
second moment de l'aire dans l'axe des y	I_y	mm ⁴	$I_y = \int_A x^2 dA$	estimation de la résistance de l'os à la flexion dans le plan médio-latéral (ml)
rapport des seconds moments en x et y	I_x/I_y			estimation de la forme de la section relativement aux axes ap
second moment de l'aire maximum	I_{max}	mm ⁴		estimation de la résistance maximale de l'os à la flexion
second moment de l'aire minimum	I_{min}	mm ⁴		estimation de la résistance minimale de l'os à la flexion
rapport des seconds moments max et min	I_{max}/I_{min}			estimation de la forme de la section relativement aux axes de résistance max et min
moment polaire de l'aire	J	mm ⁴	$I_{max} + I_{min}$	estimation de la résistance à la torsion
angle thêta	θ (TH)	rad	angle entre l'axe médio-latéral (x) et la direction de I_{max}	orientation du second moment de l'aire maximum

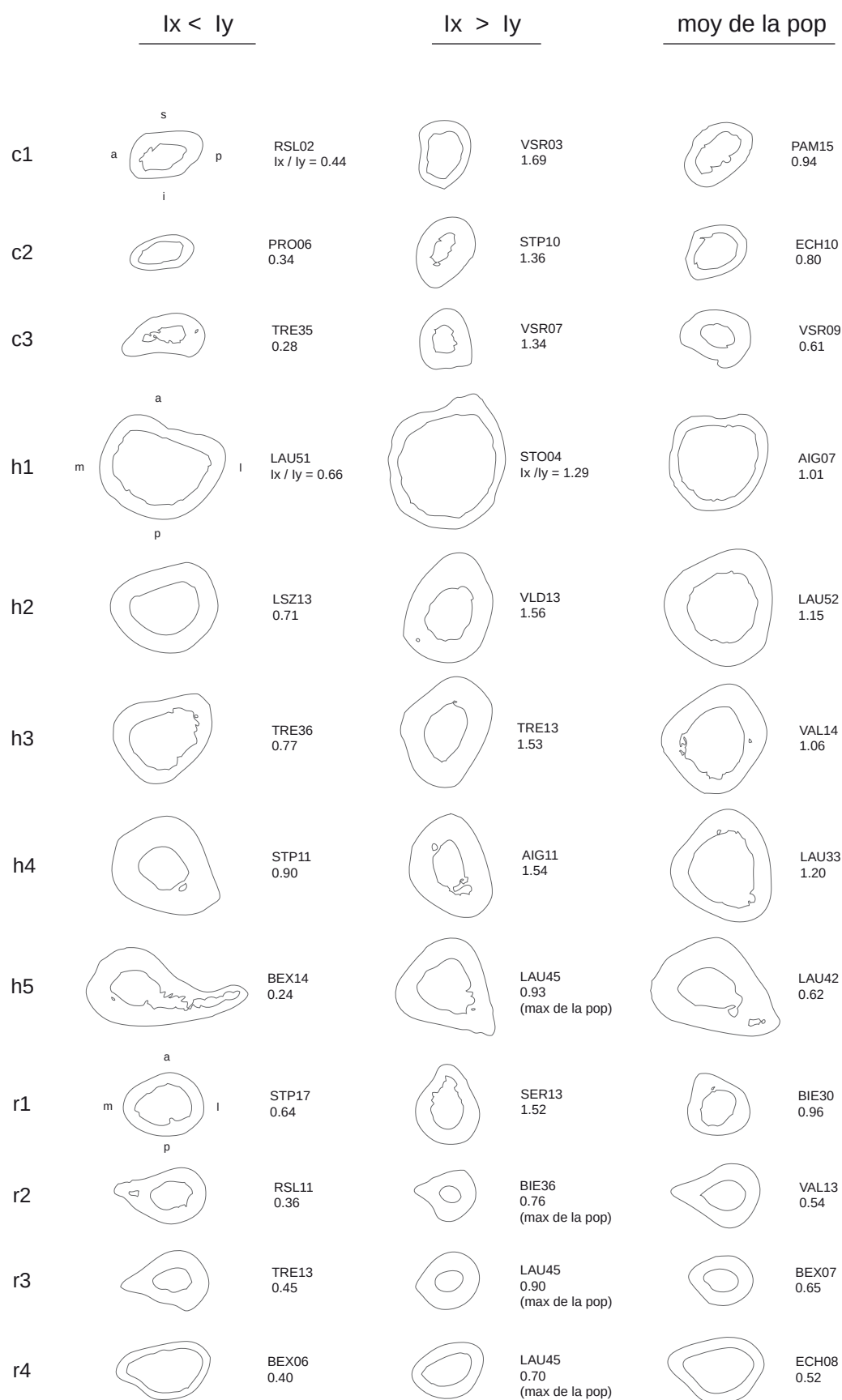


Figure 21. Illustration de la forme des sections transverses (gauches - vue distale) évaluées en fonction des axes médio-latéral et antéro-postérieur (x et y). Rapports l_x / l_y pour les valeurs minimales, maximales et moyennes mesurées dans la population. Echelle : env. 70% (pour l'échelle originale des figures, se reporter au volume 3).
abréviations : s = supérieur, i = inférieur, a = antérieur, p = postérieur, m = médial, l = latéral.

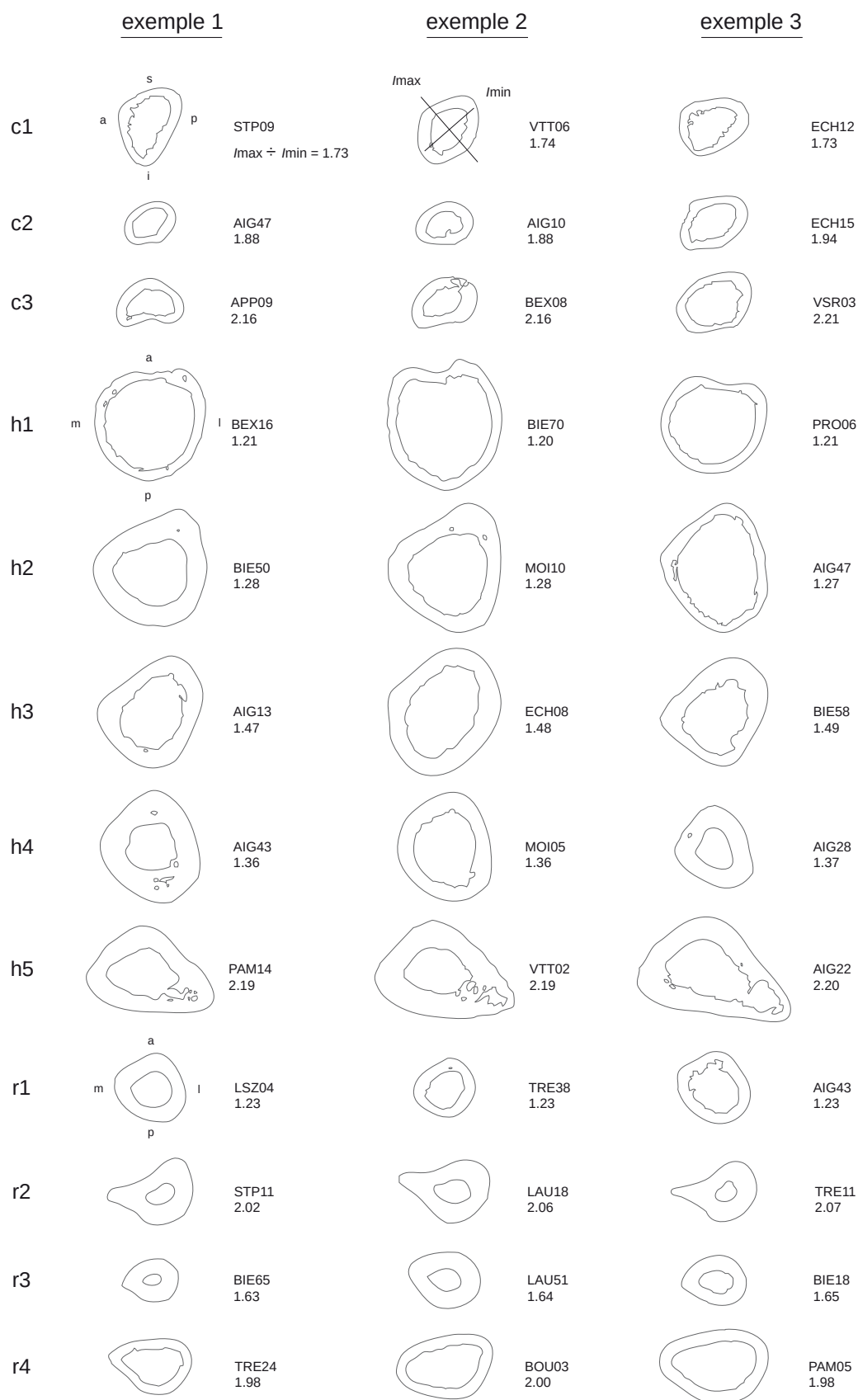


Figure 22. Trois exemples de la forme des sections transverses pour des rapports I_{max}/I_{min} correspondant aux valeurs moyennes de la population (sections gauches - vue distale). Echelle : env. 70% (pour l'échelle originale des figures, se reporter volume 3).
abréviations : s = supérieur, i = inférieur, a = antérieur, p = postérieur, m = médial, l = latéral.

	as /max	as /min	as /max ?	as /min	as (/max//min)	principale(s) contribution(s) à la modification de la forme entre les sections g et d
1.	+	+	>		+	/max d >
2.	+	+	<		-	/min d >
3.	+	-	>		+	/max d > et /min g >
4.	-	+	<		-	/max g > et /min d >
5.	-	-	>		+	/min g >
6.	-	-	<		-	/max g >

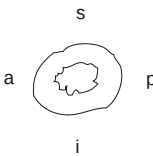
<i>illustrations</i>			sections de la clavicule (c2-50%)		
			droite	gauche	
1.	as /max as /min /max / /min g /max / /min d as (/max ÷ /min)	23.38 10.68 1.70 1.93 12.78			BIE26 - 33 ans
2.	as /max as /min /max / /min g /max / /min d as (/max / /min)	11.15 38.28 1.87 1.42 -27.43			BIE15 - 46 ans
3.	as /max as /min /max / /min g /max / /min d as (/max / /min)	6.91 -12.83 1.63 1.98 19.69			RSL11 - 76 ans
4.	as /max as /min /max / /min g /max / /min d as (/max / /min)	-3.06 12.91 1.25 1.07 -15.96			APP06 - 55 ans
5.	as /max as /min /max / /min g /max / /min d as (/max / /min)	-1.67 -11.05 2.43 2.67 9.39			BIE10 - 66 ans
6.	as /max as /min /max / /min g /max / /min d as (/max / /min)	-21.06 -8.66 1.49 1.31 -12.45			LAV11 - 31 ans

Figure 23. Clés de lecture de la forme des sections. Décomposition et illustration des types d'asymétrie des rapports des seconds moments de l'aire maximum et minimum pour la clavicule. Echelle : env. 80%.

	as / x	as / y	as / x ?	as / y	as (Ix / Iy)	principale(s) contribution(s) à la modification de la forme entre les sections g et d
1.	+	+	>		+	Ix d >
2.	+	+	<		-	Iy d >
3.	+	-	>		+	Ix d > et Iy g >
4.	-	+	<		-	Ix g > et Iy d >
5.	-	-	>		+	Iy g >
6.	-	-	<		-	Ix g >

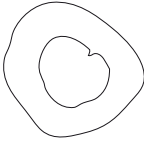
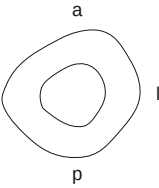
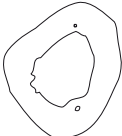
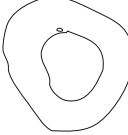
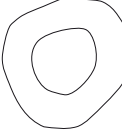
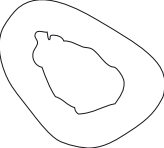
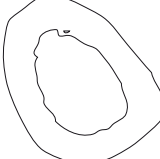
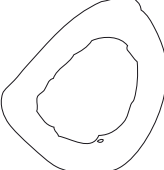
illustrations			sections de l'humérus (h3-50%)		
			droite	gauche	
1.	as Ix as Iy Ix / Iy g Ix / Iy d as (Ix / Iy)	17.51 8.22 0.86 0.95 9.33			VLD08 - 36 ans
2.	as Ix as Iy Ix / Iy g Ix / Iy d as (Ix / Iy)	2.42 17.56 1.29 1.11 -15.16			PRO07 - 41 ans
3.	as Ix as Iy Ix / Iy g Ix / Iy d as (Ix / Iy)	4.08 -2.62 1.02 1.09 6.69			BIE27 - 20 ans
4.	as Ix as Iy Ix / Iy g Ix / Iy d as (Ix / Iy)	-4.13 4.48 0.86 0.78 -8.60			LAU51 - 38 ans
5.	as Ix as Iy Ix / Iy g Ix / Iy d as (Ix / Iy)	-4.05 -7.62 1.09 1.13 3.57			BIE55 - 86 ans
6.	as Ix as Iy Ix / Iy g Ix / Iy d as (Ix / Iy)	-14.20 -6.59 1.20 1.11 -7.62			STP01 - 79 ans

Figure 24. Clés de lecture de la forme des sections. Décomposition et illustration des types d'asymétrie des rapports des seconds moment de l'aire dans les plans médio-latéral et antéro-postérieur (x et y) pour l'humérus. Échelle : env. 80%.

	as /max	as /min	as /max ? as /min	as (/max / /min)	principale(s) contribution(s) à la modification de la forme entre les sections g et d
1.	+	+	>	+	/max d >
2.	+	+	<	-	/min d >
3.	+	-	>	+	/max d > et /min g >
4.	-	+	<	-	/max g > et /min d >
5.	-	-	>	+	/min g >
6.	-	-	<	-	/max g >

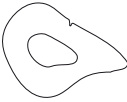
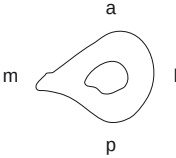
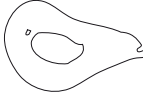
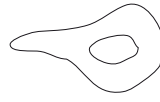
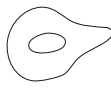
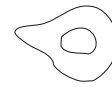
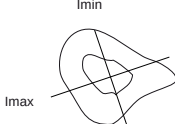
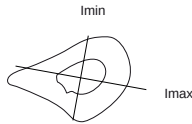
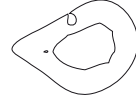
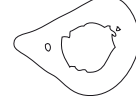
illustrations			sections du radius (r2 - 60%)		
			droite	gauche	
1.	as /max as /min /max / /min g /max / /min d as (/max / /min)	23.38 8.75 1.71 1.98 14.70			LAU52 - 34 ans
2.	as /max as /min /max / /min g /max / /min d as (/max / /min)	3.07 17.31 3.34 2.90 -14.25			RSL04 - 77 ans
3.	as /max as /min /max / /min g /max / /min d as (/max / /min)	13.28 -3.63 1.79 2.12 16.89			RSL05 - 55 ans
4.	as /max as /min /max / /min g /max / /min d as (/max / /min)	-4.23 34.17 2.37 1.61 -38.26			TRE13 - 31 ans
5.	as /max as /min /max / /min g /max / /min d as (/max / /min)	-7.27 -12.41 1.83 1.93 5.15			LAU58 - 57 ans
6.	as /max as /min /max / /min g /max / /min d as (/max / /min)	-15.08 -2.62 1.69 1.49 -12.47			PAM06 - 73 ans

Figure 25. Clés de lecture de la forme des sections. Décomposition et illustration des types d'asymétrie des rapports des seconds moments de l'aire maximum et minimum pour le radius. Échelle : env. 80%.

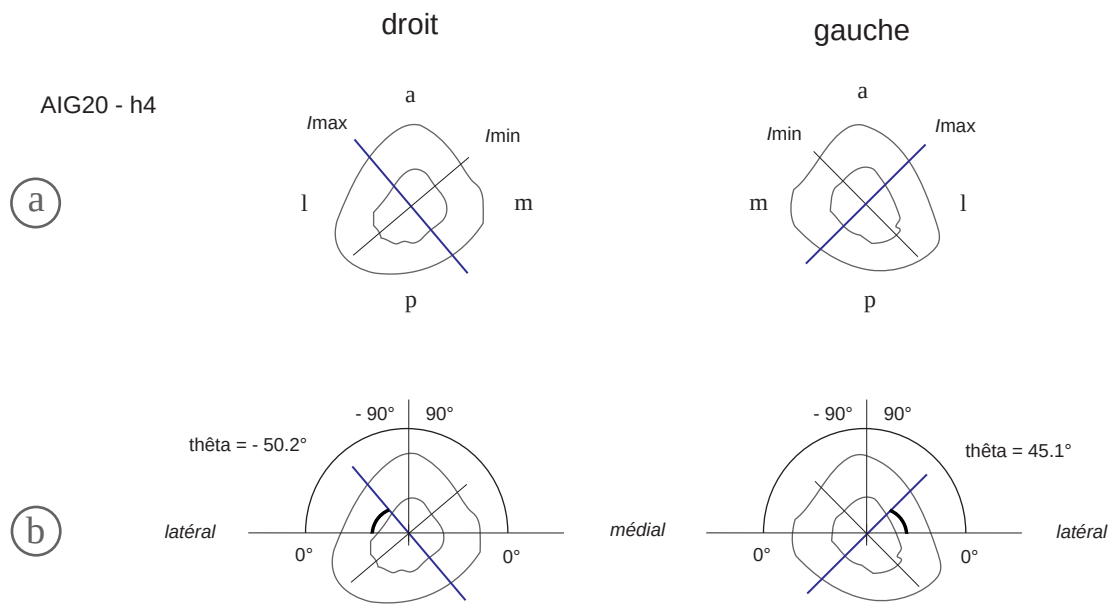


Figure 26. Sections transverses des humérus droit et gauche de aig20 à 35% de la hauteur de l'os. Présentation de la variable θ : mesure de l'angle que fait le second moment de l'aire maximum avec l'axe des x (médio-latéral). Abréviations : a : antérieur ; p : postérieur ; m : médial ; l : latéral.

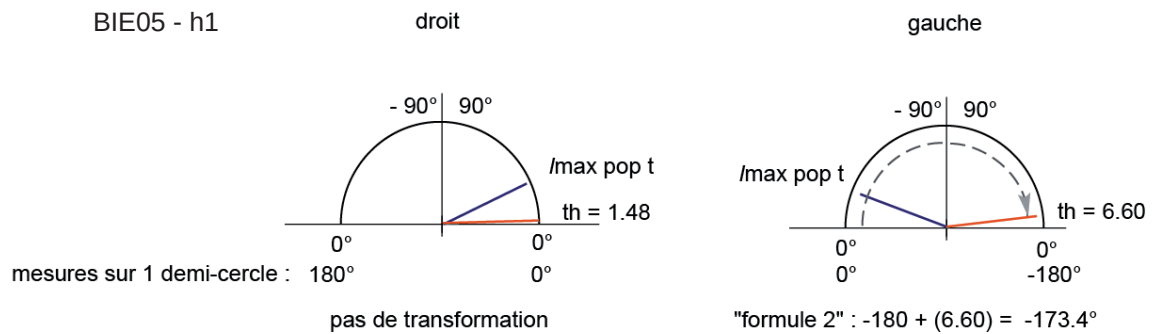


Figure 27. Conversion des angles plus grand que 90° (ou -90°), selon la section ou le côté, en angles entre 90° et 180° (ou -90° et -180°). La valeur de θ (1.48°) à droite est positive, comme la moyenne de la population, la transformation n'est pas nécessaire. En revanche, l'angle θ mesuré sur la section gauche est positif (6.60°) alors que la moyenne de la population est négative. La « formule 2 » est alors appliquée et l'angle corrigé est de -173.4°.



Figure 28. Modalités d'acquisition des images CT scan: après l'alignement des ossements sur le papier millimétré, l'ajustement des axes x et z se fait au moyen des lignes de repère laser du CT scanner.



Figure 29. Positionnement de la clavicule pour l'acquisition des images CT scan : face inférieure visible, placer sur la même ligne l'extrémité antérieure de l'extrémité acromiale et le maximum de la courbure antérieure, au niveau de l'insertion du grand pectoral.

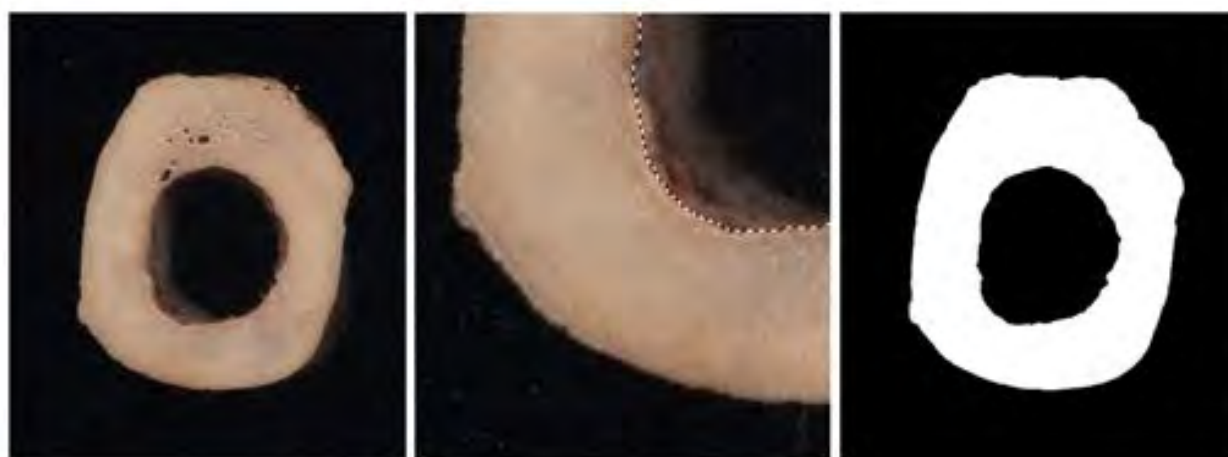


Figure 30. Traitement des sections sciées: numérisation, délimitation des contours en Photoshop® à l'aide de l'outil "lasso magnétique", remplacement de la zone sélectionnée par du blanc (255), le reste de l'image en noir (0). Section 4 de hCT6.

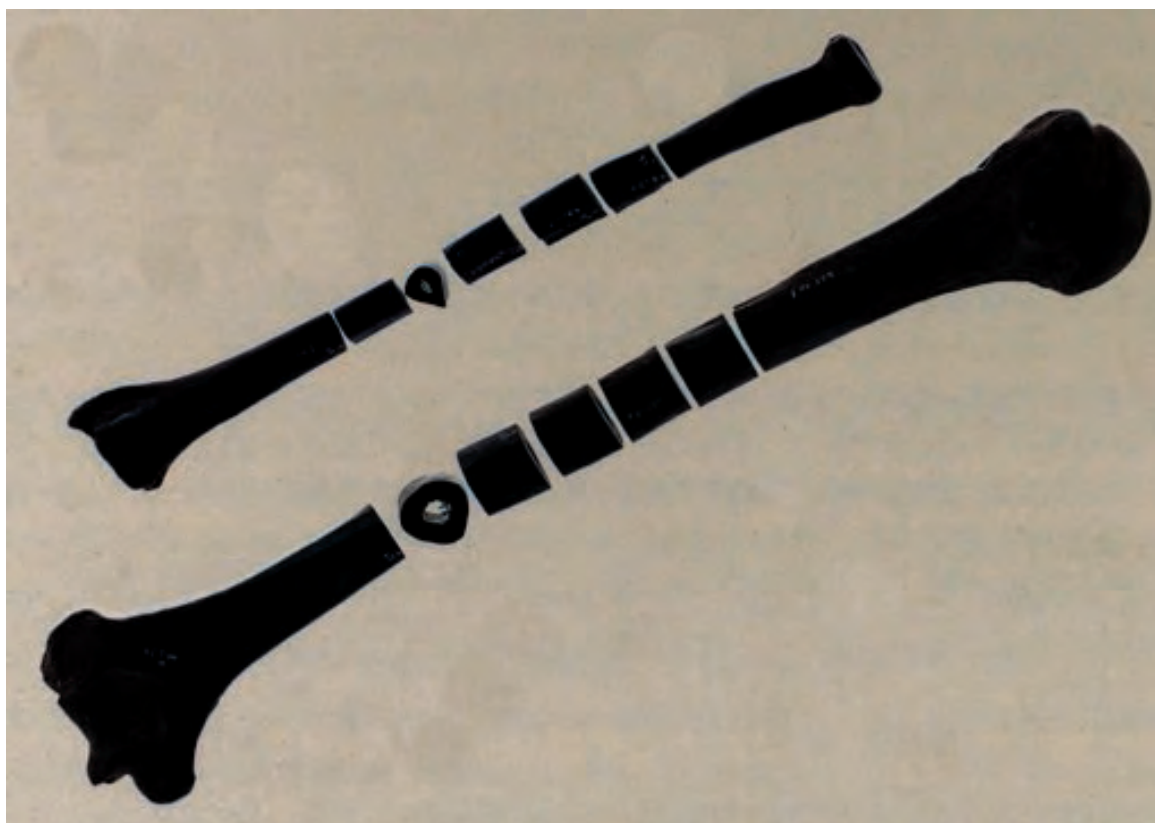


photo: Jean Gabriel Elia

Figure 31. Echantillon archéologique (AR): six sections ont été constituées pour chaque os, espacées de 2 cm.

Figure 32. Résultats de l'évaluation de l'erreur de précision de la mesure lors de deux séries de mesures des propriétés géométriques sur les sections sciées de l'échantillon des radius AR.

moyennes	TA	CA	lx	ly	lmax	lmin	thêta	Zx	Zy	Max x rad	Max y rad
série 1	116.20	91.80	877.67	1347.47	1374.93	850.21	3.41	143.88	161.88	8.23	5.96
série 2	116.28	91.82	879.60	1347.38	1375.38	851.60	3.51	144.27	161.70	8.23	5.96
erreur de précision	err TA	err CA	err lx	err ly	err lmax	err lmin	err thêta	err Zx	err Zy	err M x rad	err M y rad
moy	0.08	0.04	0.26	0.06	0.10	0.21	5.07	0.31	-0.06	0.12	-0.06
min	-0.59	-1.61	-0.74	-1.71	-1.70	-0.87	-8.66	-1.18	-2.77	-1.17	-1.40
max	0.96	1.10	1.54	2.20	2.23	1.48	85.39	1.56	2.39	1.60	1.58
ds	0.36	0.58	0.61	0.92	0.92	0.62	16.28	0.74	1.10	0.57	0.56
Paired Samples Test	TA	CA	lx	ly	lmax	lmin	thêta	Zx	Zy	M x rad	M y rad
	0.262	0.857	0.043*	0.968	0.844	0.144		0.047*	0.545	0.319	0.503

abréviations : propriétés géométriques utilisées pour la calibration uniquement. Zx : section modulus I/x , Zy : I/y , Max x rad : rayon dans l'axe x, Max y rad : rayon dans l'axe y (Ruff 2000b). * test de t païré significatif au seuil alpha = 0.05. Pour les autres abréviations se référer à la planche MEMO.

Figure 33. Echantillon AR - Erreur d'estimation: err (%) entre les valeurs réelles et les valeurs estimées pour différentes fenêtres 1500:380 à 600 HU. (A) = N =30 (B) = échantillon sélectionné. En rouge, les erreurs d'estimation les plus réduites. HU : unités Hounsfield.

humérus					
(A)	n = 30	err TA	err CA	err /max	err /min
400 HU	moy	0.81	-0.27	0.81	1.39
	min	0.22	-6.25	-3.80	-2.35
	max	1.60	3.30	5.50	4.88
	ds	0.39	1.98	1.83	1.30
500 HU	moy	0.39	-2.13	-1.04	-0.20
	min	-0.17	-17.38	-16.61	-7.01
	max	1.18	1.89	4.10	2.73
	ds	0.37	3.53	3.42	1.97
600 HU	moy	-0.18	-3.27	-2.35	-1.74
	min	-0.73	-9.49	-8.27	-7.04
	max	0.78	0.50	2.78	0.70
	ds	0.39	2.45	2.19	1.83
(B)	n = 16	err TA	err CA	err /max	err /min
380 HU	moy	0.83	-0.04	0.91	1.56
	min	1.68	1.82	-1.69	-0.67
	max	0.28	-2.94	2.80	3.40
	ds	0.37	1.29	1.41	1.10

Figure 34. Échantillon AR - Erreur d'estimation: err (%) entre les valeurs réelles et les valeurs estimées pour différentes fenêtres 1500:550 à 700 HU. Éch. A : n =30, Éch. B : échantillon sélectionné. En rouge, les erreurs d'estimation les plus réduites. HU : unités Hounsfield.

radius					
Éch. A	n=30	err TA	err CA	err /max	err /min
550 HU	moy	0.40	0.28	0.48	1.13
	min	-3.02	-3.09	-5.16	-6.17
	max	1.29	2.18	3.20	3.86
	ds	0.74	1.10	1.53	1.77
600 HU	moy	-0.12	-0.65	-0.68	-0.08
	min	-3.71	-4.22	-6.49	-7.79
	max	0.63	1.16	1.95	2.92
	ds	0.78	1.13	1.56	1.82
700 HU	moy	-0.66	-1.90	-1.96	-1.44
	min	-4.53	-5.86	-8.14	-9.78
	max	0.10	-0.16	0.21	1.07
	ds	0.83	1.20	1.61	1.92
Éch. B	n=29	err TA	err CA	err /max	err /min
550 HU	moy	0.52	0.39	0.67	1.38
	min	-0.38	-1.78	-1.62	-1.39
	max	1.29	2.18	3.20	3.86
	ds	0.37	0.92	1.12	1.13
590 HU (n=14)	moy	0.24	0.06	0.00	0.70
	min	0.93	1.36	1.96	1.87
	max	-0.66	-0.75	-1.93	-1.81
	ds	0.44	0.69	1.14	0.91
600 HU	moy	0.00	-0.53	-0.48	0.19
	min	-0.85	-2.66	-2.70	-2.59
	max	0.63	1.16	1.95	2.92
	ds	0.38	0.92	1.13	1.12
700 HU	moy	-0.52	-1.76	-1.74	-1.16
	min	-1.40	-4.12	-4.08	-3.95
	max	0.10	-0.16	0.21	1.07
	ds	0.41	0.96	1.13	1.11

Figure 35. Composition de l'échantillon tiré de la collection SIMON (CS).

	cl âges	hum g	hum d	rad g	rad d		cl âges	hum g	hum d	rad g	rad d
BIE 01	20-29	X		X		BIE 61	50-59	X		X	
BIE 43	20-29			X		BIE 70	50-59	X			
ECH 08	20-29	X		X		LAU 35	50-59	X		X	
ETA 07	20-29	X				LAU 45	50-59	X		X	
STP 04	20-29	X			X	LAU 58	50-59	X		X	
STP 14	20-29	X		X		MOI 10	50-59			X	
BOU 03	30-39		X	X		AIG 22	60-69	X			
LAU 51	30-39	X		X		ETA 06	60-69	X		X	
MOI 09	30-39	X		X		PAM 15	60-69	X		X	
MOI 13	30-39	X				PRO 06	60-69	X			
TRE 02	30-39	X			X	SER 11	60-69			X	
VSR 06	30-39			X		VLT 02	60-69			X	
LAU 01	40-49	X		X		VSR 07	60-69	X		X	
LAU 14	40-49			X		PAM 06	70-79			X	
LAU 31	40-49	X		X		PAM 14	70-79	X			X
LAU 47	40-49	X		X		RSL 06	70-79	X			
LAU 48	40-49	X		X		RSL 07	70-79	X		X	
LAU 56	40-49	X				STP 19	70-79	X		X	
						VAL 11	70-79	X		X	

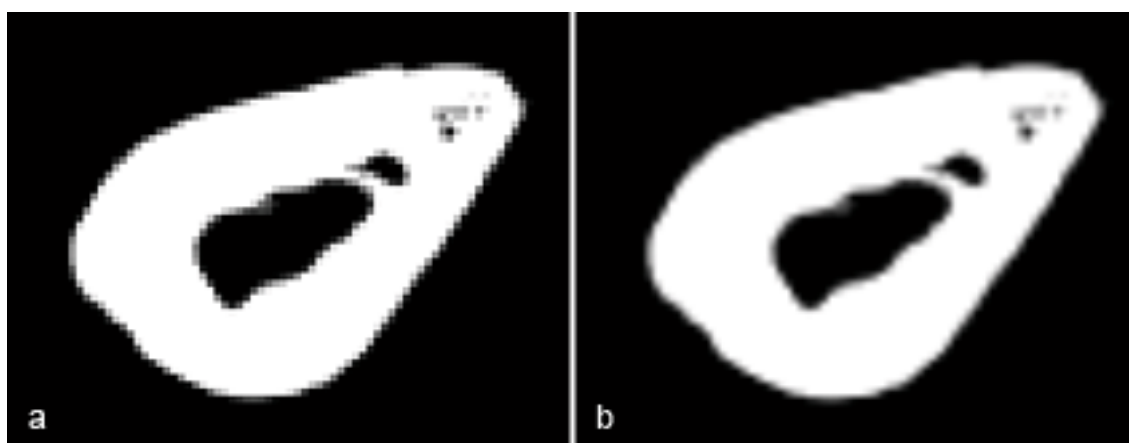


Figure 36. Image acquise par CT scanner. Section transverse CT de l'humérus gauche de BIE26 (20%), a) sans interpolation, b) avec interpolation.

Figure 37. Echantillon CS, radius - fenêtre: 1500:440 HU. Comparaison de la précision des propriétés géométriques calculées à partir d'images avec et sans interpolation par rapport aux valeurs obtenues sur les sections sciées. Tests de *t* pairés significatifs au seuil alpha de 0.05 (*).

	TA	CA	Ix	Iy	I _{max}	I _{min}	Zx	Zy	Max x rad	Max y rad
Comparaison entre sections sciées et les images sans interpolation	*	*	*			*	*			
Comparaison entre sections sciées et les images avec interpolation	*									

abréviations : propriétés géométriques utilisées pour la calibration uniquement. Zx : section modulus I/x, Zy : I/y, Max x rad : rayon dans l'axe x, Max y rad : rayon dans l'axe y (Ruff 2000b). Pour les autres abréviations se référer à la planche MEMO.

Figure 38. Echantillon CS. Erreur d'estimation (err %) entre les valeurs réelles et estimées pour différentes fenêtres 1500:280 à 500 HU. ① = échantillon total ② = échantillon sélectionné. HU : unités Hounsfield. En rouge, les erreurs d'estimation les plus faibles.

humérus												
①	N = 30	err TA	err CA	err Ix	err Iy	err I _{max}	err I _{min}	err thêta	err Zx	err Zy	err Max x rad	err Max y rad
280 HU	moy	1.00	0.58	2.64	0.80	1.74	1.82	3.80	1.76	1.13	-0.33	0.86
	min	-2.16	-6.37	-3.99	-5.79	-7.05	-6.98	-5.85	-6.04	-2.25	-3.67	-5.02
	max	2.18	3.82	7.20	3.86	4.92	4.65	14.71	5.56	3.46	1.71	3.16
	ds	0.84	2.30	2.68	1.99	2.70	2.18	5.12	2.14	1.44	1.17	1.50
300 HU	moy	0.86	0.11	2.16	0.39	1.27	1.40	3.75	1.40	0.76	-0.37	0.76
	min	-2.26	-6.90	-4.48	-6.10	-7.57	-7.32	-5.58	-6.34	-2.51	-3.67	-5.17
	max	2.11	3.25	7.00	3.45	4.56	4.41	14.73	5.36	3.07	1.58	3.07
	ds	0.83	2.53	2.71	2.03	2.68	2.27	5.09	2.23	1.42	1.19	1.52
400 HU	moy	0.43	-1.63	0.41	-1.17	-0.60	0.02	3.45	-0.03	-0.58	-0.58	0.44
	min	-2.74	-10.43	-7.87	-8.59	-11.12	-9.10	-5.53	-8.40	-3.53	-5.30	-5.46
	max	1.69	2.27	6.07	1.60	3.75	3.28	14.93	4.74	2.47	1.41	2.02
	ds	0.85	2.99	3.13	2.15	3.25	2.31	5.20	2.52	1.60	1.37	1.50
500 HU	moy	-0.26	-4.00	-1.90	-3.29	-2.87	-2.12	2.98	-1.96	-2.24	-1.09	0.07
	min	-3.44	-13.66	-10.67	-11.76	-14.26	-11.85	-9.76	-11.22	-6.04	-6.11	-4.50
	max	1.13	0.25	4.24	-0.02	1.87	1.68	12.99	2.81	0.62	1.41	2.31
	ds	0.90	3.73	3.60	2.56	3.77	2.66	5.51	3.24	1.77	1.48	1.46

humérus												
②	N = 23	err TA	err CA	err Ix	err Iy	err I _{max}	err I _{min}	err thêta	err Zx	err Zy	err Max x rad	err Max y rad
280 HU best	moy	1.05	1.32	3.13	1.20	2.17	2.29	4.22	2.05	1.35	-0.16	1.06
	min	-0.71	-3.17	-3.25	-3.36	-4.41	-1.47	-5.32	-2.89	-1.51	-1.91	-1.38
	max	2.18	3.82	7.20	3.86	4.92	4.65	14.71	5.56	3.46	1.58	3.16
	ds	0.60	1.45	2.21	1.60	2.06	1.40	5.19	1.68	1.30	0.87	1.06
300 HU best	moy	0.91	1.03	2.78	0.87	1.86	1.91	4.05	1.85	1.01	-0.15	0.91
	min	-0.81	-3.55	-3.60	-3.71	-4.73	-1.88	-5.41	-3.27	-1.86	-1.91	-1.38
	max	2.11	3.25	7.00	3.45	4.56	4.41	14.73	5.36	3.07	1.58	3.07
	ds	0.61	1.44	2.24	1.61	2.06	1.39	5.24	1.77	1.32	0.89	1.12
400 HU-best	moy	0.44	-0.45	1.22	-0.59	0.29	0.48	4.18	0.62	-0.37	-0.58	0.44
	min	-1.32	-4.77	-5.60	-5.23	-6.60	-3.55	-5.31	-5.36	-3.50	-5.30	-5.46
	max	1.69	2.27	6.07	1.60	3.75	3.28	14.93	4.74	2.47	1.41	2.02
	ds	0.64	1.59	2.44	1.62	2.20	1.52	5.34	2.01	1.52	1.37	1.50
500 HU-best	moy	-0.26	-2.49	-0.87	-2.45	-1.71	-1.48	3.73	-1.04	-1.87	-0.61	0.18
	min	-2.07	-8.23	-8.81	-8.01	-9.84	-6.25	-6.89	-8.97	-5.90	-2.29	-2.38
	max	1.13	0.25	4.24	-0.02	1.87	1.68	12.99	2.81	0.62	1.41	2.31
	ds	0.71	1.97	2.78	1.77	2.50	1.78	5.37	2.51	1.56	1.01	1.19

abréviations : propriétés géométriques utilisées pour la calibration uniquement. Zx : section modulus I_x, Zy : I_y, Max x rad : rayon dans l'axe x, Max y rad : rayon dans l'axe y (Ruff 2000b). Pour les autres abréviations se référer à la planche MEMO.

Figure 39. Echantillon CS. Erreur d'estimation (err %) entre les valeurs réelles et estimées pour différentes fenêtres 1500:280 à 500 HU. **A** = échantillon total **B** = échantillon sélectionné. HU : unités Hounsfield. En rouge, les erreurs d'estimation les plus faibles.

sections du radius												
A	n = 30	err TA	err CA	err lx	err ly	err lmax	err lmin	err theta	err Zx	err Zy	err Max x rad	err Max y rad
360 HU	moy	1.01	0.65	2.89	1.08	1.44	2.39	4.19	2.27	1.63	-0.53	0.59
	min	-1.53	-4.82	-3.60	-12.14	-3.71	-2.78	-266.79	-4.35	-3.40	-15.45	-6.43
	max	3.83	5.20	25.39	10.22	5.83	6.63	308.83	18.41	8.06	3.29	5.86
	ds	1.07	1.94	5.03	3.84	2.48	2.35	96.76	3.77	2.41	3.27	2.44
400 HU	moy	0.70	-0.04	2.06	0.35	0.71	1.55	4.18	1.55	1.07	-0.70	0.48
	min	-1.87	-6.41	-4.47	-12.88	-4.47	-3.55	-268.93	-5.17	-4.17	-15.71	-6.43
	max	3.48	4.23	24.38	9.56	4.63	5.81	309.02	17.39	7.40	3.25	5.86
	ds	1.09	2.05	5.02	3.82	2.47	2.38	96.68	3.68	2.43	3.29	2.42
400 HU N=28	moy	0.56	0.03	1.89	0.12	0.51	1.33	2.87	1.37	0.94	-0.70	0.48
	min	-1.87	-2.62	-4.47	-12.88	-4.47	-3.55	-268.93	-5.17	-4.17	-15.71	-6.43
	max	2.19	2.46	24.38	9.56	4.63	5.81	309.02	17.39	7.40	3.25	5.86
	ds	0.96	1.53	5.16	3.84	2.43	2.29	99.43	3.74	2.45	3.29	2.42
440 HU	moy	0.47	-0.39	1.39	-0.29	0.07	0.89	1.53	0.91	0.46	-0.71	0.43
	min	-2.27	-3.50	-5.25	-13.53	-5.33	-4.48	-267.50	-6.00	-4.18	-15.98	-6.29
	max	3.56	5.20	23.77	8.61	7.07	9.28	310.75	16.82	6.99	2.77	5.86
	ds	1.22	1.87	5.24	4.10	2.80	2.74	98.01	3.90	2.67	3.40	2.46
440 HU N=28	moy	0.26	-0.59	1.15	-0.58	-0.18	0.59	2.25	0.73	0.28	-0.71	0.43
	min	-2.27	-3.50	-5.25	-13.53	-5.33	-4.48	-267.50	-6.00	-4.18	-15.98	-6.29
	max	1.77	1.60	23.77	8.61	4.16	4.69	310.75	16.82	6.99	2.77	5.86
	ds	0.97	1.56	5.18	3.88	2.50	2.25	99.73	3.84	2.55	3.40	2.46
500 HU	moy	-0.13	-1.86	0.03	-1.76	-1.36	-0.54	4.70	-0.04	-0.50	-1.24	0.02
	min	-2.76	-9.72	-9.84	-14.12	-6.52	-5.77	-269.29	-5.72	-4.74	-15.85	-6.58
	max	2.64	1.84	22.53	3.22	3.29	4.07	308.56	15.62	5.43	2.50	6.03
	ds	1.10	2.27	5.26	3.35	2.63	2.27	96.73	3.64	2.42	3.44	2.45
600 HU	moy	-0.87	-3.52	-1.93	-3.53	-3.14	-2.47	3.98	-1.70	-2.07	-1.45	-0.29
	min	-3.73	-12.69	-11.29	-15.30	-8.59	-7.82	-264.64	-7.94	-6.30	-15.85	-6.43
	max	1.83	-0.51	20.40	1.40	1.47	1.92	306.10	15.47	3.70	2.17	4.19
	ds	1.16	2.51	5.22	3.30	2.66	2.32	96.31	3.90	2.38	3.36	2.23

sections du radius												
B	N=25	err TA	err CA	err lx	err ly	err lmax	err lmin	err theta	err Zx	err Zy	err Max x rad	err Max y rad
360 HU	moy	0.82	0.99	2.94	0.85	1.52	1.97	10.56	1.95	1.51	-0.63	0.94
	min	-1.53	-1.87	-3.60	-12.14	-3.71	-2.78	-266.79	-4.35	-3.40	-15.45	-4.06
	max	2.25	5.20	25.39	5.80	5.83	6.34	308.83	18.41	6.37	3.29	5.86
	ds	0.95	1.57	5.32	3.63	2.42	2.19	99.90	3.97	2.22	3.46	2.18
400 HU	moy	0.50	0.33	2.13	0.12	0.79	1.16	10.28	1.27	0.98	-0.70	0.48
	min	-1.87	-2.52	-4.47	-12.88	-4.47	-3.55	-268.93	-5.17	-4.17	-15.71	-6.43
	max	1.93	4.23	24.38	4.57	4.63	5.77	309.02	17.39	6.00	3.25	5.86
	ds	0.97	1.58	5.32	3.61	2.41	2.26	100.05	3.91	2.26	3.29	2.42
440 HU	moy	0.29	-0.21	0.64	0.14	0.27	0.59	10.19	0.78	0.42	-0.71	0.43
	min	-2.27	-3.18	-5.25	-4.70	-5.33	-4.48	-267.50	-6.00	-4.18	-15.98	-6.29
	max	3.56	5.20	8.09	7.69	7.07	9.28	310.75	16.82	5.36	2.77	5.86
	ds	1.17	1.79	3.00	2.86	2.76	2.73	99.79	4.16	2.46	3.40	2.46
500 HU	moy	-0.25	-1.25	0.27	-1.65	-0.98	-0.70	10.54	-0.04	-0.54	-1.08	0.25
	min	-2.76	-4.22	-6.66	-14.12	-6.30	-5.77	-269.29	-5.72	-4.74	-15.85	-4.06
	max	1.25	1.84	22.53	3.22	3.29	4.07	308.56	15.62	4.75	2.50	6.03
	ds	1.02	1.61	5.36	3.54	2.46	2.33	99.84	3.89	2.31	3.48	2.27
600 HU	moy	-1.00	-2.85	-1.66	-3.39	-2.75	-2.59	9.94	-1.64	-2.12	-1.45	-0.29
	min	-3.73	-6.12	-8.80	-15.30	-8.59	-7.82	-264.64	-7.94	-6.30	-15.85	-6.43
	max	0.59	-0.51	20.40	1.40	1.47	1.92	306.10	15.47	2.82	2.17	4.19
	ds	1.10	1.72	5.37	3.50	2.53	2.44	99.08	4.21	2.27	3.36	2.23

abréviations: propriétés géométriques utilisées pour la calibration uniquement. Zx : section modulus l/x, Zy : l/y, Max x rad : rayon dans l'axe x, Max y rad : rayon dans l'axe y (Ruff 2000b). Pour les autres abréviations se référer à la planche MEMO.



Figure 40. Section de l'humérus gauche à 35% de LAU 48 (41 ans). Difficultés rencontrées pour trouver un seuil HU adapté (ici 1500 WW : 400 WL) pour repérer adéquatement les limites endostéales lorsque le tissu de l'os cortical se raréfie.

Figure 41. Représentation des tests de t pairés non significatifs par des plages grises. Les moyennes estimées sont donc comparables aux moyennes réelles pour les propriétés géométriques calculées sur les sections des **humérus** - échantillon CS - N=30.

HU	280	280B	300	300B	400	400B	500	500B
TA								
CA								
Ix								
Iy								
I _{max}								
I _{min}								
Zx								
Zy								
Max x rad								
Max y rad								

Figure 42. Représentation des tests de t pairés non significatifs par des plages grises. Les moyennes estimées sont donc comparables aux moyennes réelles pour les propriétés géométriques calculées sur les sections des radius - échantillon CS - N=30.

HU	360	360B	400	4028	400B	440	4428	500	500B	600
TA										
CA										
Ix										
Iy										
I _{max}										
I _{min}										
Zx										
Zy										
Max x rad										
Max y rad										



Figure 43. Les paramètres de densité calculés pour la région sélectionnée sont le minimum, la moyenne et le maximum de densité (outil ROI, logiciel OsiriX®).

Figure 44. Mesure de la densité maximale des ossements de l'échantillon CS ainsi que d'un échantillon complémentaire de clavicules - représentation démographique équilibrée. Statistiques descriptives et résultats des tests de t paillés.

Statistiques descriptives		N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
hum 35%		54	2017.00	2195.00	2111.69	42.04
hum 35% + 20 mm		54	1903.00	2200.00	2097.46	48.84
hum 35% + 40 mm		54	1972.00	2214.00	2084.72	41.98
hum moy		54	1987.67	2194.00	2097.96	38.75
rad 40%		53	1993.00	2284.00	2164.79	60.33
rad 40% + 20 mm		53	1988.00	2279.00	2147.94	53.91
rad 40% + 40 mm		53	1952.00	2237.00	2144.17	55.78
rad moy		53	2033.00	2245.00	2152.30	48.50
cla 50% + 20 mm		36	2015.00	2483.00	2258.31	105.53
cla 50%		36	2011.00	2362.00	2270.75	91.97
cla 50% - 20 mm		36	1745.00	2372.00	2175.28	147.84
cla moy		36	1986.00	2365.67	2234.78	97.61

Paired Samples Test		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
HM - RM		-54.91	37.35	5.28	-65.53	-44.30	-10.40	49	0.0000
HM - CM		-141.24	80.38	13.59	-168.85	-113.63	-10.40	34	0.0000
RM - CM		-75.92	78.03	13.79	-104.05	-47.78	-5.50	31	0.0000

Figure 45. Evaluation de la précision relative du repositionnement des ossements entre l'acquisition des images CT et le sciage des sections. Echantillon CS : erreur d'estimation (err %) entre les valeurs "réelles" et estimées pour des propriétés géométriques corrélées aux axes x et y.

N = 30	humérus (400 HU)						radius (440 HU)					
	err /x	err /y	err théta	err Max x rad	err Max y rad		err /x	err /y	err théta	err Max x rad	err Max y rad	
Moy	0.41	-1.17	3.45	-0.58	0.44		1.39	-0.29	1.53	-0.71	0.43	
Min	-7.87	-8.59	-5.53	-5.30	-5.46		-5.25	-13.53	-267.50	-15.98	-6.29	
Max	6.07	1.60	14.93	1.41	2.02		23.77	8.61	310.75	2.77	5.86	
Ecart-t	3.13	2.15	5.20	1.37	1.50		5.24	4.10	98.01	3.40	2.46	

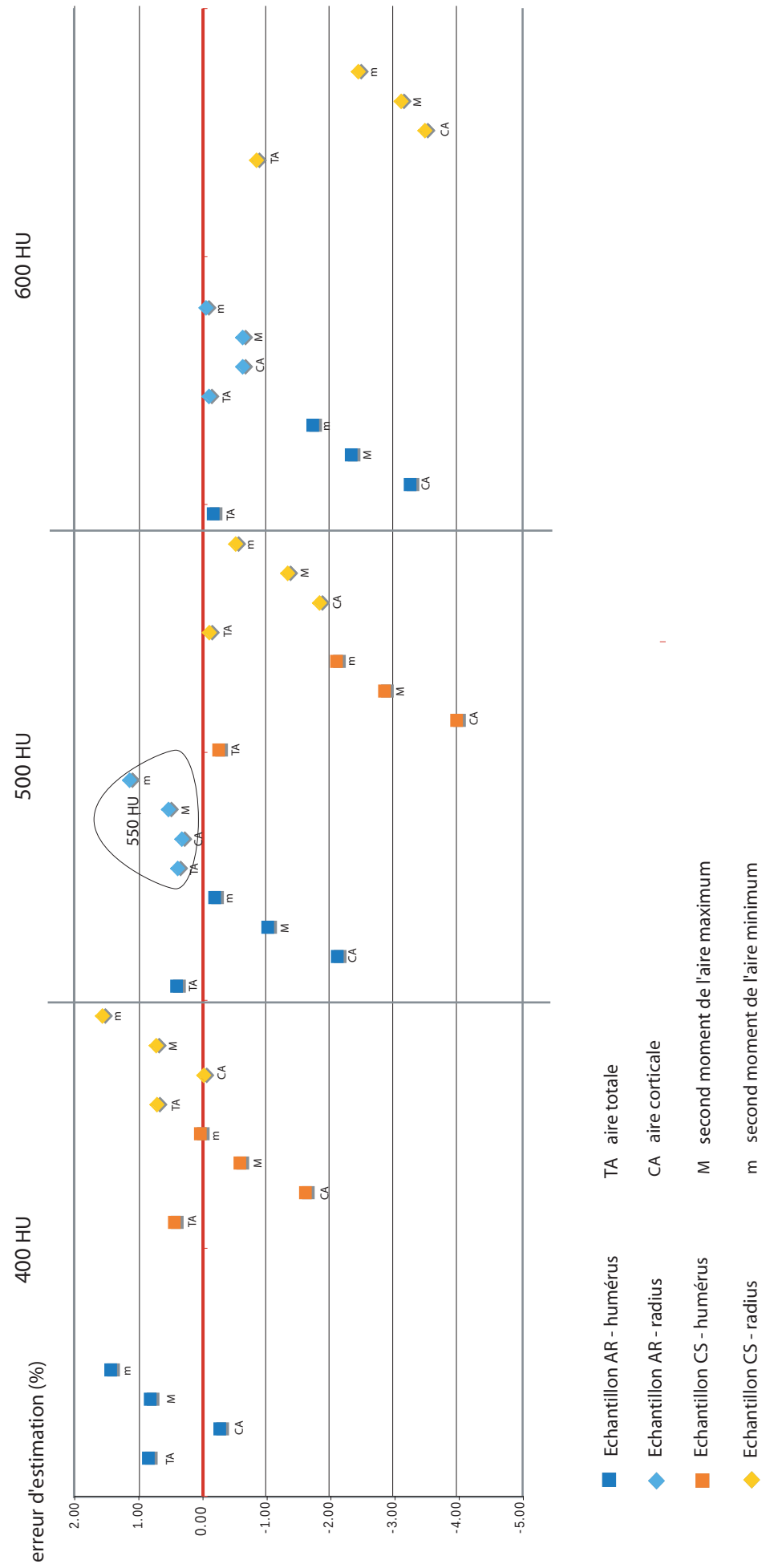


Figure 46. Représentation des moyennes des pourcentages d'erreurs d'estimation (valeur vraie-valeur estimée/valeur vraie x 100) pour différentes fenêtres.

Figure 47. Mesure de la densité maximale HU des échantillons AR et CS. Trois mesures (c1, c2 et c3) pour chaque os, aux mêmes hauteurs de la diaphyse.

		c1	c2	c3	moy
Échantillon AR	humerus (N=5)	2224	2245	2212	2227
	radius (N=5)	2286	2282	2261	2276
		c1	c2	c3	moy
Échantillon CS	humerus (N=30)	2118	2106	2092	2092
	radius (N=30)	2167	2142	2139	2160

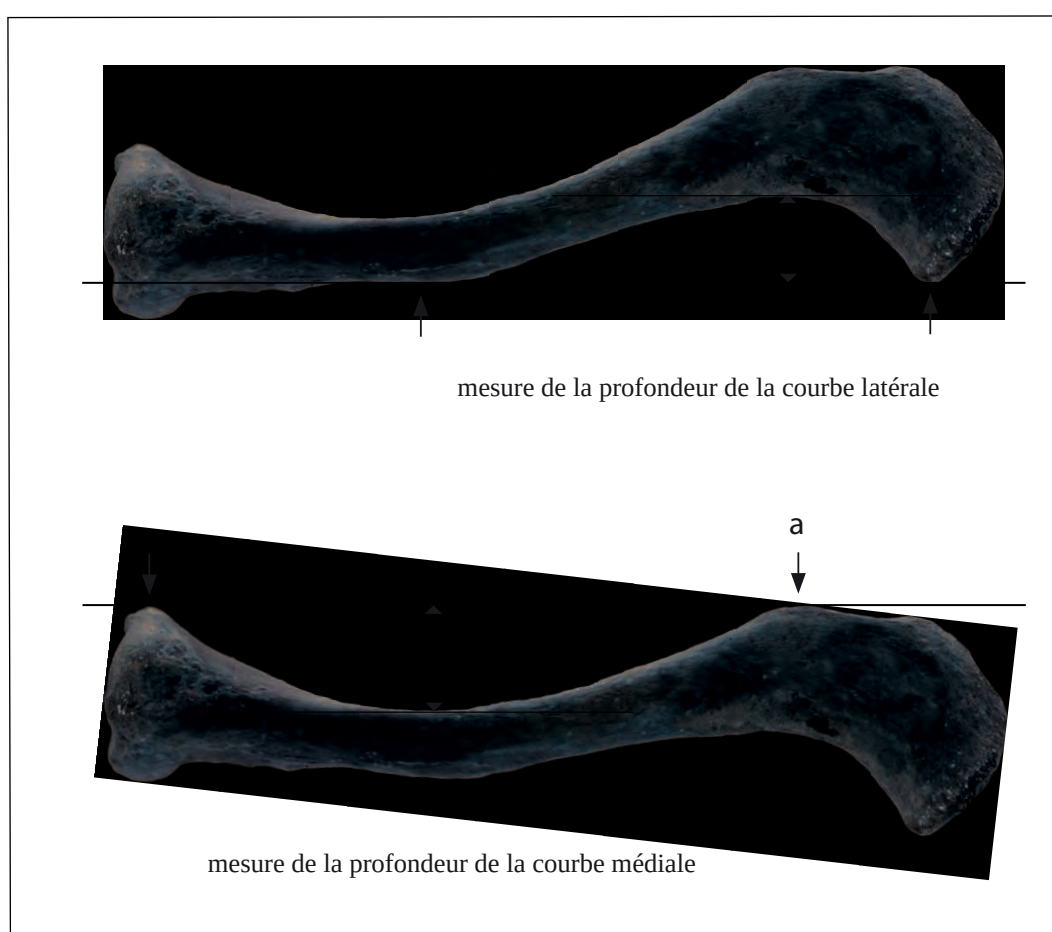


Figure 48. VSR 02 - clavicule gauche. Adaptation de la méthode de Mays et al. (1999) pour la mesure de la profondeur des courbes latérale et médiale. Les clavicules sont numérisées au moyen d'un scanner papier face supérieure posée sur la vitre. Deux images JPG par clavicule sont ensuite traitées à l'aide du logiciel Photoshop® de la manière suivante:

- création d'une ligne droite s'appuyant sur les points de référence définis par Mays et al.1999 (régions désignées par les flèches). Parfois la face postérieure de l'acromion dépasse la hauteur du point a et le repérage de ce point de référence devient délicat. La règle est alors la suivante: on appuie la ligne droite sur le premier point d'inflexion de la courbure.
- mise à la verticale de cette droite à l'aide de l'outil « rotation de la zone de travail paramétrée »
- création d'une seconde verticale au point de la profondeur maximale de la courbure
- calcul de la profondeur de la courbure à l'aide de l'outil « mesure » (distance entre les deux verticales créées). Les distances sont données au dixième de millimètre.



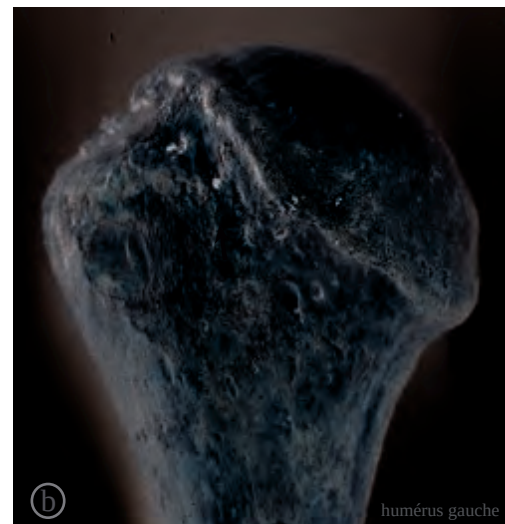
photo: Micheline Vautravers

Figure 49. Mesure de la largeur bicondylaire de l'humérus. Position de référence qui permet d'assurer une répétabilité satisfaisante de la mesure.



photo : Micheline Vautravers

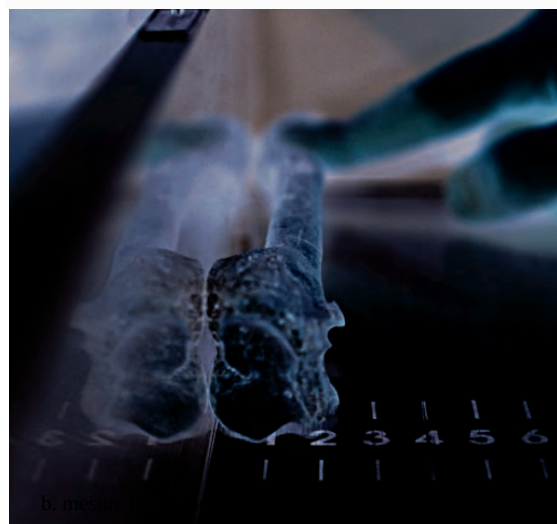
Figure 50. Mesure de la largeur articulaire de l'épiphyse distale de l'humérus. Le contrôle de l'alignement de l'axe de la diaphyse (posée sur un repère orthonormé) et de l'orientation du compas glissière qui doit être perpendiculaire à l'axe de la diaphyse, aident à assurer la répétabilité de la mesure.



photos : Micheline Vautravers



Figure 51. Mesure de la largeur du tubercule majeur de l'humérus (Stirland 1993). L'identification de la limite postérieure du tubercule majeur nécessite une observation attentive de cette région, aussi bien en vue supérieure (a), qui permet de repérer de très légers, mais significatifs, changements de courbure, qu'en vue postérieure (b). Une fois cette limite repérée, le compas est placé perpendiculairement à l'axe de la diaphyse comme décrit dans Stirland 1993 (c).



photos : Micheline Vautravers

Figure 52. Mesures des diamètres antéro-postérieur et médio-latéral de l'épiphyse distale du radius. a) Face postérieure visible et face médiale contre le bord de la planche ostéométrique de manière à ce que les deux extrémités de l'incisure ulnaire touche la paroi. b) Le radius est plaqué contre le bord de la planche ostéométrique face externe visible de manière à ce que tout le bord antérieur de l'épiphyse distale touche la paroi.



Figure 53. Tentative de mesure de la surface articulaire de la tête du radius par numérisation au moyen d'un scanner papier. Les images sont ensuite traitées par Photoshop®. Les surfaces articulaires sont délimitées au moyen de l'outil "lasso magnétique" puis les surfaces et les périmètres calculés par le logiciel NIH Image 1.63®. La méthode, manquant de précision au niveau du repérage des limites de l'insertion, a été abandonnée.

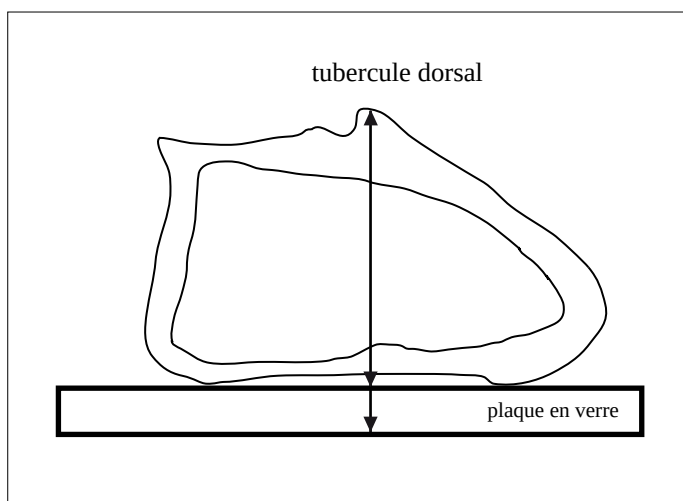


Figure 54. Épiphyse distale du radius en vue inférieure. On mesure la distance entre le sommet du tubercule dorsal et la limite inférieure d'une plaque en verre, puis on déduit de cette mesure l'épaisseur de la plaque pour connaître la hauteur du tubercule dorsal. Illustration adaptée de Holla et al. 1996, p. 192 (mesure originale DT).

Figure 55. Nombre de longueurs reconstituées par os et par côté. Échantillon total : 235 individus.

	clav gauche	clav droite	hum gauche	hum droit	rad gauche	rad droit
longueurs conservées	197	197	220	224	209	214
longueur reconstituée avec EM*	11	6	8	5	13	8
longueur estimée par comparaison avec l'os controlatéral	13	3	9	5	7	7
pourcentage de longueurs reconstituées et estimées	10.2	3.8	7.2	4.3	8.5	6.4

* EM: expectation maximization algorithm, algorithme de reconstitution des données manquantes.

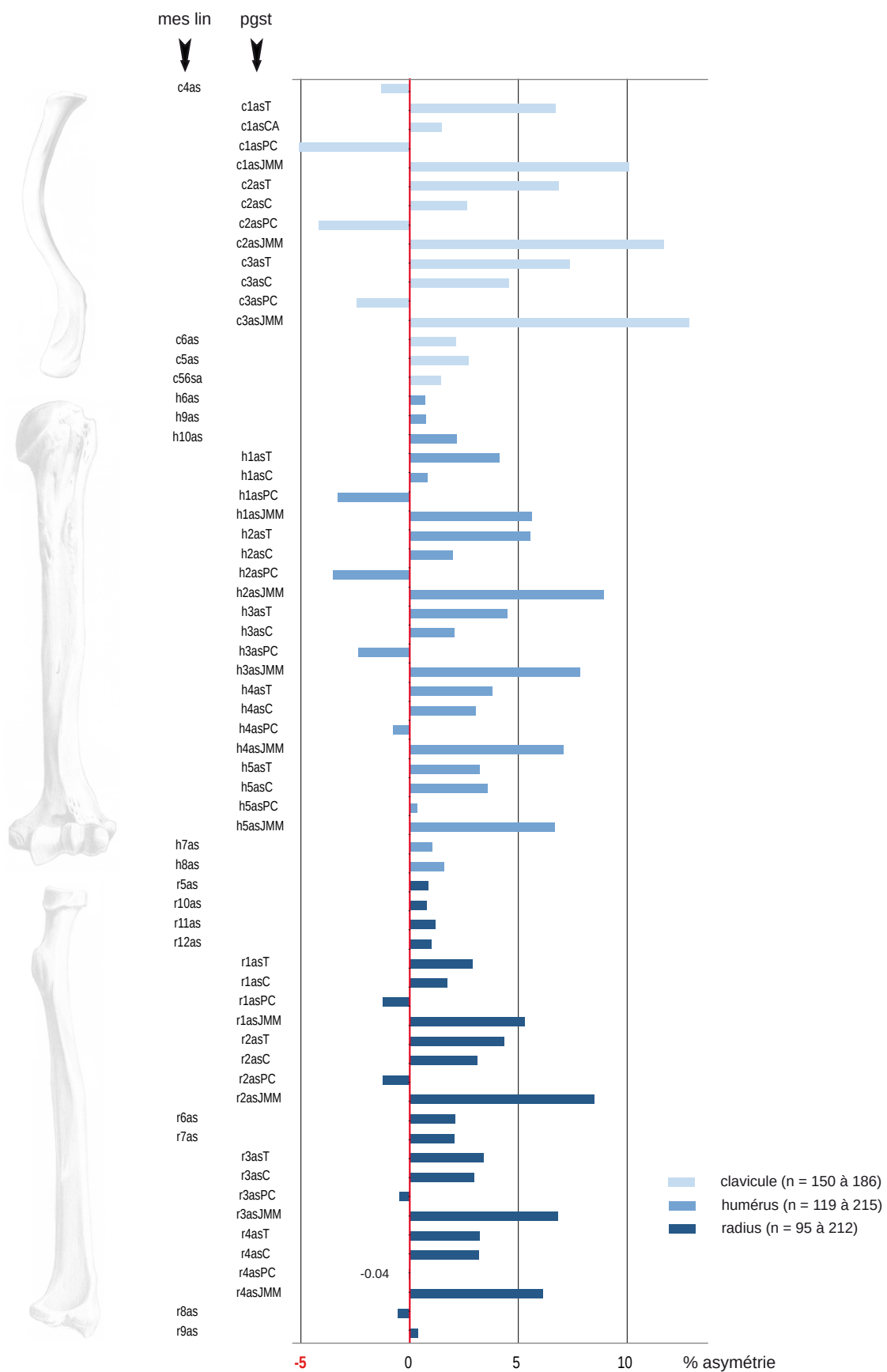


Figure 56. Profil des moyennes des asymétries de 65 variables (toutes les mesures linéaires et 4 propriétés géométriques par section - TA, CA, PC et JMM) pour l'ensemble de la population étudiée. Les moyennes négatives indiquent un plus fort développement des ossements gauches, les moyennes positives, un plus fort développement à droite.
Abréviations : mes lin: mesures linéaires, pgst : propriétés géométriques des sections transverses. Abréviations des variables : se reporter à la planche MEMO.

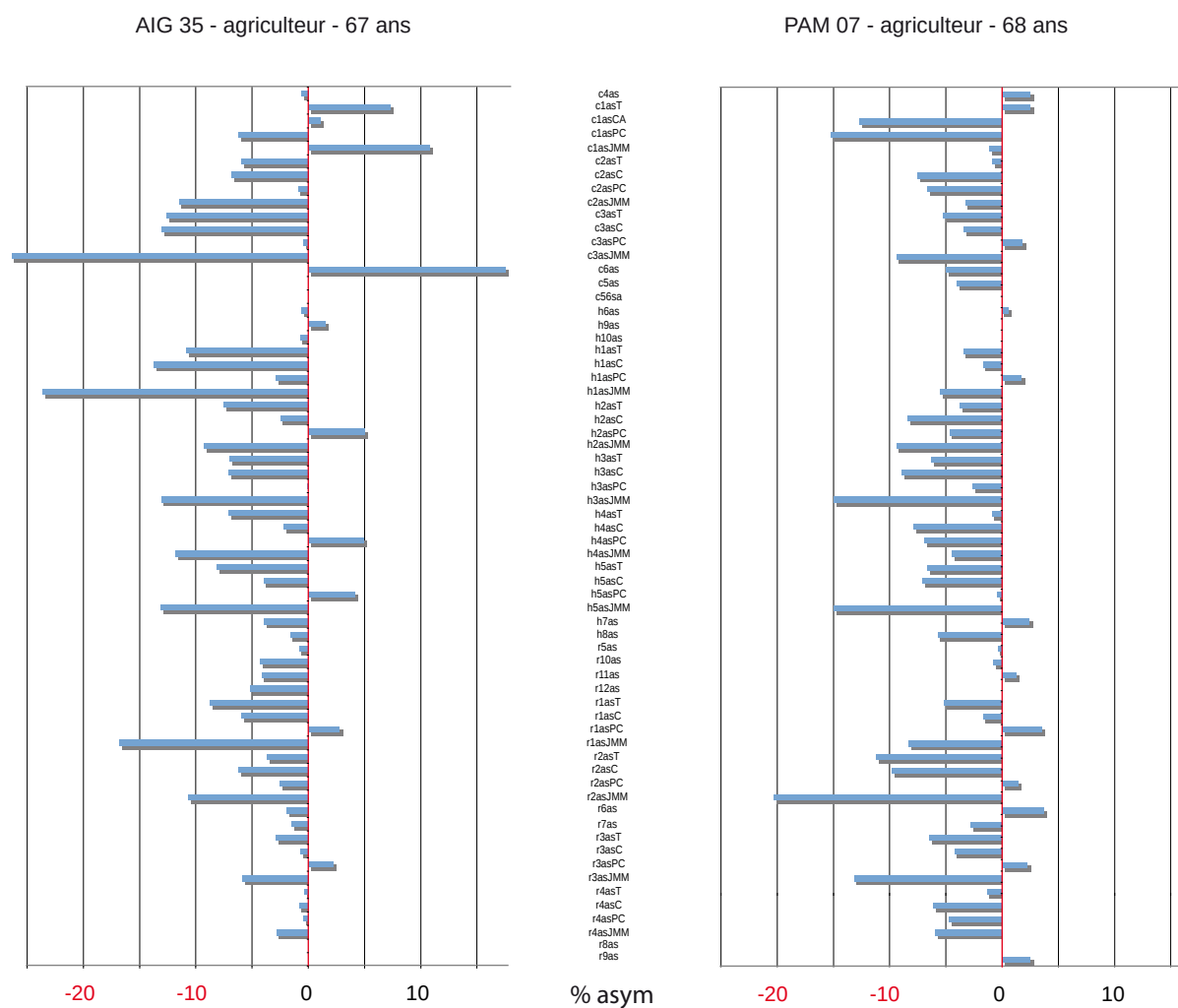


Figure 57. Profil des asymétries des individus AIG35 et PAM07 montrant un profil d'asymétrie complètement inversé par rapport au schéma général de la population.

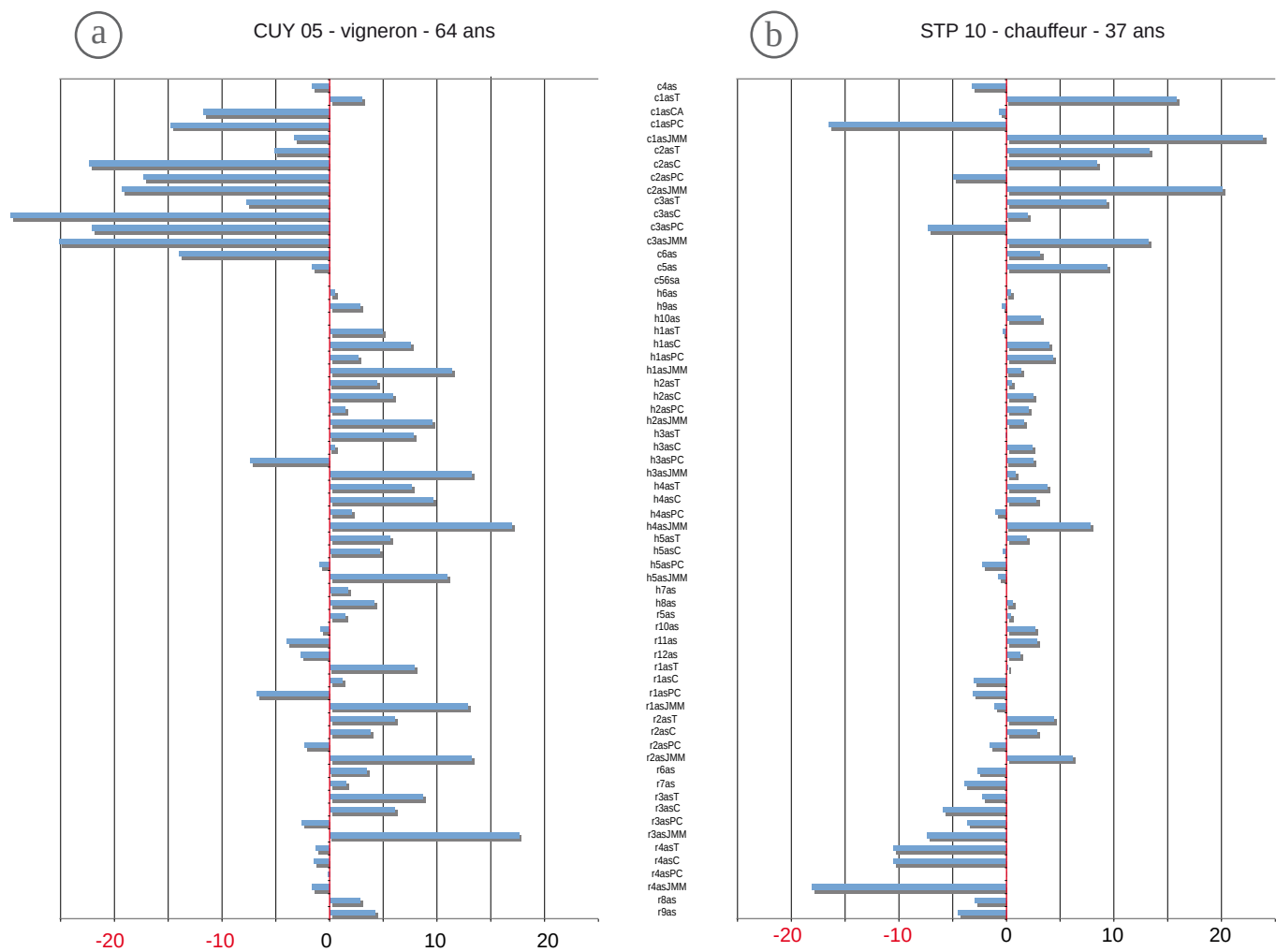


Figure 58. a - Profil des asymétries mesurées sur les diaphyses de CUY05 : les valeurs de la clavicule sont négatives pour des valeurs positives de l'humérus et du radius. b - STP10 : les valeurs mesurées sur le radius sont négatives alors que les asymétries de la clavicule et de l'humérus sont positives.

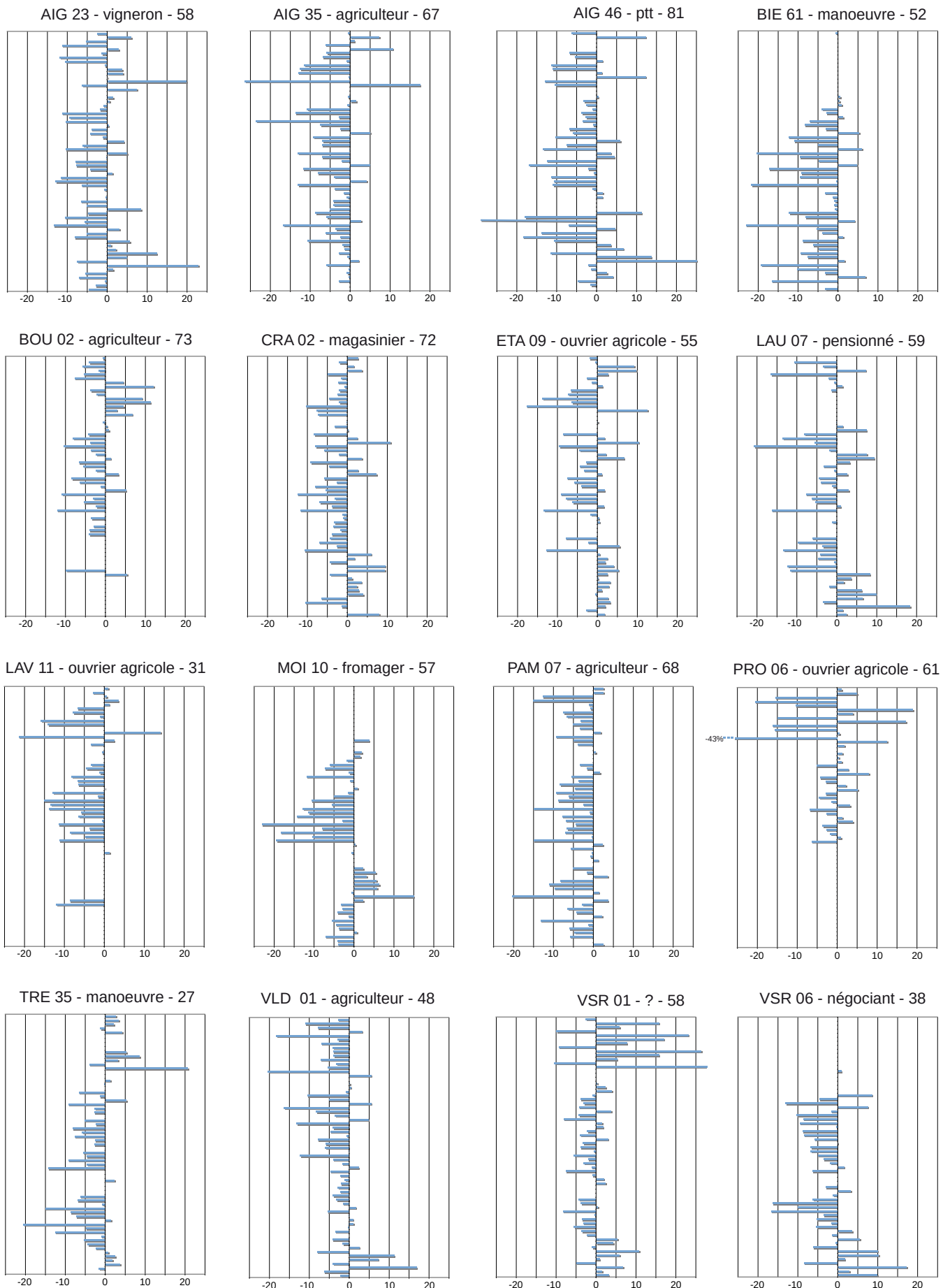


Figure 59. Un sous-groupe de 20 individus (liste en annexe 6.2) a été identifié comme « porteur » d'un schéma d'asymétrie inversé par rapport à la situation connue pour l'ensemble de la population. Ici, 16 profils sélectionnés parmi les 20.

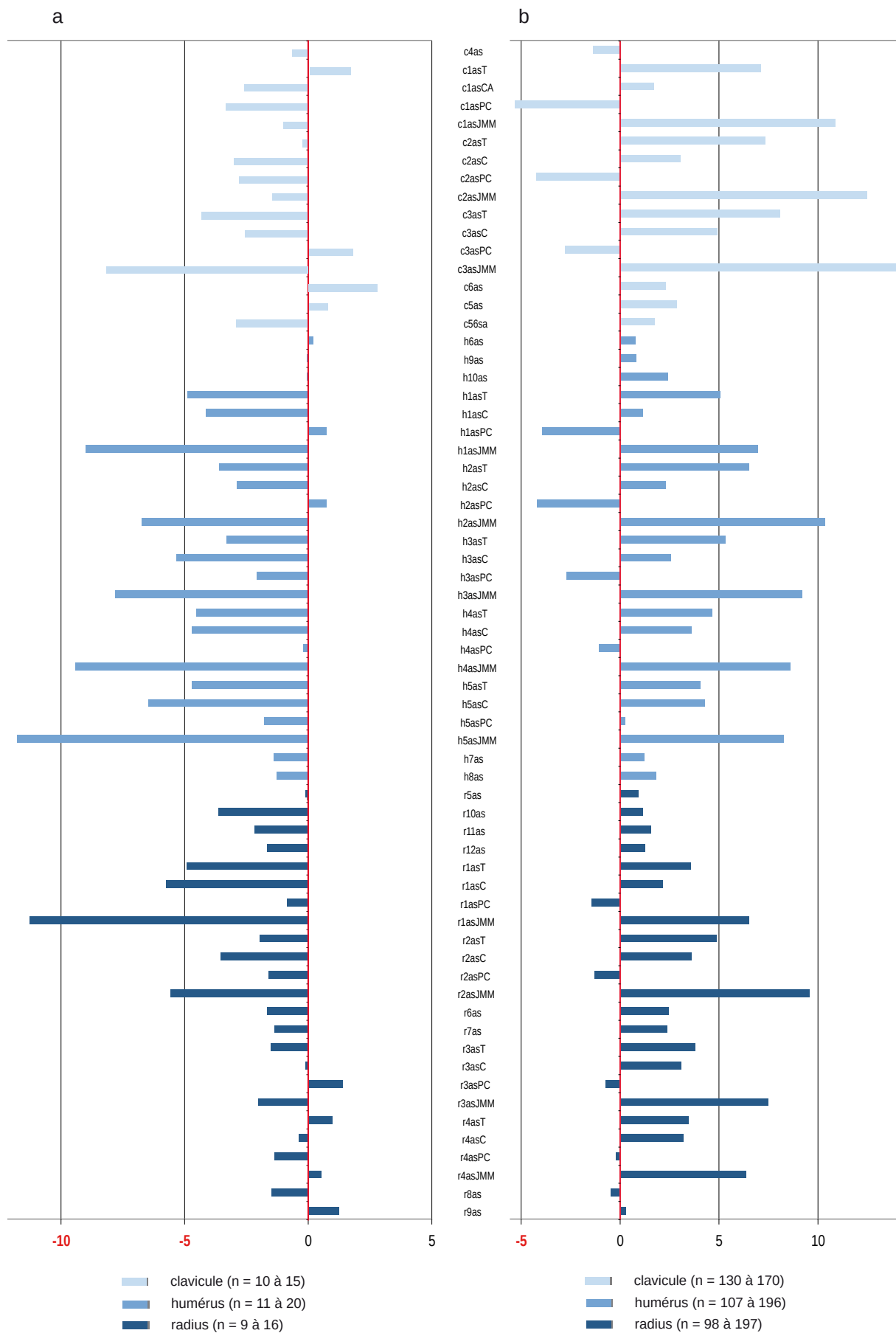


Figure 60. Le profil des asymétries moyennes des asymétries linéaires et des propriétés géométriques (TA, CA, PC et JMM) du sous-groupe "profils inversés" est opposé au profil des asymétries moyennes du reste de la population.

Figure 61. Dénombrement des individus dont le profil d'asymétrie des mesures linéaires et des propriétés géométriques (TA, CA, PC, JMM) et inversé ou atypique par rapport aux valeurs moyennes de l'ensemble de la population.

groupe d'activités	pop tot	"gauchers"		"cas limites"		ensemble	
		n	%	n	%	n	%
A / G	97	8 + 2	10.3	9	9.3	19	19.6
SL + SI	78	2 + 0	2.6	2	2.6	4	5.2
NA	43	5	11.6	1	2.3	6	13.9
sans	17	3	17.6	0	0.0	3	17.6
total	235	20	8.5	12	5.1	32	14.1

Figure 62. Comparaison de l'asymétrie moyenne de la longueur du bras estimée par l'addition des longueurs de l'humérus et du radius ainsi que sa répartition bilatérale entre la population médiévale de Wharram Percy (Steele & Mays 1995) et la population de la collection SIMON.

	asymétrie de la longueur de l'humérus + longueur du radius (h6 + r5)							
	n	moy	d >		d = g		g >	
			n	%	n	%	n	%
Wharram Percy	80	0.20	65	81.3	2	2.5	13	16.3
CS – pop tot	186	1.06	150	80.6	1	0.5	35	18.8
CS – « gauchers »	15	0.14	9	60.0	0	0	6	40.0
CS – pop tot sans "gauchers"	171	1.14	141	82.5	1	0.6	29	17.0

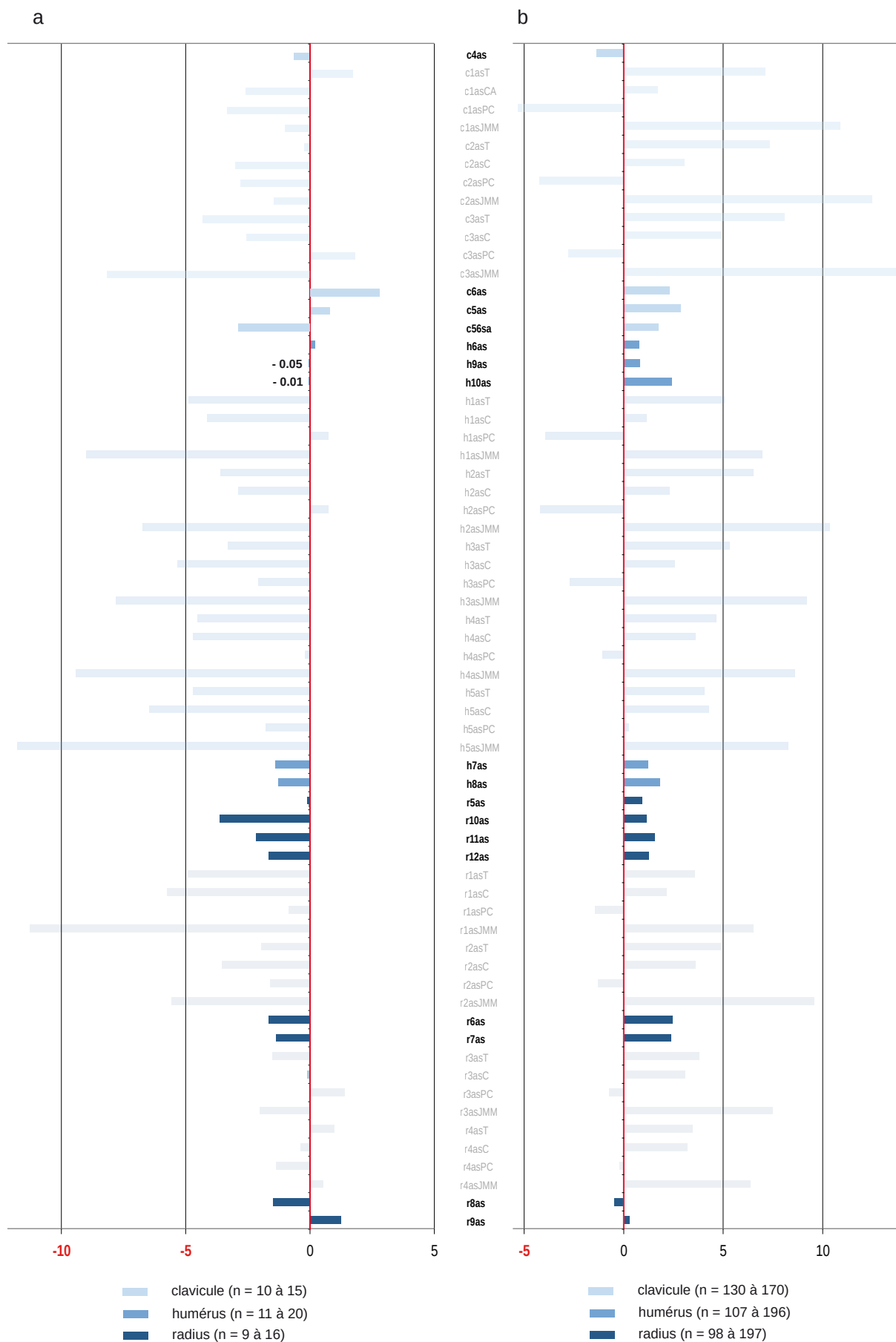


Figure 63. Profil des asymétries moyennes des « gauchers » (a) comparé à celui des « droitiers » (b), profils sur lesquels nous avons masqué les propriétés géométriques des sections transverses pour faire apparaître uniquement les mesures linéaires.

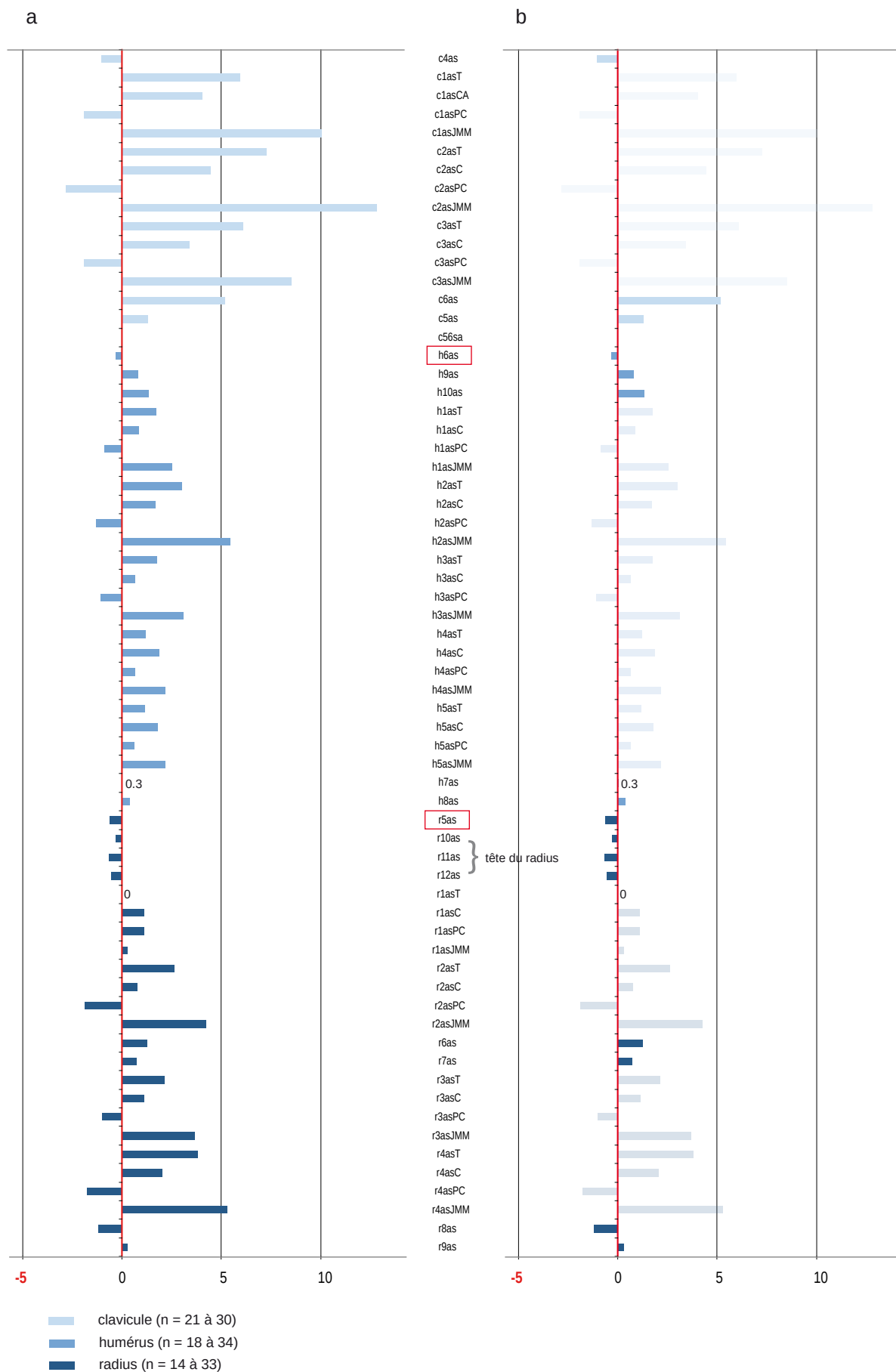


Figure 64. Un profil des asymétries moyennes a été élaboré avec toutes les variables pour le sous-groupe des individus qui ont un bras gauche plus long que le droit et en regard, ce même profil ne met en évidence que les mesures linéaires. L'examen de ces données indique que seules les dimensions de la tête du radius ont une direction de l'asymétrie qui va dans le même sens que les valeurs moyennes négatives des longueurs de l'humérus (h6as) et du radius (r5as).

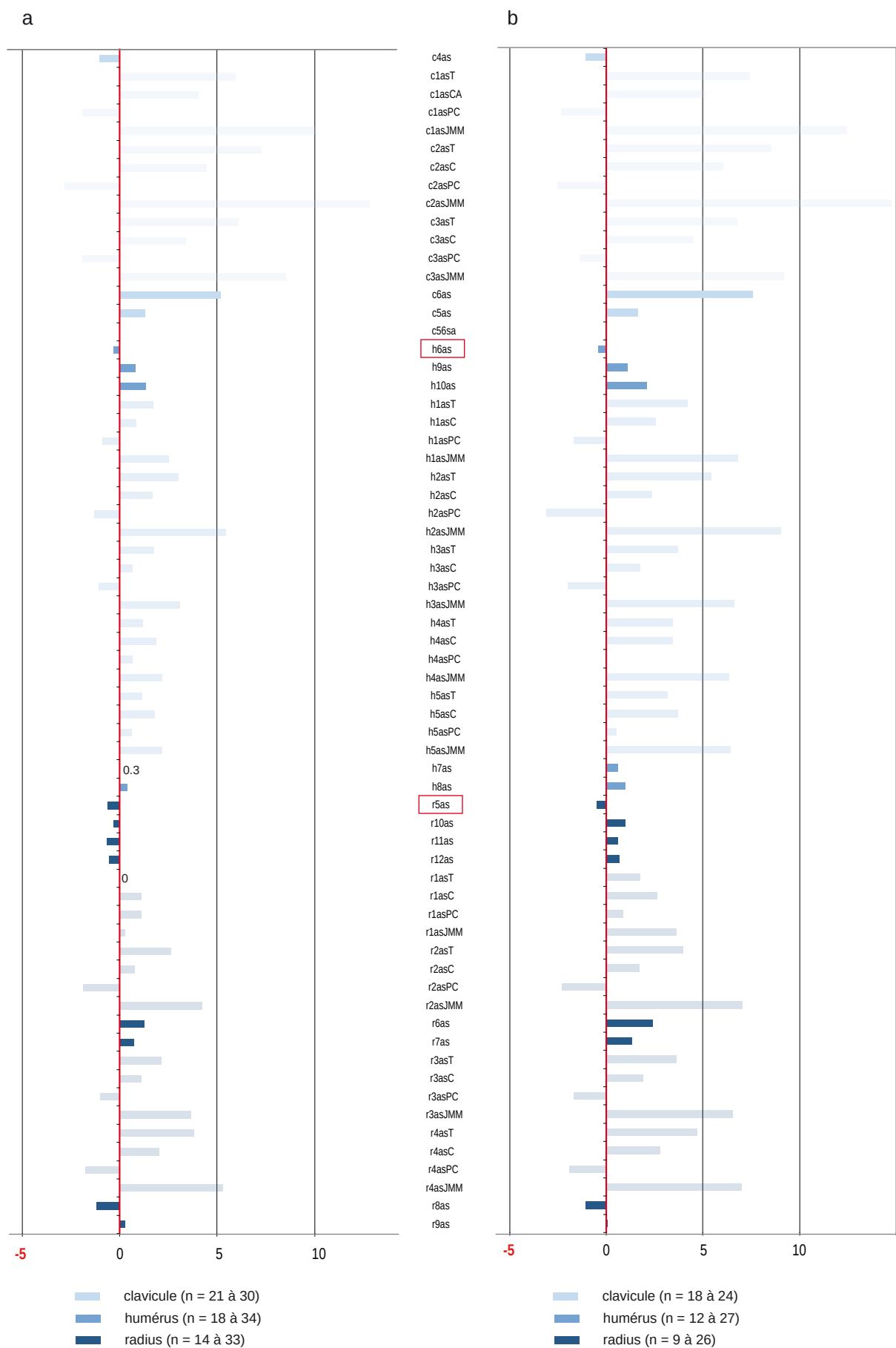


Figure 65. Le sous-groupe « bras gauche plus long » (a) duquel les « gauchers », ont été retranchés (b), n = 28. Il ne reste alors plus aucune variable avec une asymétrie négative pour accompagner h6as et r5as.

Figure 66. Asymétrie de la largeur bicondyalaire de l'humérus. Comparaison des données de Blackburn & Knüsel 2006 enregistrées sur le vivant (B & K - Ontario) et la population de la collection SIMON.

asymétrie de la largeur bicondyalaire (h7as)						
B & K - Ontario				collection Simon		
	N	moy	ds	N	moy	ds
a population totale (val absolue)	50	2.104	1.704	172	1.99	1.60
population totale (asym. directionnelle)					1.03	2.34
droitiers ou pop sans "gauchers"	42	1.317	2.717	159	1.22	2.27
gauchers ou "gauchers"	8	-1.779	2.224	13	-1.38	1.94
« gauchers » + cas limites				22	0.60	1.46
b Asymétrie par groupe d'âge (val abs)						
18-39	22	2.28	2.087	36	1.43	1.10
40-59	18	1.793	1.401	61	1.63	1.25
60-79	10	2.274	1.278	61	2.46	1.75
c Asymétrie par groupe d'activités (val abs)						
actifs	18	2.44	1.679			
actifs - agriculteurs (A)				56	1.88	1.50
actifs - spécialistes (SL)				38	2.20	1.97
non-actifs (NA)	30	1.58	1.189	33	1.86	1.34
modérément actifs (MA)				54	1.50	1.56
Asymétrie directionnelle par groupe d'activités						
actifs généralistes (A)				56	0.32	2.40
actifs spécialistes (SL)				38	1.47	2.58
actifs modérés spécialisés (SI)				22	1.93	2.25
non-actifs (NA)				33	1.05	2.09

Figure 67. Mesures externes qui pourraient être corrélées avec la latéralisation du membre supérieur.

asymétrie	"gauchers"						"droitiers"					
	n	moy	ds	as > 1	d ≈ g	as > -1	n	moy	ds	as > 1	d ≈ g	as > -1
c56as	9	-2.87	8.2	33.3	11.1	55.6	143	1.41	9.6	50.3	7.7	42.0
h7as	13	-1.38	1.9	7.7	46.2	46.2	159	1.22	2.3	54.1	30.2	15.7
h8as	11	-1.28	2.3	18.2	18.2	63.6	139	1.81	3.0	62.6	24.5	12.9
r10as	18	-1.65	5.6	33.3	5.6	61.1	110	1.16	3.0	47.3	31.8	20.9
r6as	18	-1.37	5.6	33.3	5.6	61.1	178	0.94	1.1	79.2	5.1	15.7
r7as	9	-3.62	2.3	0.0	22.2	77.8	194	2.36	5.4	61.3	12.9	25.8

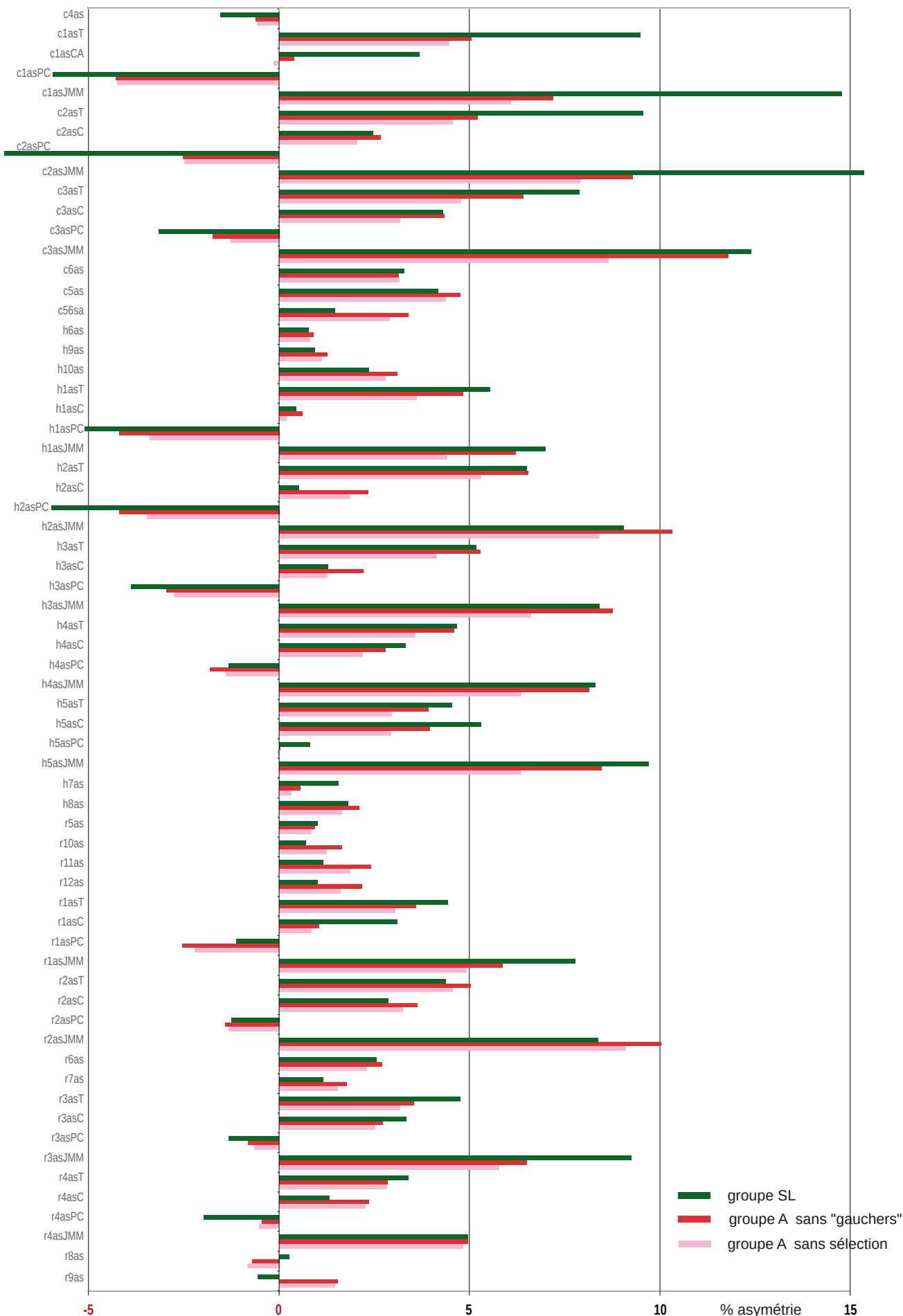


Figure 68. Les variables mesurées dans le groupe des agriculteurs (A) non sélectionnés (sans retirer les "gauchers" potentiels), amplifient les différences avec les spécialistes (SL) (les traits roses sont très souvent plus éloignés des traits verts que les traits rouges).

Figure 69. Moyenne et répartition bilatérale de l'asymétrie des mesures linéaires de la clavicule. Population sans "gauchers".

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
aire totale à 40% de la diaphyse (c1asT)							longueur max (c4as)						
ens pop	163	7.10	8.7	77.3	8.0	14.7	ens pop	172	-1.36	2.6	25.6	5.2	69.2
gr A	57	5.35	9.4	66.7	12.3	21.1	gr A	55	-0.76	3.0	40.0	1.8	58.2
gr SL	33	9.49	8.7	84.8	6.1	9.1	gr SL	37	-1.53	2.7	27.0	0	73.0
gr SI	21	5.19	7.8	85.7	4.8	9.5	gr SI	24	-2.17	2.0	4.2	12.5	83.3
gr NA	30	7.84	8.3	76.7	6.7	16.7	gr NA	29	-2.54	2.1	10.3	3.4	86.2
gr G	66	6.04	9.2	71.2	10.6	18.2	gr G	64	-0.69	2.9	39.1	4.7	56.3
gr S	54	7.82	8.5	85.2	5.6	9.3	gr S	61	-1.78	2.4	18.0	4.9	77.0
gr MA	51	6.75	8.1	80.4	5.9	13.7	gr MA	53	-2.37	2.1	7.5	7.5	84.9
aire totale au milieu de la diaphyse (c2asT)							prof courb latérale (c5as)						
ens pop	166	7.31	8.5	77.1	7.8	15.1	ens pop	141	2.85	15.1	53.2	11.3	35.5
gr A	55	5.34	9.6	76.4	3.6	20.0	gr A	49	5.09	17.6	57.1	8.2	34.7
gr SL	33	9.57	8.7	75.8	12.1	12.1	gr SL	30	4.18	15.0	53.3	6.7	40.0
gr SI	23	8.20	6.8	87.0	0.0	13.0	gr SI	19	-0.83	10.8	42.1	15.8	42.1
gr NA	31	8.04	7.0	77.4	9.7	12.9	gr NA	24	1.32	8.5	54.2	16.7	29.2
gr G	64	5.90	9.6	76.6	6.3	17.2	gr G	57	5.18	16.9	57.9	3.5	38.6
gr S	56	9.00	7.9	80.4	7.1	12.5	gr S	49	2.24	13.6	57.9	8.8	33.3
gr MA	54	8.10	6.9	81.5	5.6	13.0	gr MA	43	0.37	9.5	48.8	16.3	34.9
aire totale à 60% de la diaphyse (c3asT)							prof courb médiale (c6as)						
ens pop	163	8.09	9.3	77.9	4.3	17.8	ens pop	168	2.28	12.4	57.1	8.6	34.3
gr A	53	6.44	10.2	66.0	5.7	28.3	gr A	55	2.84	13.2	58.2	5.5	36.4
gr SL	35	7.89	11.1	77.1	2.9	20.0	gr SL	35	3.28	12.2	60.0	0.0	40.0
gr SI	22	9.24	7.1	86.4	9.1	4.5	gr SI	23	1.41	8.7	56.5	4.3	39.1
gr NA	28	10.71	7.2	92.9	3.6	3.6	gr NA	28	1.27	11.0	53.6	14.3	32.1
gr G	62	6.88	10.1	67.7	4.8	27.4	gr G	64	2.53	12.7	56.3	7.8	35.9
gr S	57	8.41	9.7	80.7	5.3	14.0	gr S	58	2.54	10.9	56.9	6.9	36.2
gr MA	50	10.06	7.1	90.0	6.0	4.0	gr MA	51	1.33	9.9	54.9	9.8	35.3
somme des courbures (asym de c6 + c5)							ens pop	134	1.70	9.6	51.5	7.5	41.0
							gr A	46	3.40	11.9	54.3	10.9	34.8
							gr SL	27	1.47	8.4	55.6	3.7	40.7
							gr SI	18	-0.90	6.1	44.4	0.0	55.6
							gr NA	24	0.92	6.5	50.0	12.5	37.5
							gr G	54	3.11	11.4	53.7	11.1	35.2
							gr S	45	0.52	7.6	51.1	2.2	46.7
							gr MA	42	0.14	6.4	47.6	7.1	45.2

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes "lourds" ; SI = spécialistes "légers" ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs.

d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1;+1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Figure 70. Evolution de l'asymétrie des mesures linéaires de la clavicule avec l'âge (classes d'âge de 25 ans). Population sans "gauchers".

	classes d'âge	n	moy	ds	min	max
AGE	20-45	49	34.84	7.77	20	45
	46-70	86	57.44	6.47	46	69
	71-93	51	77.41	5.89	70	93
	Total	186	56.96	17.01	20	93
c1asT	20-45	48	6.26	9.25	-26.56	24.98
	46-70	78	7.93	8.95	-14.70	26.86
	71-93	37	6.42	7.64	-9.23	26.18
	Total	163	7.10	8.75	-26.56	26.86
c2asT	20-45	48	5.87	8.55	-27.58	21.61
	46-70	79	7.89	8.95	-11.44	34.24
	71-93	39	7.91	7.41	-8.94	25.12
	Total	166	7.31	8.49	-27.58	34.24
c3asT	20-45	48	6.67	9.46	-19.71	30.00
	46-70	75	7.87	9.40	-11.30	31.04
	71-93	40	10.21	8.69	-9.67	34.39
	Total	163	8.09	9.29	-19.71	34.39
c4as	20-45	52	-2.05	2.68	-7.54	4.67
	46-70	78	-1.36	2.43	-6.01	5.68
	71-93	42	-0.50	2.82	-6.75	5.83
	Total	172	-1.36	2.65	-7.54	5.83
c5as	20-45	44	4.82	13.53	-29.74	30.59
	46-70	65	3.66	12.85	-20.00	32.84
	71-93	32	-1.49	20.07	-46.31	72.80
	Total	141	2.85	15.06	-46.31	72.80
c6as	20-45	52	-1.19	11.79	-35.44	30.03
	46-70	77	3.01	11.78	-30.41	39.77
	71-93	39	5.50	13.41	-28.57	46.51
	Total	168	2.28	12.36	-35.44	46.51

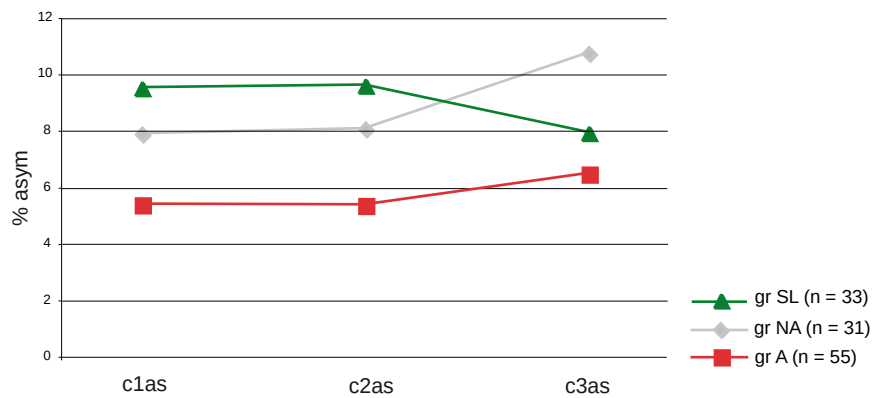


Figure 71. Asymétrie moyenne des aires des sections à 40% (c1asT), 50% (c2asT) et 60% (c3asT) de la hauteur de la diaphyse de la clavicle. SL : groupe des spécialistes lourds, NA : groupe des non-actifs, A : groupe des agriculteurs.



Figure 72. Moyenne de l'asymétrie de la longueur de la clavicle (c4as) et dénombrement (%) des clavicles plus longues à gauche (g >) ou plus longues à droite (d >).

Figure 73. Mesures linéaires de l'humérus sans gauchers. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupes d'activités (%).

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
aire totale de la section 1 (h1asT)							longueur (h6as)						
ens pop	196	5.07	4.6	80.1	10.2	9.7	ens pop	194	0.76	1.1	76.3	5.2	18.6
gr a	60	5.03	5.2	78.3	10.0	11.7	gr A	60	0.90	1.0	83.3	3.3	13.3
gr SL	43	5.54	4.1	83.7	11.6	4.7	gr SL	43	0.78	1.2	67.4	7.0	25.6
gr SI	26	4.92	4.2	84.6	7.7	7.7	gr SI	26	0.82	1.0	80.8	3.8	15.4
gr Na	35	4.06	5.1	65.7	14.3	20.0	gr NA	34	0.47	1.0	70.6	8.8	20.6
gr G	70	5.09	4.9	80.0	8.6	11.4	gr G	70	0.85	1.0	80.0	2.9	17.1
gr S	69	5.31	4.2	84.1	10.1	5.8	gr S	69	0.79	1.2	72.5	5.8	21.7
gr Ma	61	4.43	4.7	73.8	11.5	14.8	gr MA	60	0.62	1.0	33.3	60.0	6.7
aire totale de la section 2 (h2asT)							largeur bicondyalaire (h7as)						
ens pop	194	6.49	4.2	90.7	5.2	4.1	ens pop	159	1.22	2.3	54.1	30.2	15.7
gr a	61	6.56	4.7	90.2	4.9	4.9	gr A	47	0.42	2.2	40.4	34.0	25.5
gr SL	42	6.51	4.3	90.5	7.1	2.4	gr SL	36	1.56	2.6	58.3	27.8	13.9
gr SI	26	6.98	3.7	96.2	3.8	0.0	gr SI	22	1.93	2.3	59.1	31.8	9.1
gr Na	34	5.62	4.4	82.4	8.8	8.8	gr NA	30	1.29	1.9	66.7	23.2	10.0
gr G	71	6.40	4.4	91.5	4.2	4.2	gr G	56	0.36	2.1	37.5	35.7	26.8
gr S	68	6.69	4.0	92.6	5.9	1.5	gr S	58	1.70	2.5	58.6	29.3	12.1
gr Ma	60	6.21	4.1	88.3	6.7	5.0	gr MA	52	1.56	2.0	63.5	26.9	9.6
aire totale de la section 3 (h3asT)							largeur articulaire (h8as)						
ens pop	194	5.31	3.5	91.2	6.2	2.6	ens pop	139	1.81	3.0	62.6	24.5	12.9
gr a	60	5.44	3.6	90.0	6.7	3.3	gr A	41	2.07	3.5	73.2	0.0	26.8
gr SL	41	5.18	4.0	92.7	2.4	4.9	gr SL	33	1.82	2.9	60.6	24.2	15.2
gr SI	26	5.99	3.3	96.2	3.8	0.0	gr SI	19	1.75	2.4	73.7	10.5	15.8
gr Na	35	4.93	3.0	88.6	11.4	0.0	gr NA	27	1.08	2.2	65.9	22.0	12.2
gr G	70	5.27	3.5	90.0	7.1	2.9	gr G	47	1.86	3.4	66.0	21.3	12.8
gr S	67	5.49	3.8	94.0	3.0	3.0	gr S	52	1.79	2.7	65.4	19.2	15.4
gr Ma	61	5.38	3.2	91.8	8.2	0.0	gr MA	46	1.35	2.3	63.0	23.9	13.0
aire totale de la section 4 (h4asT)							diamètre vert de la tête (h9as)						
ens pop	195	4.65	3.5	86.7	10.3	3.1	ens pop	132	0.83	2.2	46.2	34.8	18.9
gr a	59	4.62	3.6	83.1	15.3	1.7	gr A	36	1.39	2.0	63.9	22.2	13.9
gr SL	42	4.66	3.9	85.7	11.9	2.4	gr SL	32	0.95	2.6	37.5	43.8	18.8
gr SI	26	4.92	3.0	92.3	3.8	3.8	gr SI	20	-0.05	2.3	30.0	40.0	30.0
gr Na	35	3.95	2.9	85.7	11.4	2.9	gr NA	26	0.60	1.7	42.3	38.5	19.2
gr G	70	4.53	3.5	84.3	12.9	2.9	gr G	47	1.34	1.9	63.8	23.4	12.8
gr S	68	4.76	3.6	88.2	8.8	2.9	gr S	52	0.57	2.5	34.6	42.3	23.1
gr Ma	61	4.36	3.0	88.5	8.2	3.3	gr MA	46	0.32	2.0	37.0	39.1	23.9
aire totale de la section 5 (h5asT)							largeur du tubercule majeur (h10as)						
ens pop	192	4.06	4.0	76.6	15.6	7.8	ens pop	107	2.40	3.6	64.5	19.6	15.9
gr a	57	4.02	4.0	71.9	17.5	10.5	gr A	32	3.47	3.6	71.9	25.0	3.1
gr SL	42	4.55	4.5	83.3	11.9	4.8	gr SL	22	2.35	3.7	59.1	22.7	18.2
gr SI	26	4.08	3.8	80.8	11.5	7.7	gr SI	17	2.71	4.3	70.6	11.8	17.6
gr NA	35	3.24	3.5	68.6	22.9	8.6	gr NA	21	1.97	2.7	66.7	14.3	19.0
gr G	68	3.93	3.9	73.5	16.2	10.3	gr G	40	3.00	3.5	67.5	25.0	7.5
gr S	68	4.37	4.2	82.4	11.8	5.9	gr S	39	2.51	3.9	64.1	17.9	17.9
gr MA	61	3.60	3.6	73.8	18.0	8.2	gr MA	38	2.30	3.5	68.4	13.2	18.4

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes "lourds" ; SI = spécialistes "légers" ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs.

d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1;+1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Figure 74. Évolution de l'asymétrie des mesures linéaires de l'humérus avec l'âge (classes d'âge de 25 ans). Population sans "gauchers".

	classes d'âge	n	moy	ds	min	max
âge	20-45	49	34.84	7.77	20	45
	46-70	86	57.44	6.47	46	69
	71-95	51	77.41	5.89	70	93
	Total	186	56.96	17.01	20	93
h1asT	20-45	56	4.43	4.70	-4.73	18.09
	46-70	87	4.62	4.59	-8.11	18.47
	71-95	53	6.46	4.36	-5.38	17.04
	Total	196	5.07	4.62	-8.11	18.47
h2asT	20-45	57	6.04	3.71	-2.29	15.98
	46-70	86	5.88	4.22	-5.33	19.07
	71-95	51	8.03	4.55	-2.97	16.67
	Total	194	6.49	4.25	-5.33	19.07
h3asT	20-45	56	4.62	2.99	-0.69	11.34
	46-70	86	5.28	3.06	-5.15	11.89
	71-95	52	6.09	4.52	-7.14	15.55
	Total	194	5.31	3.52	-7.14	15.55
h4asT	20-45	58	3.83	4.85	-25.22	10.81
	46-70	87	4.20	3.19	-3.67	13.40
	71-95	50	5.85	4.26	-3.45	16.02
	Total	195	4.52	4.08	-25.22	16.02
h5asT	20-45	58	3.52	3.58	-3.92	11.39
	46-70	86	3.60	3.67	-3.19	13.39
	71-95	48	5.52	4.56	-2.79	21.90
	Total	192	4.06	3.96	-3.92	21.90
h6as	20-45	55	0.47	0.99	-2.20	2.57
	46-70	87	0.84	1.12	-2.72	3.52
	71-95	52	0.93	0.95	-1.34	3.48
	Total	194	0.76	1.05	-2.72	3.52
h7as	20-45	46	0.91	1.57	-2.15	4.30
	46-70	70	0.96	2.18	-5.29	5.64
	71-95	43	1.99	2.83	-4.22	7.99
	Total	159	1.22	2.27	-5.29	7.99
h8as	20-45	38	0.90	2.80	-5.86	10.40
	46-70	65	1.88	2.96	-4.69	13.66
	71-95	36	2.64	3.22	-3.15	11.18
	Total	139	1.81	3.03	-5.86	13.66
h9as	20-45	45	0.40	2.36	-6.16	10.33
	46-70	66	0.93	2.02	-3.94	5.27
	71-95	21	1.41	1.99	-3.71	4.99
	Total	132	0.83	2.15	-6.16	10.33
h10as	20-45	34	1.85	2.94	-3.91	7.81
	46-70	52	2.99	4.03	-3.99	16.10
	71-95	21	1.84	3.24	-5.36	6.95
	Total	107	2.40	3.58	-5.36	16.10

Figure 75. Asymétrie (%) et répartition bilatérale (%) des mesures linéaires. Sélections de valeurs donnant quelques indices de l'effet de l'activité sur l'humérus. La distribution des âges n'a pas d'influence significative sur les résultats.

var	éch comparés	asym moy (%)			diff	test de t	éch comparés	d > (%)		test de t	effet de l'activité		
h1asT	NA vs SL	sg	4.06	vs	5.54	1.48	n.s.	NA vs SL	65.7	vs	83.7	n.s.	
h2asT	NA vs S	sg	5.62	vs	6.69	1.07	n.s.	NA vs S	82.4	vs	92.6		
h3asT	NA vs S	sg	4.93	vs	5.49	0.56	n.s.	NA vs S	88.6	vs	94.0		
h4asT	NA vs S	sg	3.95	vs	4.76	0.81	n.s.	NA vs S	85.7	vs	91.2		
h5asT	NA vs S	sg	3.24	vs	4.37	1.13	n.s.	NA vs S	68.6	vs	82.4		
h6as	NA vs G	sg	0.47	vs	0.85	0.38	n.s.	NA vs G	70.6	vs	80.0		
h7as	G vs S	sq	0.36	vs	1.70	1.35	0.002**	G vs S	53.6	vs	74.1	0.018*	
h8as	NA vs G	sg	1.08	vs	1.86	0.78	n.s.	NA vs G	74.1	vs	72.3		
h9as	NA+SI vs G	sg	0.32	vs	1.34	1.02	0.014*	NA+SI vs G	58.7	vs	74.5		
h10as	NA vs G	sg	1.97	vs	3.00	1.03	n.s.	S vs G	69.2	vs	85.0		

NA = non-actifs ; G = généralistes ; S = spécialistes ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers.
cpg : charge physique globale ; as : asymétrie ; sp : activité spécialisée.

Figure 76. Statistiques descriptives de l'asymétrie de la largeur bicondyalaire de l'humérus par classes d'âge. Groupes des généralistes (G) et des spécialistes (S).

	classes d'âge	n	h7as			
			moy	ds	min	max
groupe G	20-45	15	0.24	1.36	-2.03	2.70
	46-70	27	0.42	2.29	-5.29	4.67
	71-93	17	0.79	2.62	-4.22	6.39
	Total	59	0.48	2.18	-5.29	6.39
groupe S	20-45	15	1.08	1.82	-2.15	3.90
	46-70	25	1.37	2.28	-3.01	5.64
	71-93	18	2.68	2.98	-2.35	7.99
	Total	58	1.70	2.47	-3.01	7.99

Figure 77. Statistiques descriptives de l'asymétrie de la hauteur de la tête de l'humérus (h9as) par classes d'âge. Groupes des généralistes (G) et des modérément actifs (MA).

	classes d'âge	N	h9as			
			moy	ds	min	max
groupe G	20-45	13	0.99	1.72	-2.18	2.74
	46-70	29	1.32	2.10	-3.34	5.27
	71-93	7	1.56	1.77	-1.03	3.77
	Total	47	1.34	1.93	-3.34	5.27
groupe MA	20-45	13	-0.34	2.36	-6.16	2.56
	46-70	27	0.42	1.91	-3.94	3.76
	71-93	6	1.27	1.47	-0.42	3.74
	Total	46	0.32	2.03	-6.16	3.76

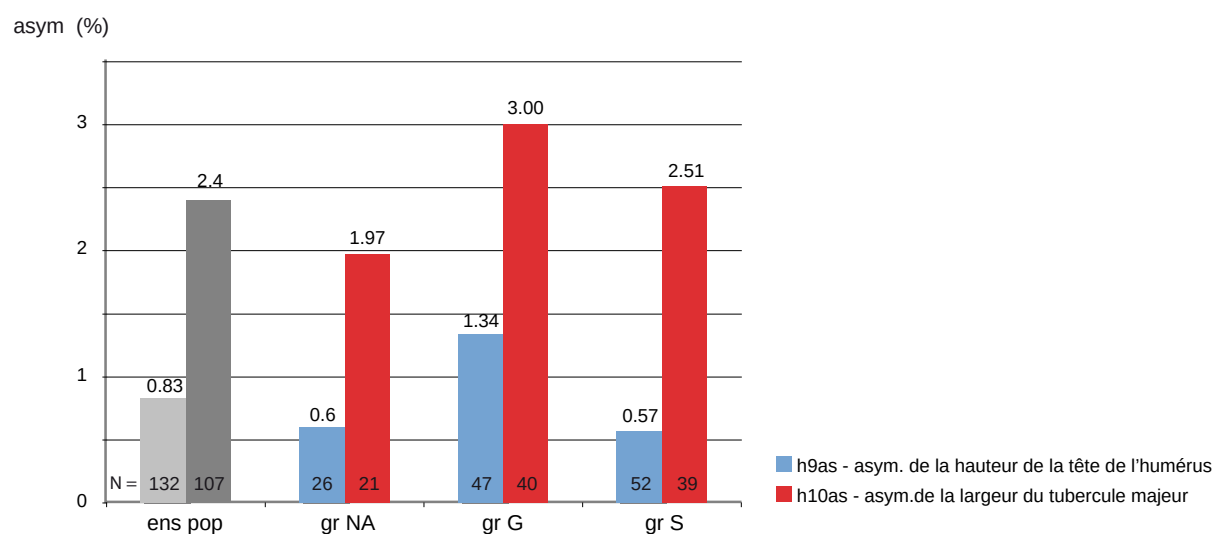


Figure 78. Mise en parallèle des résultats obtenus pour les deux mesures effectuées sur la région proximale de l'humérus : diamètre vertical de la tête (h9) et largeur du tubercule majeur (h10). ens pop : ensemble de la population ; NA : groupe des non-actifs ; G : groupe des généralistes ; S : groupe des spécialistes.

Figure 79. Mesures linéaires du radius. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupes d'activités. Population sans "gauchers".

	n	moy	ds	d >	d ≅ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≅ g	g >
aire totale de la section 1 (r1asT)							diamètre max antéro-postérieur (r7as)						
ens pop	185	3.57	7.2	66.5	10.8	22.7	ens pop	194	2.36	5.4	61.3	12.9	25.8
gr a	67	3.60	7.51	67.2	9.0	23.9	gr a	63	1.70	5.1	57.1	19.0	23.8
gr SL	39	4.45	6.73	69.2	10.3	20.5	gr SL	42	1.16	4.8	59.5	11.9	28.6
gr SI	25	3.01	8.1	60.0	12.0	28.0	gr SI	26	3.22	7.0	61.5	3.8	34.6
gr Na	30	4.41	5.2	70.0	20.0	10.0	gr Na	31	2.89	5.0	64.5	16.1	19.4
gr G	71	3.05	7.6	66.2	8.5	25.4	gr G	73	2.12	5.4	58.9	16.4	24.7
gr S	64	3.88	7.3	65.6	10.9	23.4	gr S	68	1.95	5.8	60.3	8.8	30.9
gr Ma	55	3.77	6.7	65.5	16.4	18.2	gr Ma	57	3.04	6.0	63.2	10.5	26.3
aire totale de la section 2 (r2asT)							diamètre médio-lat de l'ép. dist. (r8as)						
ens pop	187	4.88	5.4	77.5	8.6	13.9	ens pop	137	-0.47	3.0	32.8	22.6	44.5
gr a	69	5.04	5.35	78.3	5.8	15.9	gr a	52	-1.06	3.5	23.1	26.9	50.0
gr SL	40	4.37	6.10	77.5	5.0	17.5	gr SL	27	0.27	2.9	48.1	18.5	33.3
gr SI	25	5.02	5.7	68.0	20.0	12.0	gr SI	16	-0.94	3.1	31.3	25.0	43.8
gr Na	30	5.19	3.7	83.3	16.7	0.0	gr Na	24	-0.79	2.0	20.8	16.7	62.5
gr G	72	4.80	5.3	77.8	4.2	18.1	gr G	59	-0.94	3.3	23.7	28.8	47.5
gr S	65	4.62	5.9	73.8	10.8	15.4	gr S	43	-0.18	3.0	41.9	20.9	37.2
gr Ma	55	5.11	4.7	76.4	18.2	5.5	gr Ma	40	-0.85	2.5	25.0	20.0	55.0
aire totale de la section 3 (r3asT)							diamètre antéro-post de l'ép. dist. (r9as)						
ens pop	186	3.81	5.3	69.4	14.5	16.1	ens pop	93	0.29	4.1	45.2	22.6	32.3
gr a	68	3.55	5.08	66.2	19.1	14.7	gr a	33	1.85	4.5	60.6	21.2	18.2
gr SL	40	4.76	5.14	72.5	15.0	12.5	gr SL	21	-0.56	3.6	38.1	28.6	33.3
gr SI	24	2.32	7.0	58.3	16.7	25.0	gr SI	10	-0.21	3.7	40.0	20.0	40.0
gr Na	30	3.66	4.3	80.0	3.3	16.7	gr Na	18	-0.10	4.3	38.9	16.7	44.4
gr G	72	3.43	5.1	65.3	19.4	15.3	gr G	39	1.37	4.4	59.0	17.9	23.1
gr S	64	3.85	6.0	67.2	15.6	17.2	gr S	31	-0.45	3.6	38.7	25.8	35.5
gr Ma	54	3.06	5.6	70.4	9.3	20.4	gr Ma	28	-0.14	4.0	39.3	17.9	42.9
aire totale de la section 4 (r4asT)							diamètre max de la tête (r10as)						
ens pop	182	3.44	5.7	67.6	12.6	19.8	ens pop	110	1.16	3.0	47.3	31.8	20.9
gr a	67	2.86	5.51	65.7	16.4	17.9	gr a	38	1.64	3.6	44.7	42.1	13.2
gr SL	40	3.40	6.01	65.0	12.5	22.5	gr SL	25	0.70	3.2	48.0	41.2	32.0
gr SI	23	4.45	5.8	69.6	8.7	21.7	gr SI	14	0.67	2.9	50.0	14.3	35.7
gr Na	30	3.23	5.7	70.0	10.0	20.0	gr Na	20	1.43	2.5	50.0	35.0	15.0
gr G	70	2.85	5.7	65.7	14.3	20.0	gr G	46	1.46	3.4	45.7	41.3	13.0
gr S	63	3.78	5.9	66.7	11.1	22.2	gr S	39	0.69	3.0	48.7	17.9	33.3
gr Ma	53	3.76	5.7	69.8	9.4	20.8	gr Ma	34	1.12	2.6	50.0	26.5	23.5
longueur (r5as)							diamètre min de la tête (r11as)						
ens pop	178	0.94	1.1	79.2	5.1	15.7	ens pop	86	1.54	3.6	52.3	32.6	15.1
gr a	59	0.90	1.08	78.0	5.1	16.9	gr a	29	2.20	3.2	55.2	41.4	3.4
gr SL	39	1.02	0.99	79.5	10.3	10.3	gr SL	18	1.16	4.5	44.4	27.8	27.8
gr SI	23	1.02	0.9	78.3	8.7	13.0	gr SI	12	1.03	3.8	50.0	25.0	25.0
gr Na	29	0.87	1.1	82.8	0.0	17.2	gr Na	16	0.39	3.1	50.0	31.3	18.8
gr G	68	0.86	1.1	76.5	4.4	19.1	gr G	37	2.09	3.1	54.1	40.5	5.4
gr S	62	1.02	0.9	79.0	9.7	11.3	gr S	30	1.11	4.2	46.7	26.7	26.7
gr Ma	52	0.94	1.0	48.1	50.0	1.9	gr Ma	28	0.66	3.4	50.0	28.6	21.4
diamètre max médio-latéral (r6as)							périmètre de la tête (r12as)						
ens pop	197	2.45	4.2	64.0	13.7	22.3	ens pop	100	1.25	2.9	49.0	31.0	20.0
gr A	63	2.42	4.51	63.5	14.3	22.2	gr A	33	2.19	3.0	54.5	33.3	12.1
gr SL	43	2.56	3.91	65.1	7.0	27.9	gr SL	21	1.01	2.9	47.6	19.0	33.3
gr SI	26	2.43	5.1	57.7	19.2	23.1	gr SI	12	0.15	3.6	33.3	33.3	33.3
gr NA	31	1.71	3.7	54.8	19.4	25.8	gr NA	20	0.98	2.5	55.0	30.0	15.0
gr G	75	2.33	4.4	64.0	16.0	20.0	gr G	41	1.79	3.0	51.2	34.1	14.6
gr S	69	2.51	4.3	62.3	11.6	26.1	gr S	33	0.70	3.2	42.4	24.2	33.3
gr MA	57	2.04	4.3	56.1	19.3	24.6	gr MA	32	0.67	2.9	46.9	31.3	21.9

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs

d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≅ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1;+1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Figure 80. Évolution de l'asymétrie des mesures linéaires du radius avec l'âge (en fonction des classes d'âge de 25 ans). Population sans "gauchers".

	classe d'âge	n	moy	ds	min	max
âge	20-45	49	34.84	7.77	20	45
	46-70	86	57.44	6.47	46	69
	71-93	51	77.41	5.89	70	93
	Total	186	56.96	17.01	20	93
r1asT	20-45	54	2.85	6.16	-12	21
	46-70	81	3.24	7.42	-13	22
	71-93	50	4.88	7.87	-12	28
	Total	185	3.57	7.22	-13	28
r2asT	20-45	54	5.14	5.16	-6	16
	46-70	82	4.14	4.87	-9	20
	71-93	51	5.80	6.17	-9	18
	Total	187	4.88	5.35	-9	20
r3asT	20-45	55	4.65	5.92	-11	17
	46-70	81	2.80	4.68	-14	15
	71-93	50	4.52	5.33	-8	21
	Total	186	3.81	5.29	-14	21
r4asT	20-45	54	4.04	6.55	-10	24
	46-70	80	2.40	5.43	-14	13
	71-93	48	4.50	4.93	-5	19
	Total	182	3.44	5.71	-14	24
r5as	20-45	54	0.56	1.18	-3	3
	46-70	80	1.20	0.91	-2	4
	71-93	44	0.93	1.12	-1	3
	Total	178	0.94	1.08	-3	4
r6as	20-45	57	2.30	3.88	-5	15
	46-70	87	1.98	3.92	-8	14
	71-93	53	3.40	4.90	-7	15
	Total	197	2.45	4.22	-8	15
r7as	20-45	56	2.13	5.91	-12	15
	46-70	86	2.17	5.43	-10	21
	71-93	52	2.93	4.99	-8	14
	Total	194	2.36	5.45	-12	21
r8as	20-45	39	-0.49	2.28	-6	5
	46-70	66	-0.64	3.35	-11	11
	71-93	32	-0.09	3.01	-7	7
	Total	137	-0.47	2.99	-11	11
r9as	20-45	27	0.07	4.44	-9	8
	46-70	47	0.31	4.55	-11	14
	71-93	19	0.56	2.17	-4	4
	Total	93	0.29	4.11	-11	14
r10as	20-45	34	1.15	2.52	-4	7
	46-70	47	0.45	3.32	-9	8
	71-93	29	2.34	2.85	-2	9
	Total	110	1.16	3.04	-9	9
r11as	20-45	25	1.67	3.42	-5	10
	46-70	35	0.92	3.59	-8	11
	71-93	26	2.24	3.76	-5	11
	Total	86	1.54	3.60	-8	11
r12as	20-45	29	0.92	2.49	-3	8
	46-70	41	0.81	3.13	-6	9
	71-93	30	2.16	2.86	-4	10
	Total	100	1.25	2.91	-6	10
r13as	20-45	27	0.62	4.03	-6	8
	46-70	47	0.30	4.56	-11	14
	71-93	19	0.07	2.02	-4	4
	Total	93	0.35	3.98	-11	14

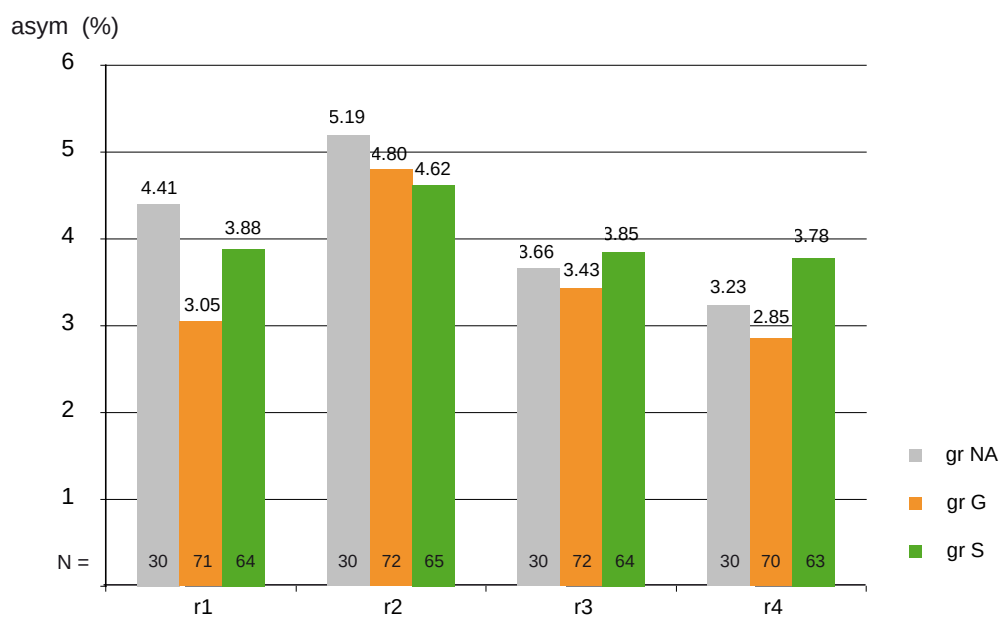


Figure 81. Comparaisons de l'asymétrie des aires totales du radius à la hauteur des sections r1 (75%), r2 (60%), r3 (40%), r4 (20%). NA : groupe des non-actifs ; G : groupe des généralistes ; S : groupe des spécialistes.

Figure 82. Comparaisons de l'asymétrie du diamètre médio-latéral de l'épiphyse distale du radius entre le groupe des non-actifs NA, celui des spécialiste SL et le groupe formé de tous les spécialistes S.

r8as	NA (n = 24)	SL (n = 27)	S (n = 43)	t test NA vs SL	t test NA vs S
âge moyen	51.5	52.5	53.7	0.827	0.783
asym moyenne (%)	-0.79	0.27	-0.18	0.144	0.236
d > (%)	20.8	48.1	41.9	0.025*	0.042*

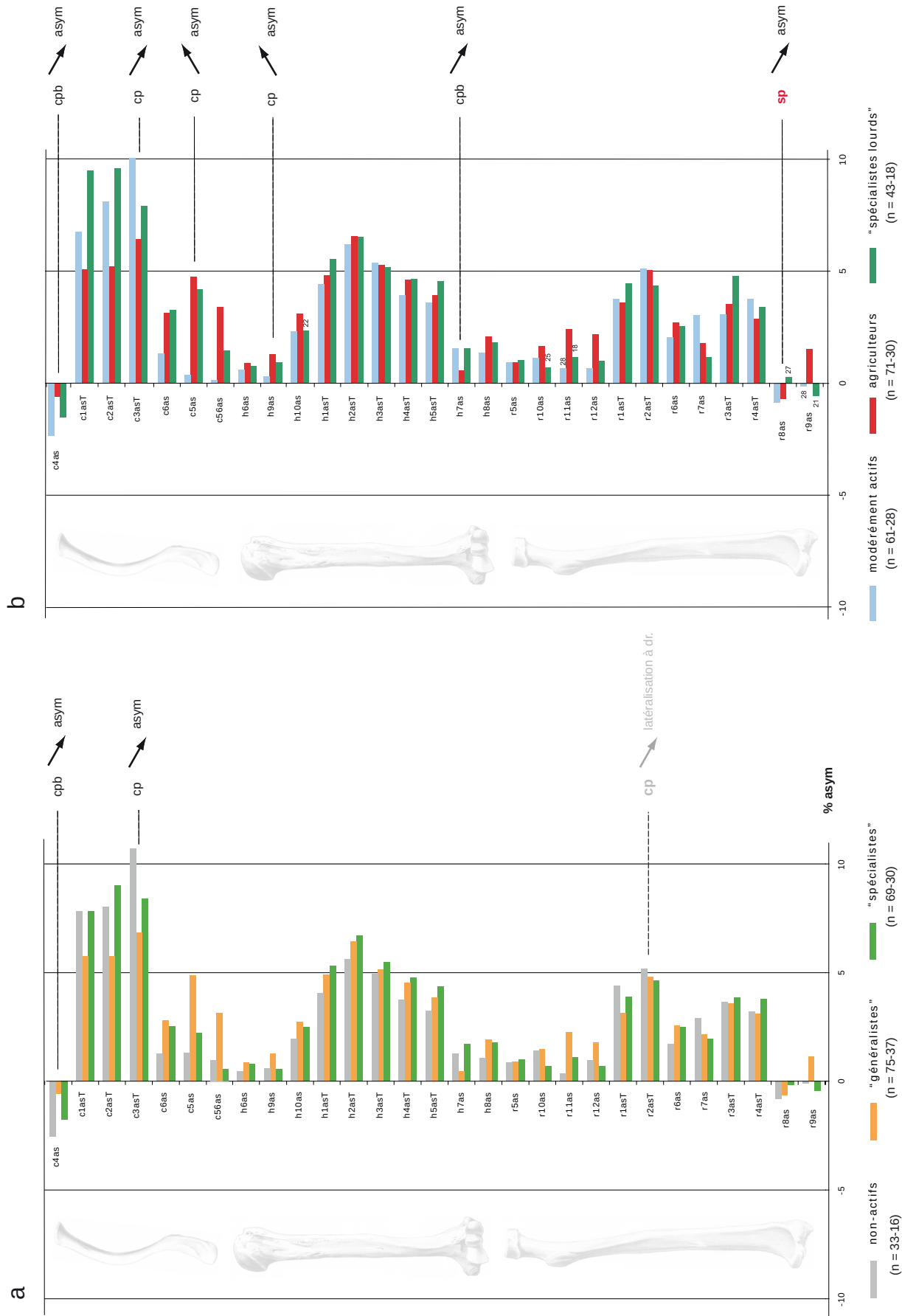
Figure 83. Comparaison de l'asymétrie du diamètre antéro-postérieur de l'épiphyse distale du radius entre le groupe des agriculteurs A et celui formé de tous les spécialistes S.

r9as	A (n = 33)	S (n = 31)	t test A vs S
âge moyen	58.6	51	0.065
asym moyenne (%)	1.85	-0.45	0.065
d > (%)	60.6	38.7	0.027*

Figure 84. Moyennes et répartitions bilatérales de l'asymétrie des mesures linéaires : sélections de valeurs donnant quelques indices de l'effet de l'activité sur le membre supérieur. La distribution des âges n'a pas d'influence significative sur les résultats.

var	éch comp	asym moy (%)	test de t	éch comp	d > (%)	test de t	effet de l'activité
c1asT	A vs SL	5.35 vs 9.49	0.042*	A vs SL	64.1 vs 85.3	0.052	
c2asT	A vs SL	5.34 vs 9.57	0.042*				
c3asT	A vs MA	6.44 vs 10.06	0.038*	A vs MA	66.0 vs 90.0	0.001**	
c4as	NA vs G	-2.54 vs -0.69	0.0003**	NA vs G	10.3 vs 39.1	0.001**	
	A vs S	-0.76 vs -1.78	0.044*	A vs S	40.0 vs 18.0	0.016*	
c5as	MA vs G+SL	0.37 vs 5.18	0.051				
c6as	MA vs SL	1.33 vs 3.28	n.s.				
c56as	MA vs A	0.14 vs 3.40	0.092				
h1asT	NA vs SL	4.06 vs 5.54	n.s.	NA vs SL	65.7 vs 83.7	0.061	
h2asT	NA vs S	5.62 vs 6.69		NA vs S	82.4 vs 92.6		
h3asT	NA vs S	4.93 vs 5.49		NA vs S	88.6 vs 94.0		
h4asT	NA vs S	3.95 vs 4.76		NA vs S	85.7 vs 91.2		
h5asT	NA vs SL	3.24 vs 4.55	0.170	NA vs SL	68.6 vs 83.3	0.177	
h6as	NA vs G	0.47 vs 0.85	n.s.	NA vs G	70.6 vs 80.0		
h7as	G vs S	0.36 vs 1.70	0.002**	G vs S	53.6 vs 74.1	0.018*	
	A vs MA	0.42 vs 1.56	0.009**	A vs MA	40.4 vs 63.5	0.010*	
h8as	NA vs G	1.08 vs 1.86	n.s.	NA vs G	74.1 vs 72.3		
h9as	MA vs G	0.32 vs 1.34	0.014*	MA vs G	37.0 vs 63.8	0.101	
h10as	S vs A	2.51 vs 3.47	n.s.	S vs A	64.1 vs 71.9	0.157	
r1asT	NA vs G	4.41 vs 3.05	n.s.				l'activité intense pourrait réduire l'asymétrie
r2asT				NA vs S	83.3 vs 73.8	0.034*	
r3asT				NA vs S	80.0 vs 67.2	n.s.	
r4asT	G vs S	2.85 vs 3.78	n.s.				
r5as							
r6as	NA vs SL	1.71 vs 2.56	n.s.				
r7as							
r8as	A vs SL	-1.1 vs 0.27	0.121	NA vs SL	20.8 vs 48.1	0.025*	
r9as	A vs S	1.85 vs -0.45	0.065	A vs S	60.6 vs 38.7	0.027*	
r10as							
r11as							
r12as							

abréviations : A = agriculteurs ; NA = non actifs ; SL = spécialistes lourds ; SL = spécialistes légers ; G = généralistes ; S = spécialistes (SL + SL) ; MA = modérément actifs (NA + SL). cpg = charge physique globale ; as = asymétrie ; sp = activité spécialisée.



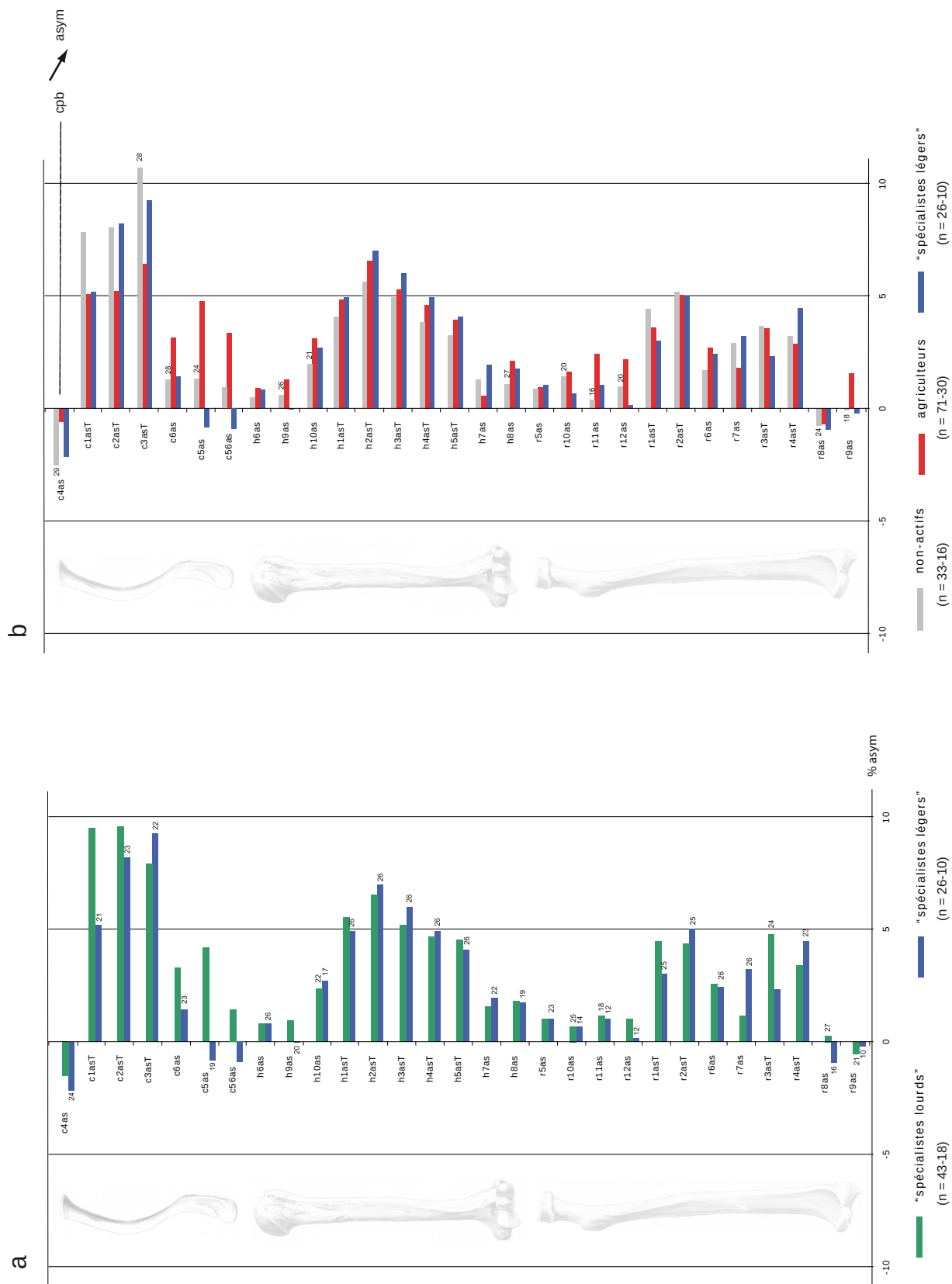


Figure 86. Évaluation de l'impact d'une activité physique spécialisée modérée sur l'asymétrie du développement de la morphologie externe. cpb : charge physique bilatérale ; cp : charge physique ; sp : spécialisation ; asym : asymétrie. Se reporter à la planche MEMO pour la signification des variables.

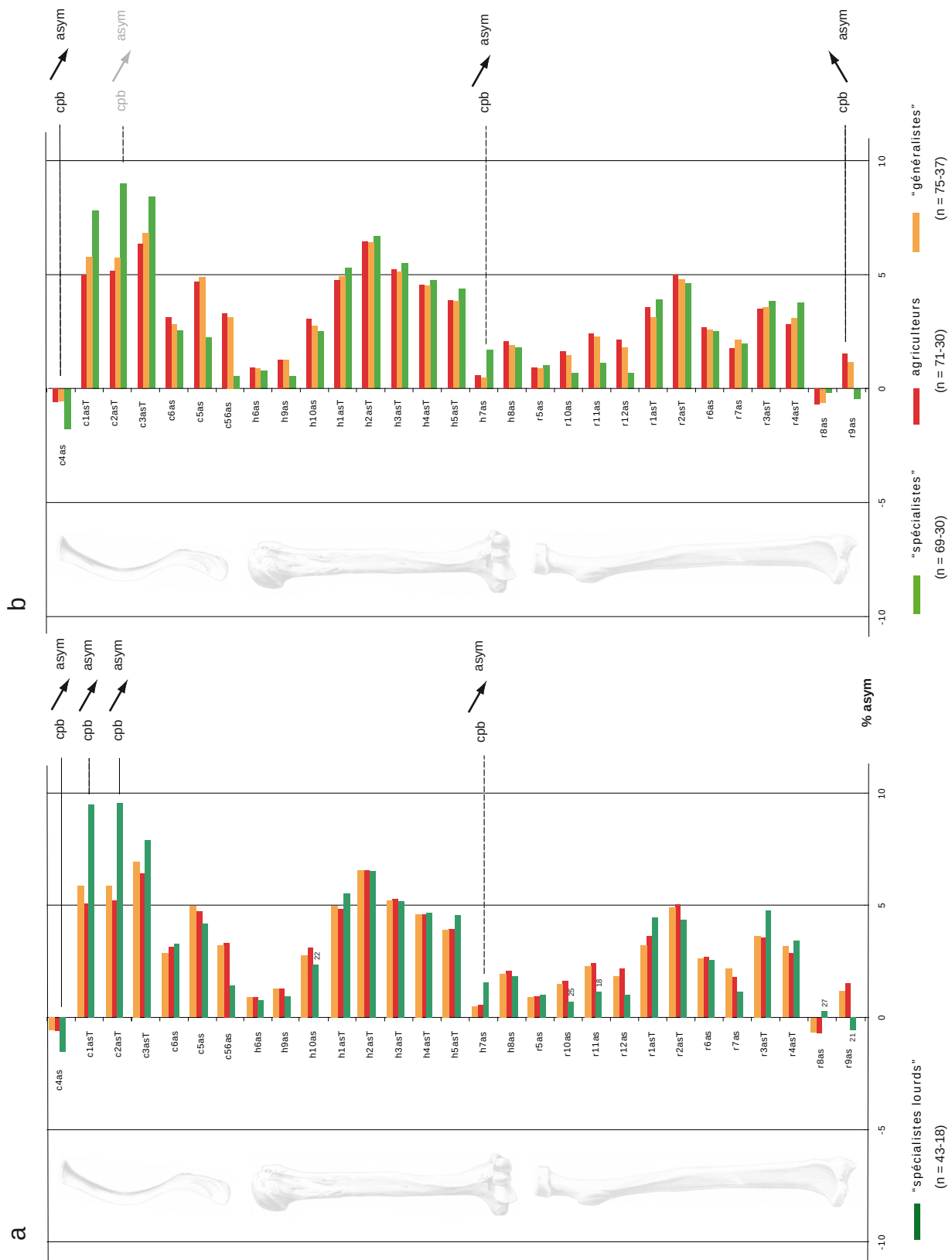


Figure 88. Évaluation de l'évolution des asymétries des propriétés géométriques des sections transverses avec l'âge (3 classes d'âges de 25 ans). Seules les relations statistiquement significatives sont indiquées ($p < 0.05$).

	cl âges	n	moy	sd	se	min	max	ANOVA
h1asT	20-45	56	4.431	4.699	0.628	-4.725	18.088	0.034
	46-70	87	4.625	4.586	0.492	-8.114	18.468	
	71-93	53	6.463	4.364	0.599	-5.384	17.045	
	Total	196	5.066	4.617	0.330	-8.114	18.468	
h1asPC	20-45	56	-2.558	6.259	0.836	-30.140	8.919	0.037
	46-70	86	-3.062	7.449	0.803	-40.949	17.742	
	71-93	51	-6.150	9.846	1.379	-34.757	34.140	
	Total	193	-3.732	7.949	0.572	-40.949	34.140	
h2asT	20-45	57	6.036	3.713	0.492	-2.291	15.982	0.01
	46-70	86	5.881	4.220	0.455	-5.327	19.068	
	71-93	51	8.033	4.550	0.637	-2.970	16.667	
	Total	194	6.492	4.250	0.305	-5.327	19.068	
h4asT	20-45	58	4.284	2.950	0.387	-3.766	10.811	0.017
	46-70	87	4.202	3.191	0.342	-3.670	13.399	
	71-93	50	5.855	4.261	0.603	-3.450	16.016	
	Total	195	4.650	3.487	0.250	-3.766	16.016	
h5asT	20-45	58	3.524	3.581	0.470	-3.924	11.388	0.012
	46-70	86	3.602	3.670	0.396	-3.185	13.393	
	71-93	48	5.519	4.559	0.658	-2.792	21.902	
	Total	192	4.058	3.956	0.286	-3.924	21.902	
h5asC	20-45	58	3.733	4.171	0.548	-4.758	16.817	0.007
	46-70	86	3.423	5.940	0.641	-15.917	18.377	
	71-93	48	7.872	13.549	1.956	-7.189	70.691	
	Total	192	4.629	8.343	0.602	-15.917	70.691	
h5aslx	20-45	58	4.188	9.440	1.240	-21.790	39.233	0.001
	46-70	86	4.659	6.843	0.738	-17.916	19.116	
	71-93	48	10.754	13.994	2.020	-12.224	64.902	
	Total	192	6.041	10.154	0.733	-21.790	64.902	
h5asly	20-45	58	9.007	11.210	1.472	-19.702	36.790	0.004
	46-70	86	7.883	12.845	1.385	-23.236	41.937	
	71-93	48	15.742	15.968	2.305	-9.675	70.807	
	Total	192	10.187	13.573	0.980	-23.236	70.807	
h5aslma	20-45	58	3.733	4.171	0.548	-4.758	16.817	0.001
	46-70	86	3.423	5.940	0.641	-15.917	18.377	
	71-93	48	7.872	13.549	1.956	-7.189	70.691	
	Total	192	4.629	8.343	0.602	-15.917	70.691	
h5aslmi	20-45	58	0.209	3.437	0.451	-8.906	11.335	0.002
	46-70	86	-0.178	3.962	0.427	-13.440	12.720	
	71-93	48	2.378	13.401	1.934	-11.358	65.104	
	Total	192	0.578	7.471	0.539	-13.440	65.104	
r4aslx	20-45	54	7.498	13.715	1.866	-32.074	36.251	0.022
	46-70	78	3.733	13.354	1.512	-42.663	29.985	
	71-93	46	10.770	14.644	2.159	-16.275	58.606	
	Total	178	6.694	14.028	1.051	-42.663	58.606	
r4aslmi	20-45	54	7.126	13.245	1.802	-29.510	36.090	0.018
	46-70	79	3.572	13.188	1.484	-41.947	31.811	
	71-93	46	10.765	14.927	2.201	-16.335	58.508	
	Total	179	6.493	13.907	1.039	-41.947	58.508	

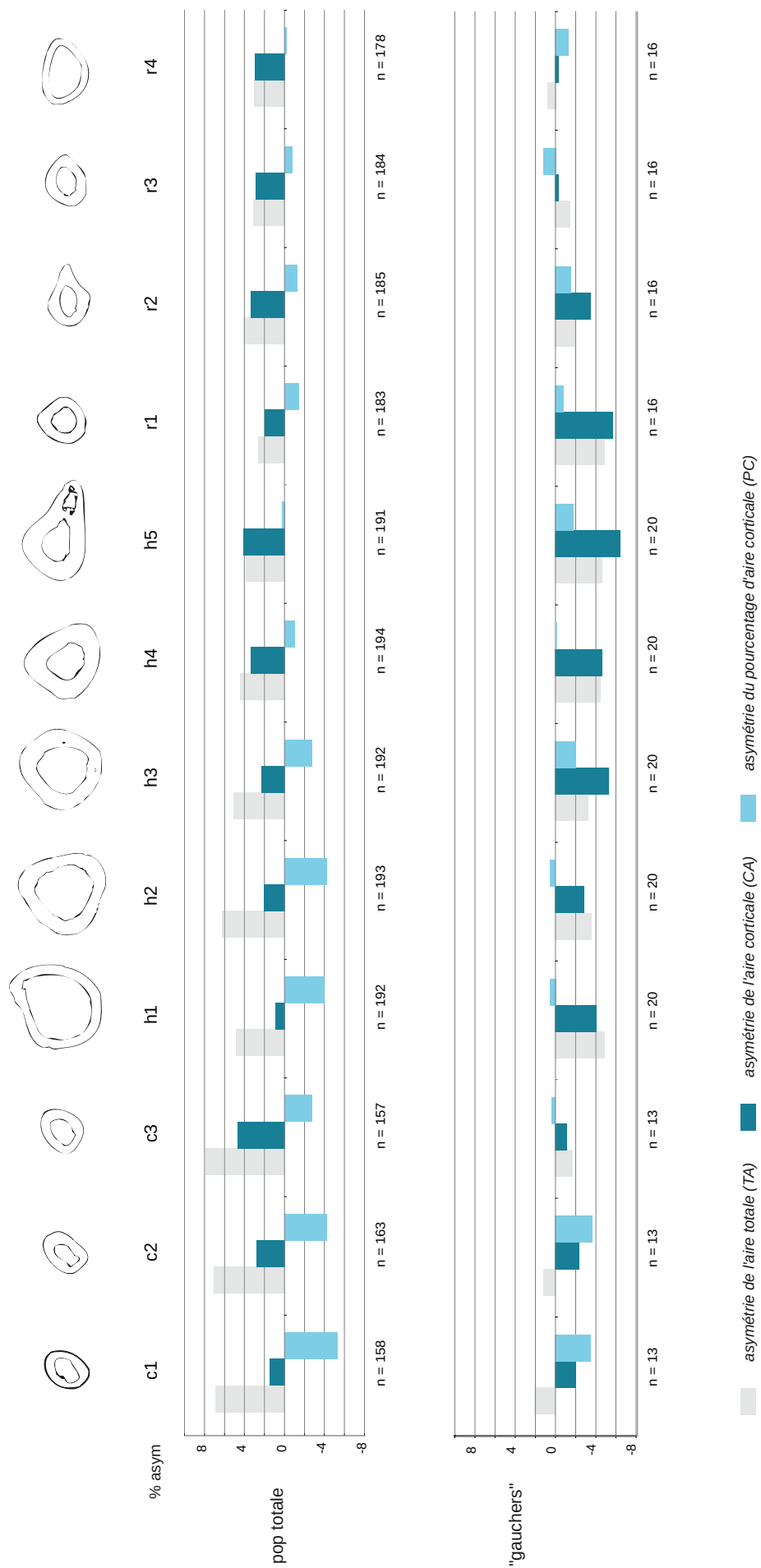
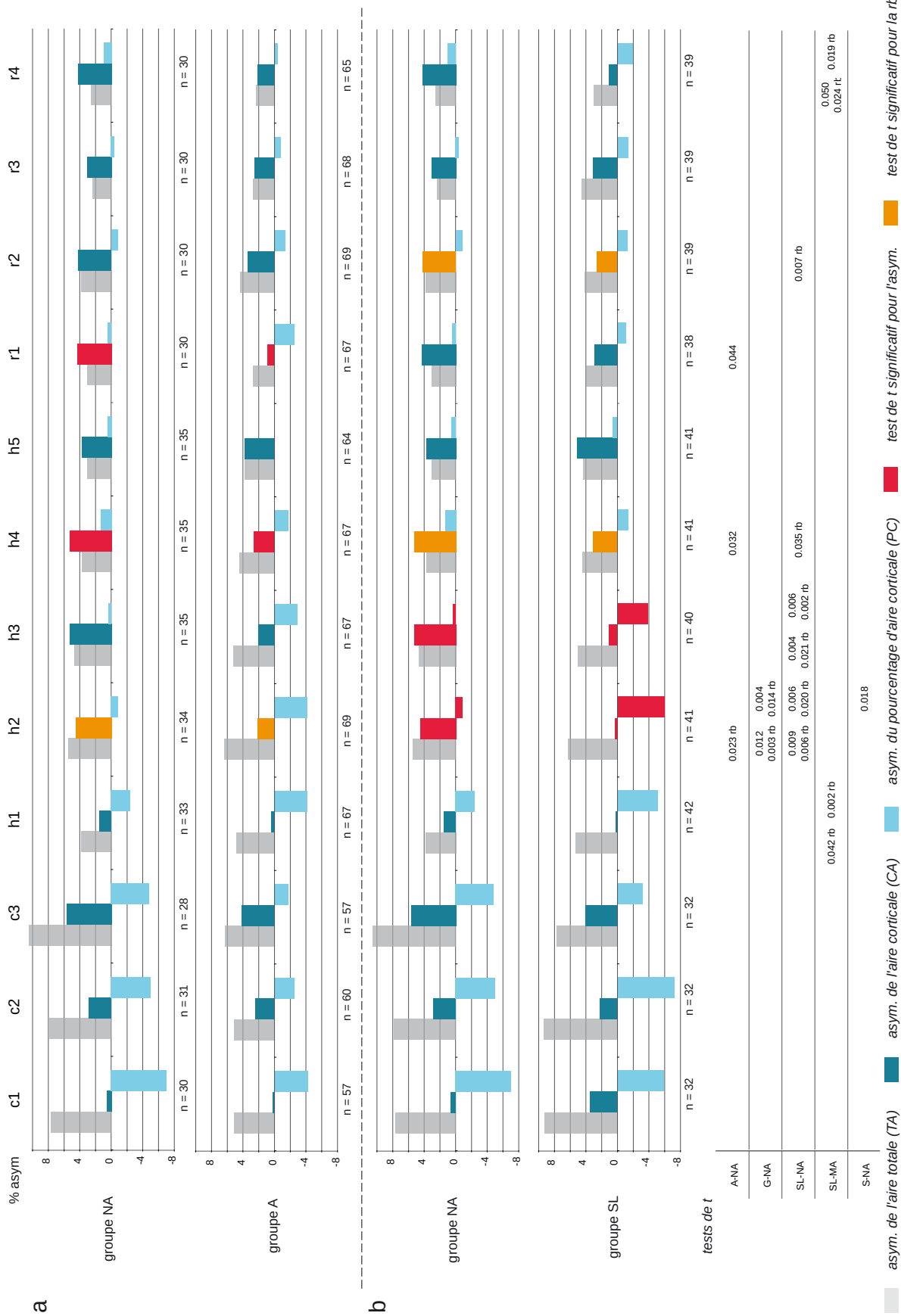


Figure 89. Valeurs moyennes de TA, CA et PC calculées pour l'ensemble de la population et pour la sous-population des "gauchers".

Figure 90. Evaluation de l'effet de l'activité sur l'asymétrie de l'aire corticale (CA) et du pourcentage d'aire corticale (PC) : résultats des tests de *t* significatifs. rb : test pour la répartition bilatérale.

	agriculteurs/généralistes vs spécialistes				actifs vs non actifs				
	A-SL	G-SL	A-S	G-S	A-NA	G-NA	SL-NA	SL-MA	S-NA
c1asCA									
c1asPC									
c2asCA									
c2asPC	0.014	0.010							
c3asCA									
c3asPC									
h1asCA								0.042 rb	
h1asPC	0.014 rb							0.002 rb	
h2asCA					0.023 rb	0.012 0.003 rb	0.009 0.006 rb		
h2asPC	0.041 rb		0.018 rb	0.039 rb		0.004 0.014 rb	0.006 0.020 rb		0.018
h3asCA							0.004 0.021 rb		
h3asPC							0.006 0.002 rb		
h4asCA					0.032		0.035 rb		
h4asPC									
h5asCA									
h5asPC									
r1asCA					0.044				
r1asPC									
r2asCA							0.007 rb		
r2asPC									
r3asCA									
r3asPC									
r4asCA								0.050 0.024 rb	
r4asPC								0.019 rb	

abréviations : A : agriculteurs ; SL : spécialistes lourds ; G : généralistes ; S : spécialistes ; NA : non-actifs ; MA : modérément actifs.



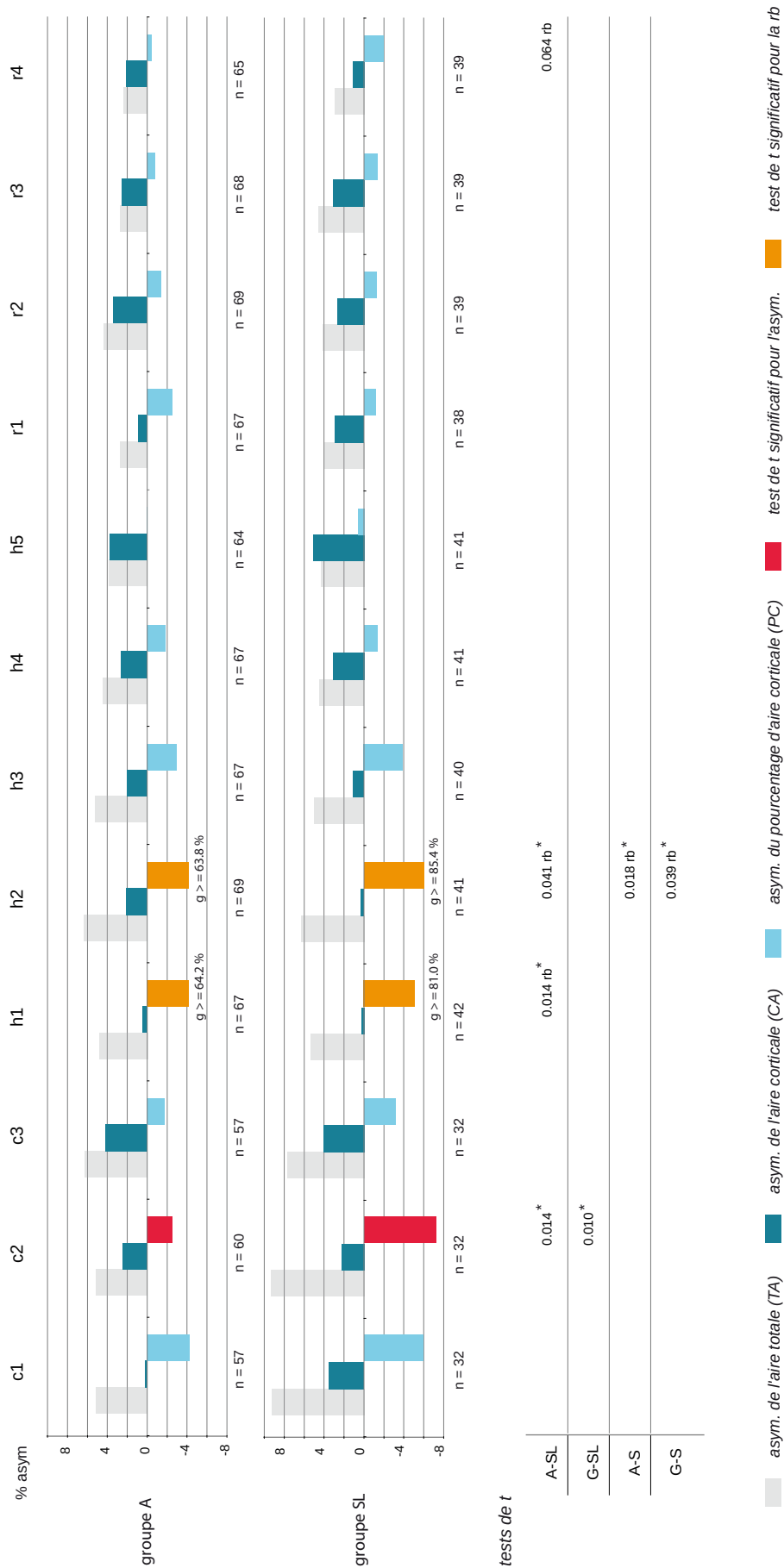


Figure 92. Evaluation de l'influence de la spécialisation sur les propriétés géométriques CA et PC. En gris clair : valeur de l'asymétrie de TA (voir chapitre 6.2). rb = répartition bilatérale.

Figure 93. Comparaisons de l'asymétrie du pourcentage d'aire corticale (PC) des sections 1 et 2 de l'humérus entre agriculteurs (A) et spécialistes lourds (SL).

		n	moy	ds	d >	d $\approx$ g	g >
h1asPC	gr A	67	-4.19	7.7	25.4	10.4	64.2
	gr SL	42	-5.09	5.6	7.1	11.9	81.0
h2asPC	gr A	69	-4.20	8.0	20.3	15.9	63.8
	gr SL	41	-5.96	8.1	12.2	2.4	85.4

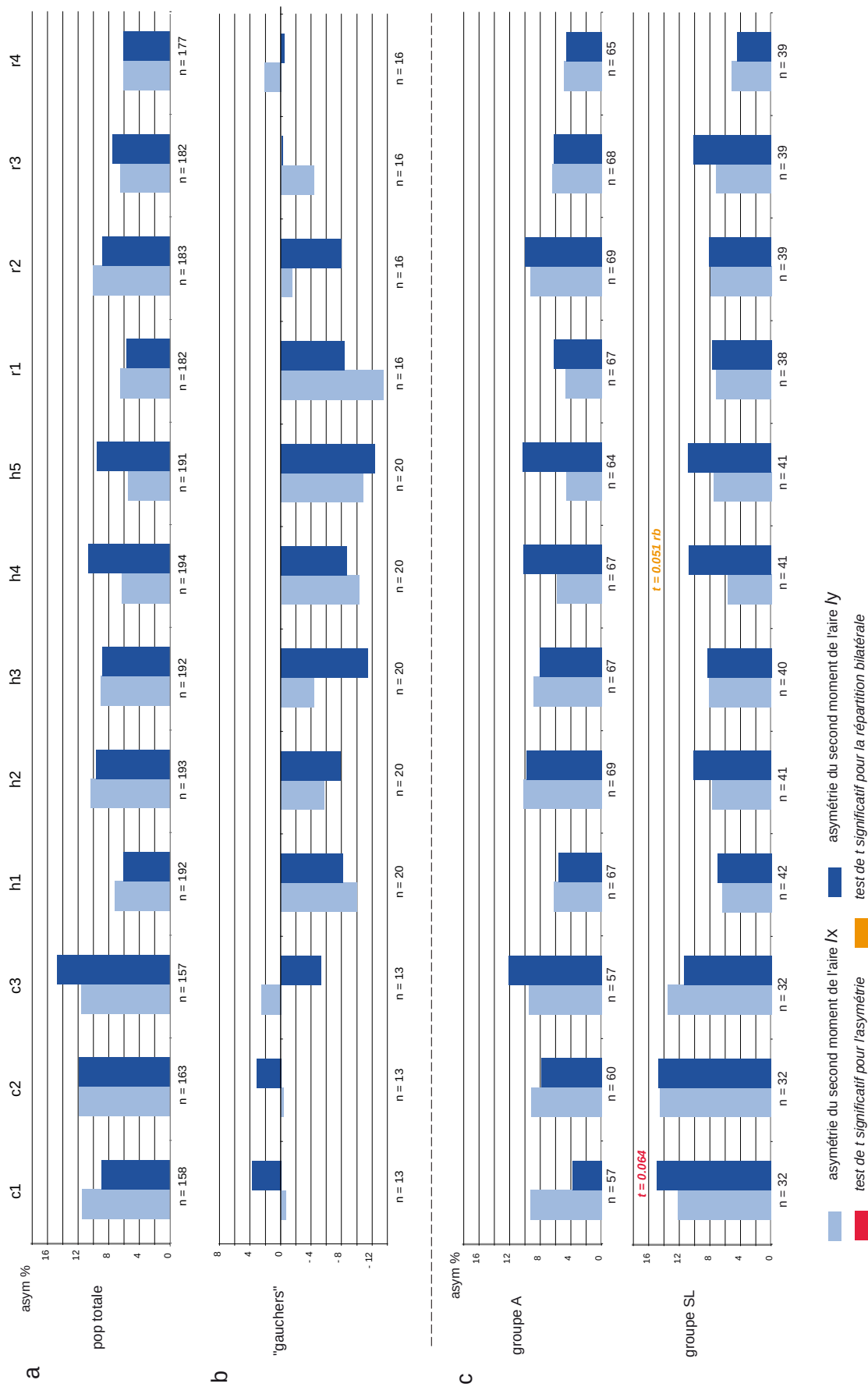


Figure 94. a - Caractéristiques générales de l'asymétrie des seconds moments de l'aire I_x et I_y pour l'ensemble de la population sans "gauchers" et b - pour les "gauchers".
c - Comparaisons des moyennes de I_x et I_y entre le groupe des agriculteurs (A) et celui des spécialistes lourds (SL).

Figure 95. Évaluation de l'effet de l'activité sur l'asymétrie de I_x et de I_y : résultats des tests de t significatifs.

	agriculteurs/généralistes vs spécialistes				actifs vs non-actifs				
	A-SL	G-SL	A-S	G-S	A-NA	G-NA	SL-NA	SL-MA	S-NA
c1aslx	0.035 rb								
c1asly	p < 0.1 rb								
c2aslx									
c2asly									
c3aslx									
c3asly									
h1aslx									
h1asly									
h2aslx					0.030 rb		0.016 0.015 rb	0.015	
h2asly									
h3aslx									
h3asly									
h4aslx							0.027 rb	0.03 rb	
h4asly	p < 0.1 rb								
h5aslx									
h5asly									
r1aslx									
r1asly									
r2aslx					0.016 rb		0.000 rb	0.003 rb	
r2asly									
r3aslx									
r3asly									
r4aslx									
r4asly									

abréviations : rb : répartition bilatérale de l'asymétrie ; A : agriculteurs ; SL : spécialistes lourds ; G : généralistes ; S : spécialistes ; NA : non-actifs ; MA : modérément actifs.

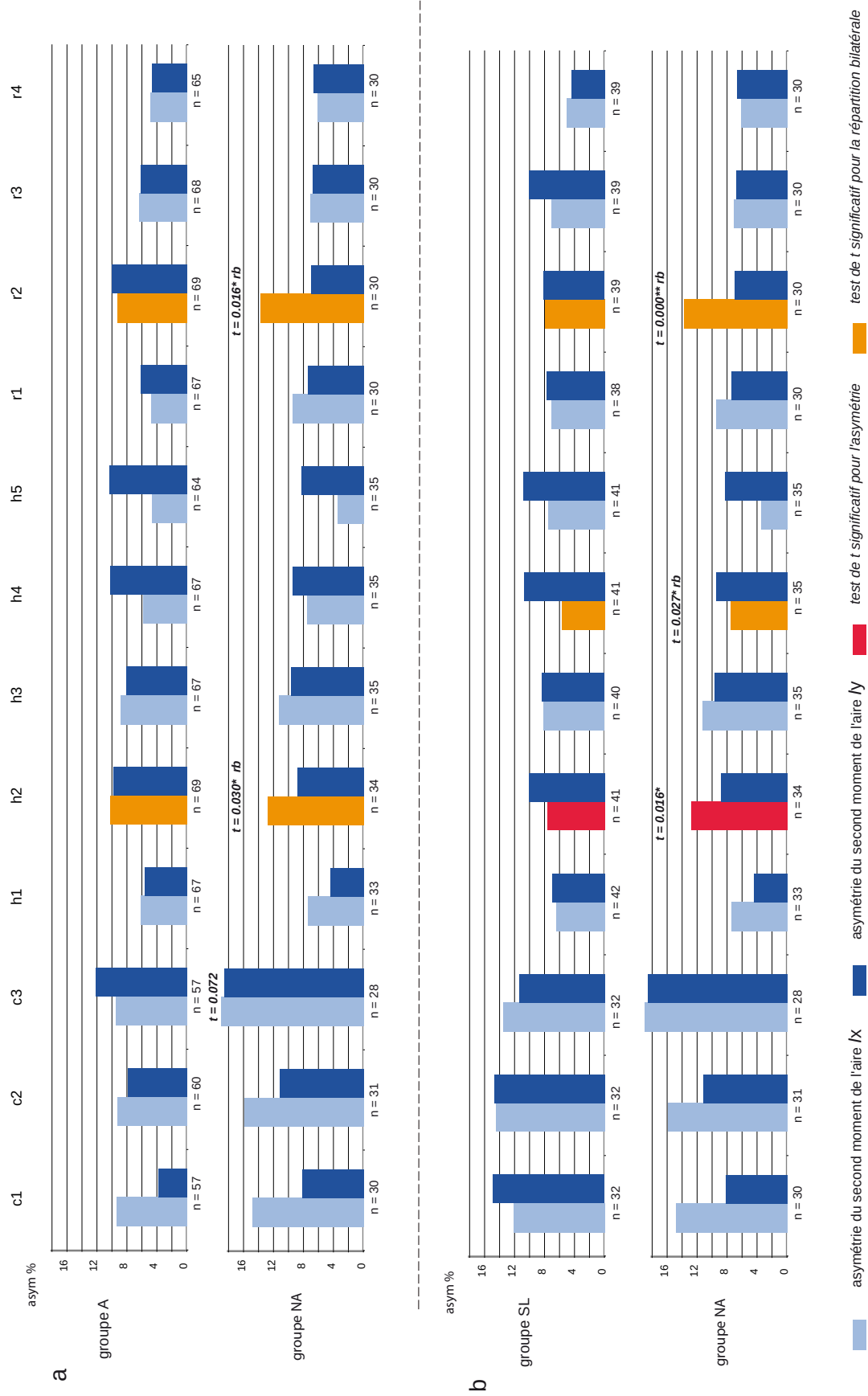


Figure 96. Évaluation de l'effet de l'activité en général sur l'asymétrie de i_x et i_y par la comparaison de groupes non actifs et actifs.
a - comparaison entre agriculteurs (A) et non actifs (NA), b - comparaisons entre spécialistes lourds (SL) et non-actifs (NA).



Figure 97. a - Caractéristiques générales de l'asymétrie des seconds moments de l'aire *I_{max}* et *I_{min}* pour l'ensemble de la population sans "gauchers" et b - pour les "gauchers".
c - Comparaisons des moyennes de *I_{max}* et *I_{min}* entre le groupe des agriculteurs (A) et celui des spécialistes lourds (SL). Les effectifs des groupes sont les mêmes que pour les figures 6.39 et 6.41.



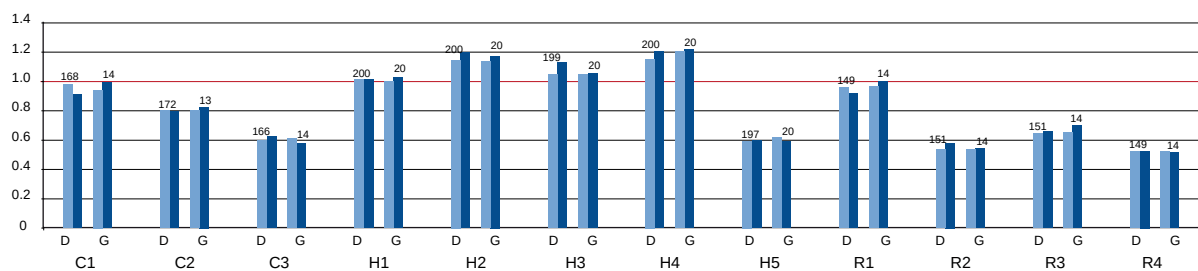
Figure 98. Evaluation de l'effet de l'activité en général sur l'asymétrie de I_{max} et I_{min} par la comparaison de groupes non-actifs et actifs. a - comparaisons entre agriculteurs (A) et non actifs (NA). b - comparaisons entre spécialistes "lourds" (SL) et non-actifs (NA). Les effectifs par groupe sont les mêmes que pour les figures 6.39 et 6.41.

Figure 99. Evaluation de l'effet de l'activité sur l'asymétrie $I_{\max}$ et $I_{\min}$: résultats des tests de t significatifs.

	agriculteurs/généralistes vs spécialistes				actifs vs non-actifs				
	A-SL	G-SL	A-S	G-S	A-NA	G-NA	SL-NA	SL-MA	S-NA
c1asI _{ma}									
c1asI _{mi}									
c1asJMM	0.048								
c2asI _{ma}									
c2asI _{mi}									
c2asJMM									
c3asI _{ma}									
c3asI _{mi}					0.007 rb				
c3asJMM									
h1asI _{ma}									
h1asI _{mi}									
h2asI _{ma}									
h2asI _{mi}					0.026 rb				
h3asI _{ma}									
h3asI _{mi}									
h4asI _{ma}									
h4asI _{mi}									
h5asI _{ma}									
h5asI _{mi}									
h5asJMM								0.046	
r1asI _{ma}									
r1asI _{mi}									
r2asI _{ma}									
r2asI _{mi}							0.013 0.011 rb	0.039	
r3asI _{ma}									
r3asI _{mi}									
r4asI _{ma}									
r4asI _{mi}									

abréviations : rb : répartition bilatérale de l'asymétrie ; A : agriculteurs ; SL : spécialistes lourds ; G : généralistes ; S : spécialistes ; NA : non-actifs ; MA : modérément actifs.

I_x / I_y



I_{max} / I_{min}

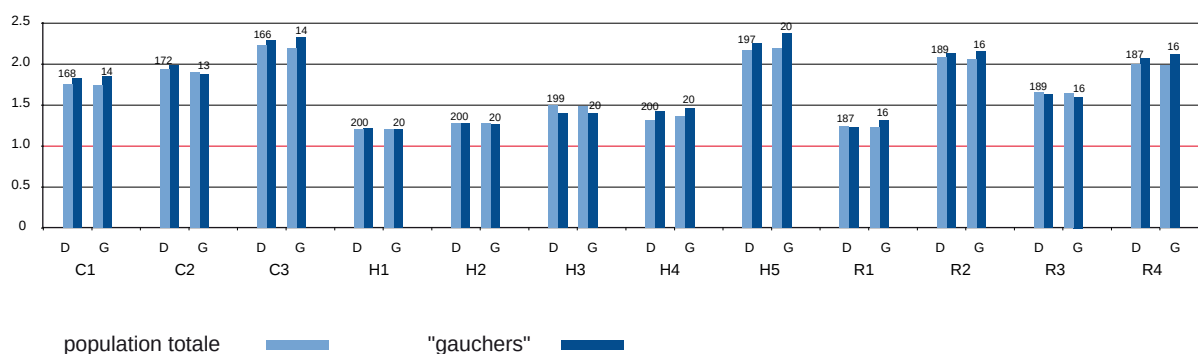


Figure 100. Représentation des valeurs moyennes du rapport I_x / I_y et I_{max} / I_{min} mesurées à droite (D) et à gauche (G) pour la population totale sans "gauchers" et pour le petit groupe de "gauchers". Les effectifs de chaque groupe sont reportés pour chaque section au sommet du bâton.

Figure 101. Variables retenues pour l'analyse de la géométrie des sections transverses dont l'analyse statistique montre une corrélation avec l'âge : résultats significatifs pour $p < 0.05$. Echantillons sans "gauchers".

propriété	classes d'âges	n	moyenne	sd	min	max	Anova
h3dlxy	20-45	57	1.09	0.18	0.78	1.85	0.042
	46-70	90	1.03	0.15	0.75	1.43	
	71-93	52	1.03	0.13	0.71	1.30	
	Total	199	1.05	0.16	0.71	1.85	
r4aslxy	20-45	40	-1.07	11.46	-22.82	25.70	0.016
	46-70	64	-2.12	8.72	-20.95	20.13	
	71-93	39	4.01	12.46	-23.41	31.15	
	Total	143	-0.16	10.87	-23.41	31.15	
r4aslmm	20-45	54	0.78	10.61	-25.43	20.69	0.001
	46-70	79	2.60	9.01	-23.01	23.08	
	71-93	46	-4.50	10.82	-26.83	18.36	
	Total	179	0.22	10.35	-26.83	23.08	

propriété	classes d'âges	n	moyenne	SD	min	max	Anova
h3aslxy	20-29	19	2.75	9.01	-14.04	20.99	0.049
	30-29	21	5.78	10.31	-8.60	30.08	
	40-49	28	0.97	12.62	-28.23	22.58	
	50-59	43	-2.52	9.74	-26.52	15.10	
	60-69	30	-2.14	10.23	-20.80	23.41	
	70-79	37	0.62	9.17	-19.82	20.71	
	80 et +	15	-2.77	13.06	-39.93	12.69	
	Total	193	0.05	10.64	-39.93	30.08	
r4aslmm	20-29	20	-0.32	12.30	-25.43	20.69	0.007
	30-29	21	-0.62	9.24	-16.92	18.48	
	40-49	24	2.44	8.85	-12.81	17.09	
	50-59	38	3.41	9.29	-19.94	23.08	
	60-69	29	2.98	9.21	-23.01	13.91	
	70-79	35	-4.19	10.98	-26.83	15.64	
	80 et +	12	-5.68	10.27	-19.70	18.36	
	Total	179	0.22	10.35	-26.83	23.08	

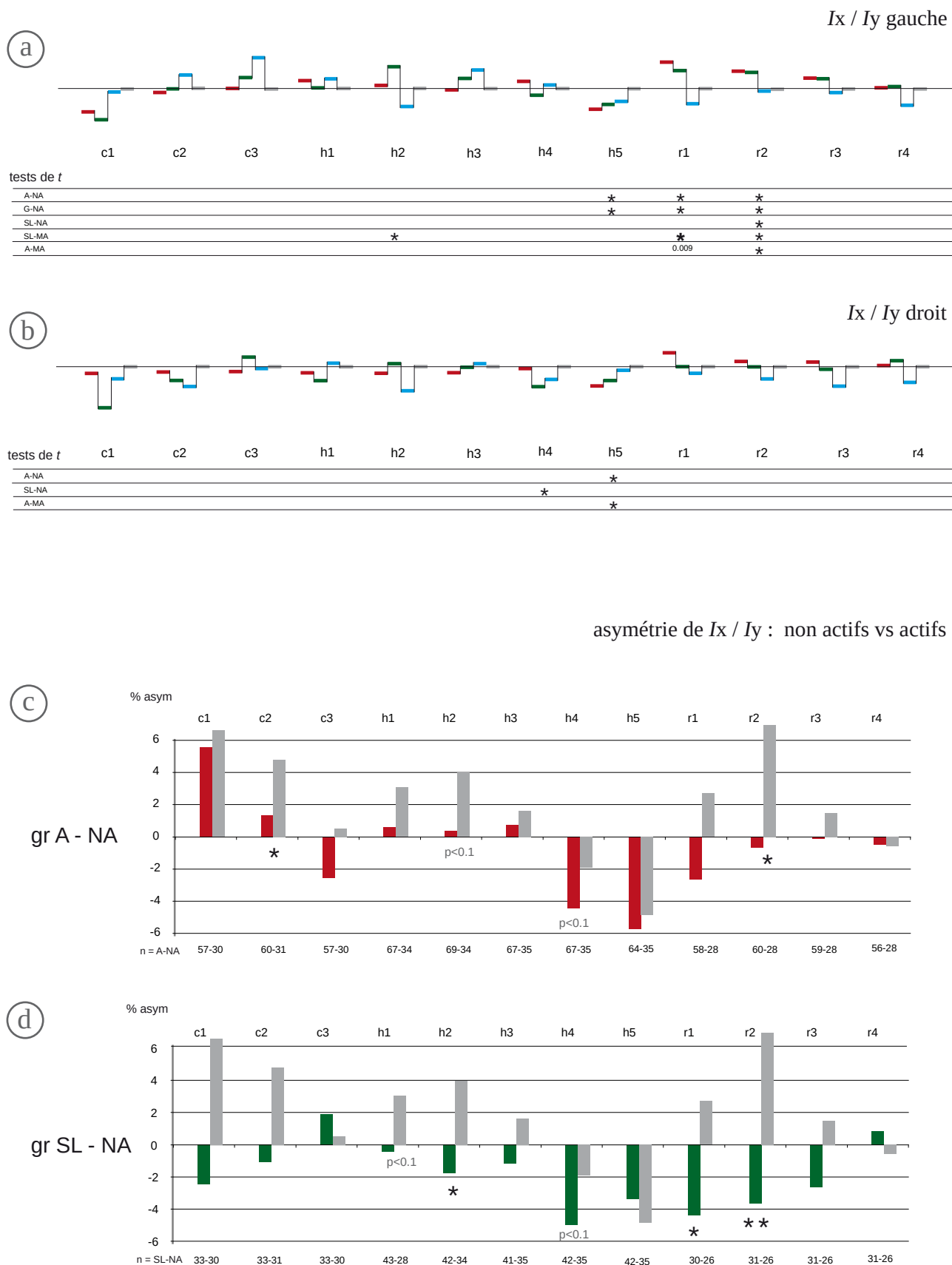


Figure 103. Évaluation de l'effet de l'activité sur la forme des sections transverses dans les plans x et y. a et b - représentation de la différence relative de la moyenne des rapports I_x / I_y gauches (g) et droits (d) pour les groupes d'activités : A : agriculteurs (—) ; SL : spécialistes "lourds" (—) ; SL : spécialistes "légers" (—) et NA : non actifs (—). Les moyennes du groupe NA sont alignées sur une ligne fictive; les valeurs au-dessus indiquent que I_x augmente, les valeurs en dessous, que I_y augmente (explication détaillée de l'élaboration de cette illustration en annexe 6.41). c et d - représentation de l'asymétrie du rapport I_x / I_y entre groupes actifs et non actifs. * Tests de t compris entre $p < 0.1$ et $p > 0.01$; ** $p < 0.01$.

Figure 104. Analyse de l'asymétrie du rapport I_x/I_y (%) entre groupes d'activités. Pour une explication des classes se reporter aux figures 23 et 25.

	n	as I_x	ds	as I_y	ds	as I_x/I_y	ds	$I_x d >$	$I_y d >$	$I_x d >$ et $I_y g >$	$I_x g >$ et $I_y d >$	$I_y g >$	$I_x g >$
c2as/xy													
gr A	60	9.53	22.0	8.18	21.5	1.37	25.7	21.7	21.7	26.7	15.0	3.3	11.7
gr NA	31	16.16	19.3	11.44	25.6	4.78	34.3	32.3	22.6	29.0	6.5	9.7	0.0
r2as/xy													
gr A	69	9.58	13.8	10.33	13.4	-0.68	16.9	33.3	29.0	14.5	14.5	2.9	5.8
gr NA	29	14.06	9.4	7.31	8.7	6.94	10.3	41.4	24.1	27.6	3.4	3.4	0.0
gr SL	40	8.21	16.6	8.41	12.9	-3.67	12.4	30.0	22.5	7.5	22.5	10.0	7.5

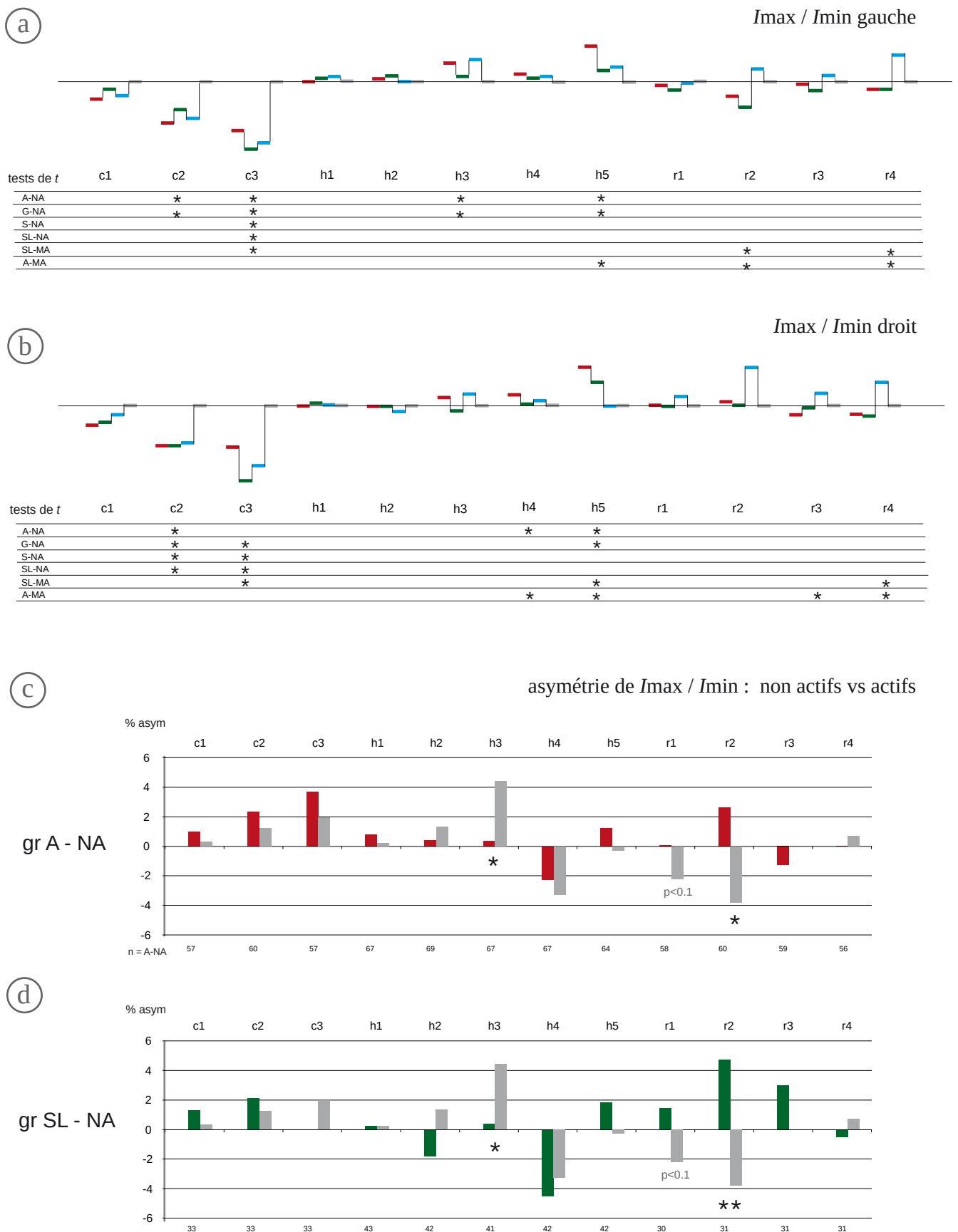
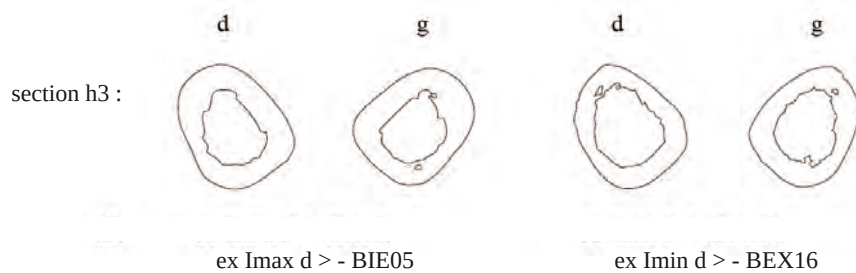


Figure 105. Evaluation de l'effet de l'activité sur la forme des sections transverses. a et b - représentation de la différence relative de la moyenne des rapports *I_{max} / I_{min}* gauches et droits pour les groupes d'activités : A : agriculteurs (—) ; SL : spécialistes "lourds" (—) ; S : spécialistes "légers" (—) et NA : non actifs (—). Les moyennes du groupe NA sont alignées sur une ligne fictive; les valeurs au-dessus indiquent que *I_{max}* augmente, les valeurs en dessous, que *I_{min}* augmente (explication détaillée de l'élaboration de cette illustration en annexe 6.41). c et d - représentation de l'asymétrie du rapport *I_{max} / I_{min}* entre groupes actifs et non actifs.

* Tests de *t* compris entre $p < 0.1$ et $p > 0.01$; ** $p < 0.01$.

Figure 106. Analyse de l'asymétrie de rapports I_{max}/I_{min} (%) différant statistiquement entre groupes d'activités. Illustrations avec les sections à mi-hauteur de la diaphyse de l'humérus (h3). Pour une explication sur le sens des classes, se reporter aux figures 24 et 25.

	N	as I_{max}	ds	as I_{min}	ds	as I_{max}/I_{min}	ds	I_{max} d >	I_{min} d >	I_{max} d > et I_{min} g >	I_{max} g > et I_{min} d >	I_{min} g >	I_{max} g >
h3aslmm													
gr A	67	8.88	9.1	8.55	8.7	0.33	7.9	37.3	40.3	10.4	4.5	4.5	3.0
gr SL	41	8.93	8.8	7.91	8.5	0.40	9.8	46.3	26.8	7.3	14.6	2.4	2.4
gr NA	35	12.48	8.5	8.08	6.6	4.41	8.0	62.9	17.1	8.6	11.4	0.0	0.0
r2aslmm													
gr A	69	10.93	13.4	8.32	12.4	2.61	15.2	20.3	15.9	39.1	17.4	5.8	1.4
gr SL	40	9.90	14.0	5.26	12.1	4.74	11.3	27.5	7.5	30.0	30.0	0.0	5.0
gr NA	30	8.17	8.9	11.97	8.8	-3.80	10.3	20.0	10.0	60.0	10.0	0.0	0.0
h5aslmm													
gr A	64	8.83	12.3	7.63	7.5	1.22	11.09	45.3	17.2	7.8	20.3	6.3	3.1
gr S	67	8.26	13.2	9.00	8.7	-0.53	12.1	30.9	38.2	7.4	17.6	1.5	4.4



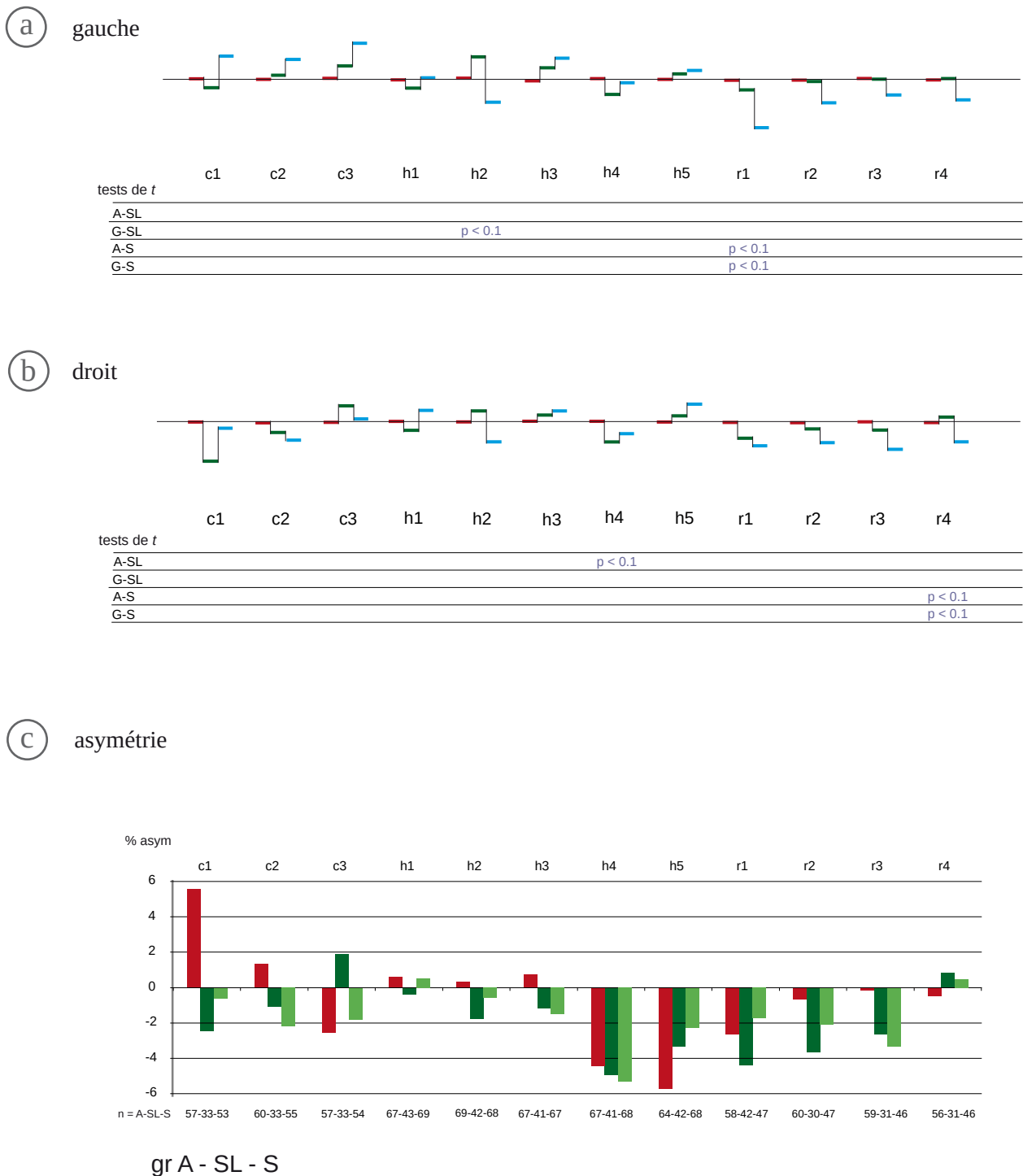


Figure 107. Évaluation de l'effet de l'activité sur la forme des sections transverses entre agriculteurs (A —) et spécialistes (SL — ou SL —). a et b : représentation de la **différence relative** de la moyenne des rapports *I_x / I_y* gauches et droits. Les moyennes du groupe A sont alignées sur une ligne fictive ; les valeurs au-dessus indiquent que *I_x* augmente, les valeurs en dessous, que *I_y* augmente (explication détaillée de l'élaboration de cette illustration en annexe 6.41). c : asymétrie des rapports *I_x / I_y*. Comparaisons des agriculteurs (A—), des spécialistes L (SL —) et du groupe fusionné des spécialistes (S —). Échantillons sans "gauchers".

I_{max} / I_{min} : agriculteurs vs "spécialistes"



Figure 108. Evaluation de l'effet de l'activité sur la forme des sections transverses entre agriculteurs (A —) et spécialistes (SL — ou SL —). a et b : représentation de la **différence relative** de la moyenne des rapports I_{max} / I_{min} gauches et droits. Les moyennes du groupe A sont alignées sur une ligne fictive ; les valeurs au-dessus indiquent que I_{max} augmente, les valeurs en dessous, que I_{min} augmente (explication détaillée de l'élaboration de cette illustration en annexe 6.41). c : asymétrie des rapports I_{max} ÷ I_{min}. Comparaisons des agriculteurs (A —), des spécialistes L (SL —) et du groupe fusionné des spécialistes (S —). Echantillons sans "gauchers". * Test de t: p<0.05.

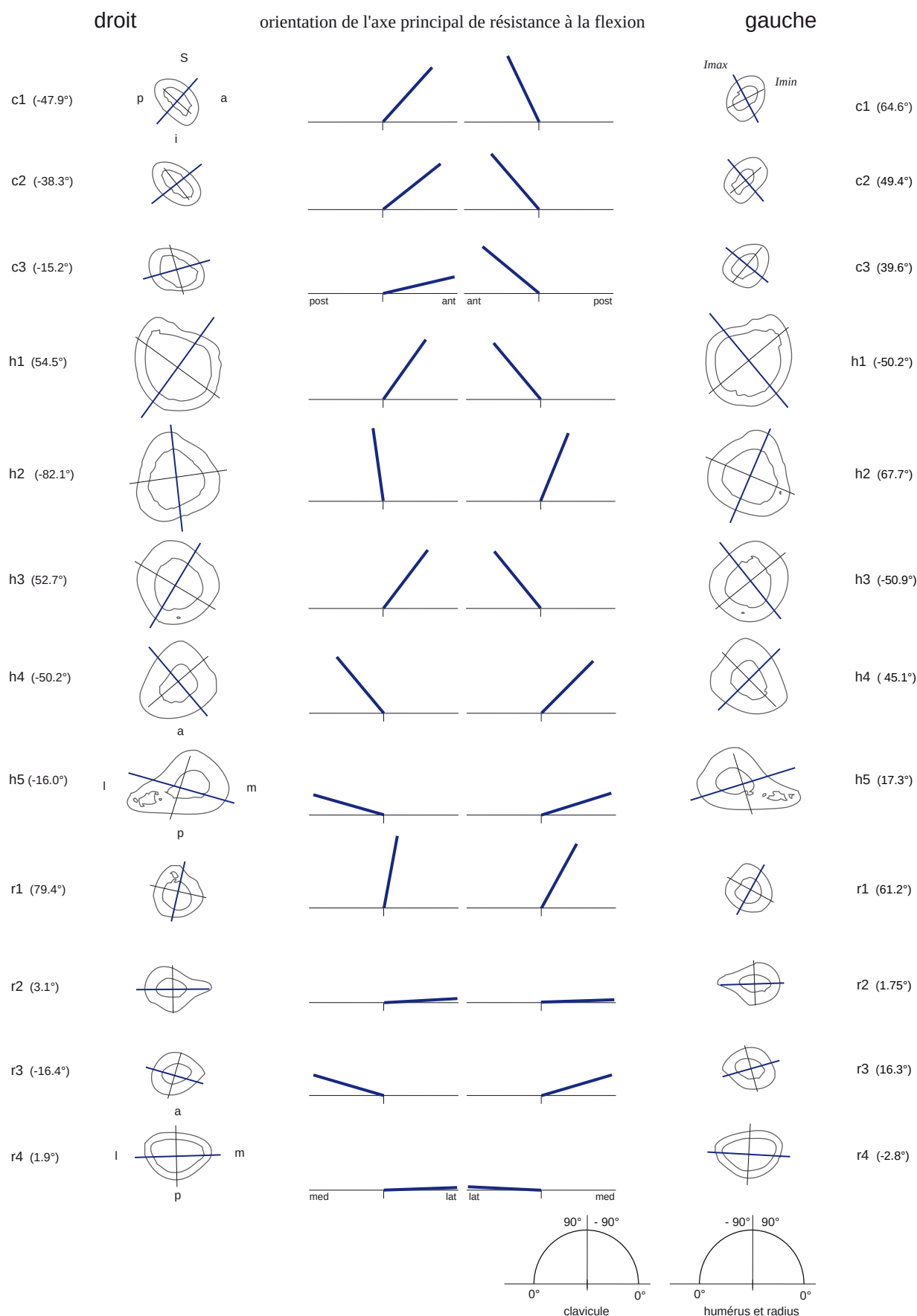


Figure 109. Représentation de l'orientation de l'axe principal de résistance à la flexion (orientation of greatest bending rigidity). AIG20 - agriculteur - 34 ans. Sur les sections sont représentées : les valeurs et orientations des seconds moments de l'aire I_{max} (trait accentué) et I_{min} (trait léger) et la valeur de l'angle θ , reportée à côté de chaque section. Au centre, représentation de l'orientation de l'axe principal de chaque section sur un arc de 180°. Sections en vue distale. Echelle originale : se reporter au catalogue. Abréviations : s : supérieur ; i : inférieur ; p : postérieur ; a : antérieur ; m : médial ; l : latéral.

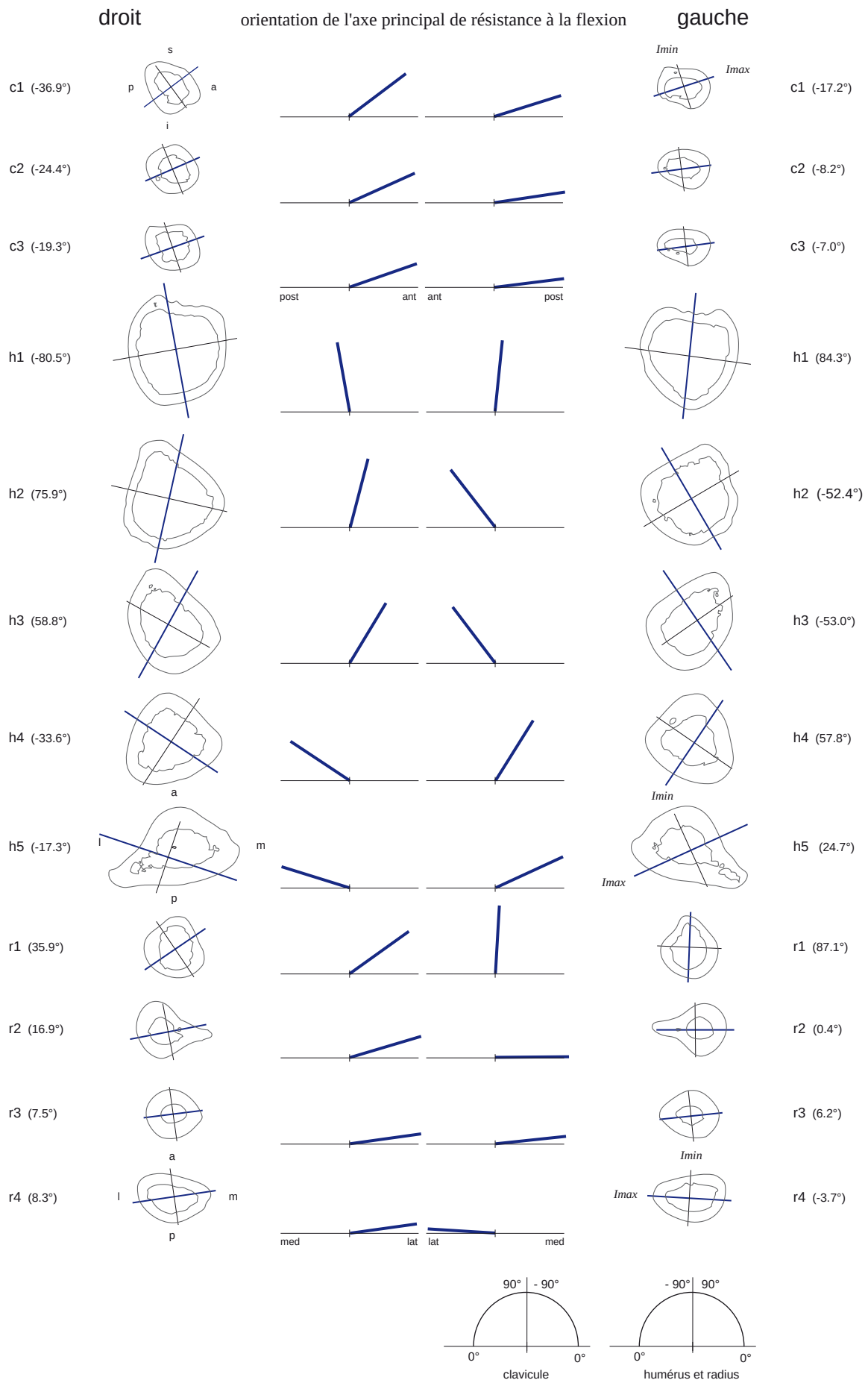
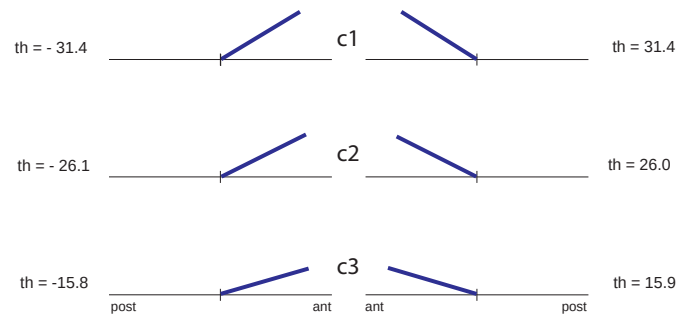


Figure 110. Représentation de l'orientation de l'axe principal de résistance à la flexion (orientation of greatest bending rigidity). BIE28 - agriculteur - 66 ans. Sur les sections sont représentées : les valeurs et orientations des seconds moments de l'aire I_{max} (trait accentué) et I_{min} (trait léger) et la valeur de l'angle θ , reportée à côté de chaque section. Au centre, représentation de l'orientation de l'axe principal de chaque section sur un arc de 180°. Sections en vue distale. Échelle originale : se reporter au catalogue. Abréviations : s : supérieur ; i : inférieur ; p : postérieur ; a : antérieur ; m : médial ; l : latéral.

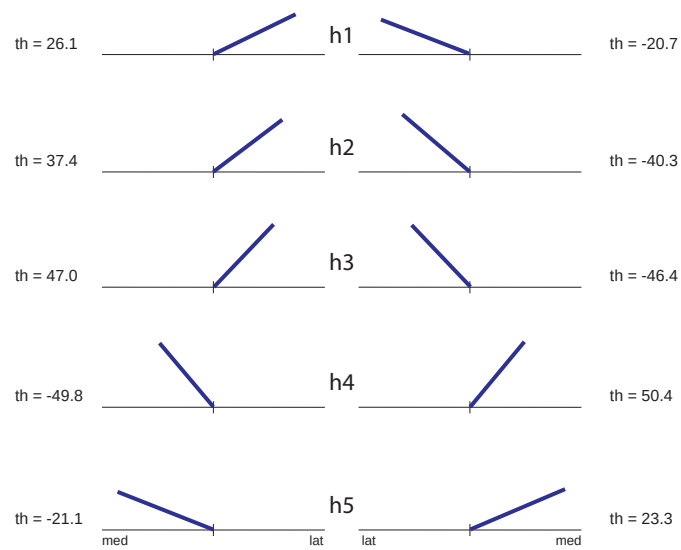
droit

clavicule

gauche



humérus



radius

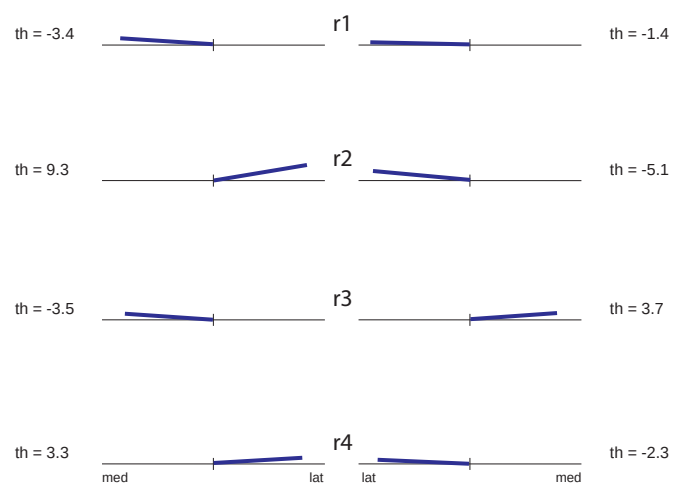


Figure 111. Représentation de l'orientation de l'axe principal de chaque section (moyenne en °) pour l'ensemble de la population étudiée. Effectifs : clavicule : 163-173 ; humérus : 195-202 ; radius : 185-192. Sections en vue distale.

Figure 112. Statistiques descriptives et analyse de variances (anova) permettant d'évaluer l'influence de l'âge sur l'orientation de *I*max : résultats significatifs pour $p < 0.05$. Échantillons sans "gauchers".

	classes d'âges	n	moyenne	ds	min	max	anova
c1th - diff d-g	20-45	48	15.79	23.56	0.30	161.70	0.024 *
	46-70	75	25.56	38.19	0.30	174.90	
	71-95	37	41.66	54.11	0.70	172.50	
	Total	160	26.35	39.93	0.30	174.90	
h1gth	20-45	56	-19.88	46.81	-89.83	88.61	0.037
	46-70	86	-13.28	48.01	-88.72	89.16	
	71-95	53	-33.76	39.32	-88.64	87.64	
	Total	195	-20.74	46.00	-89.83	89.16	
r1gth	20-45	57	-0.57	41.41	-81.53	72.96	0.031
	46-70	82	-9.79	45.21	-88.71	85.38	
	71-95	52	10.81	44.33	-89.92	84.04	
	Total	191	-1.43	44.45	-89.92	85.38	
r3gth	20-45	57	2.73	15.68	-76.00	33.10	0.032
	46-70	80	1.72	13.03	-75.00	23.90	
	71-95	52	7.95	12.09	-28.00	49.50	
	Total	189	3.74	13.83	-76.00	49.50	

* ici test de Mann-Withney U, différence significative entre le groupe 20-45 et 71 et plus.

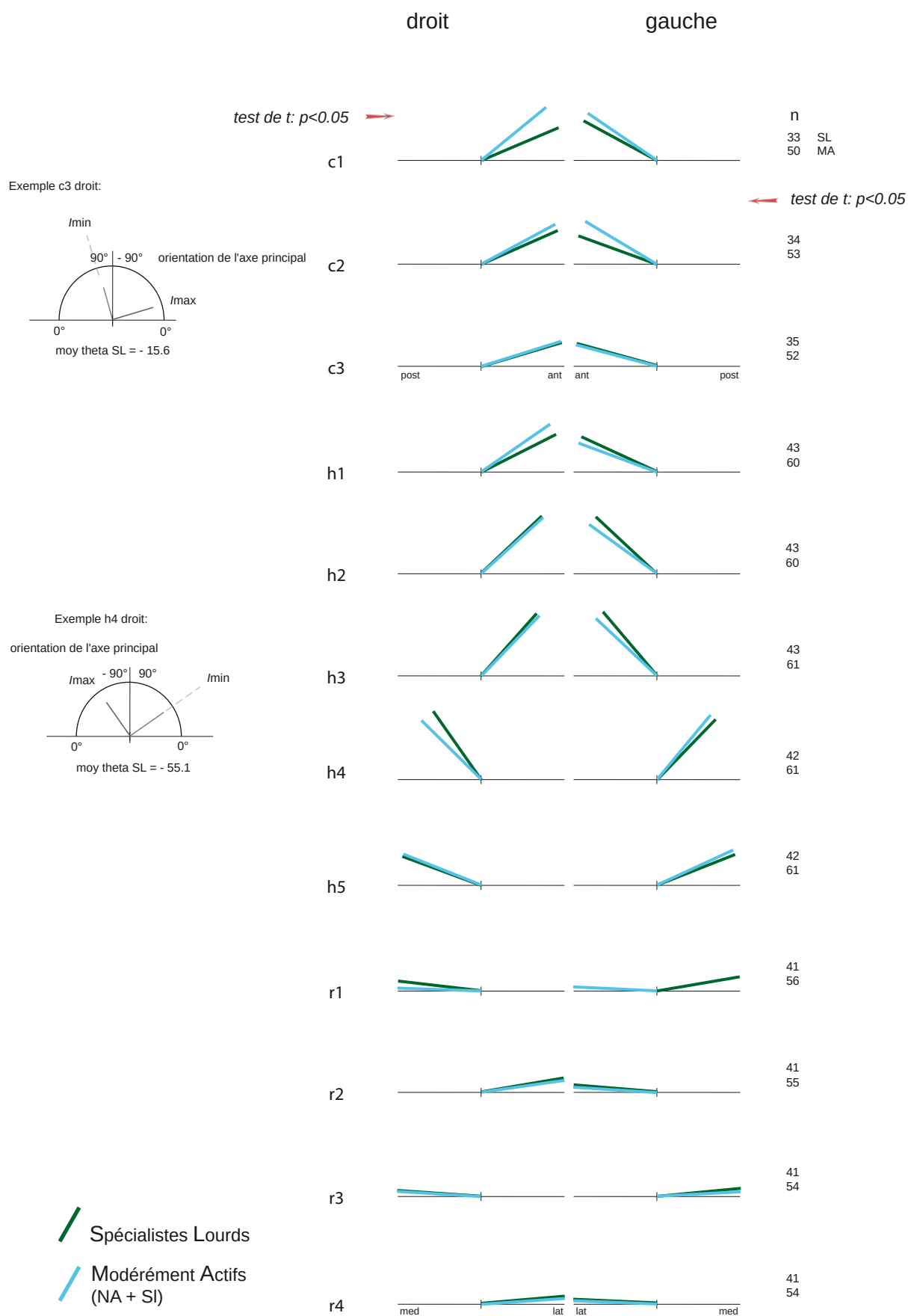


Figure 113. Évaluation de l'effet de l'activité sur l'orientation de I_{max} (moyenne en °) : comparaisons entre les groupes non et modérément actifs et les spécialistes lourds. Données en annexe 6.46 à 6.48.

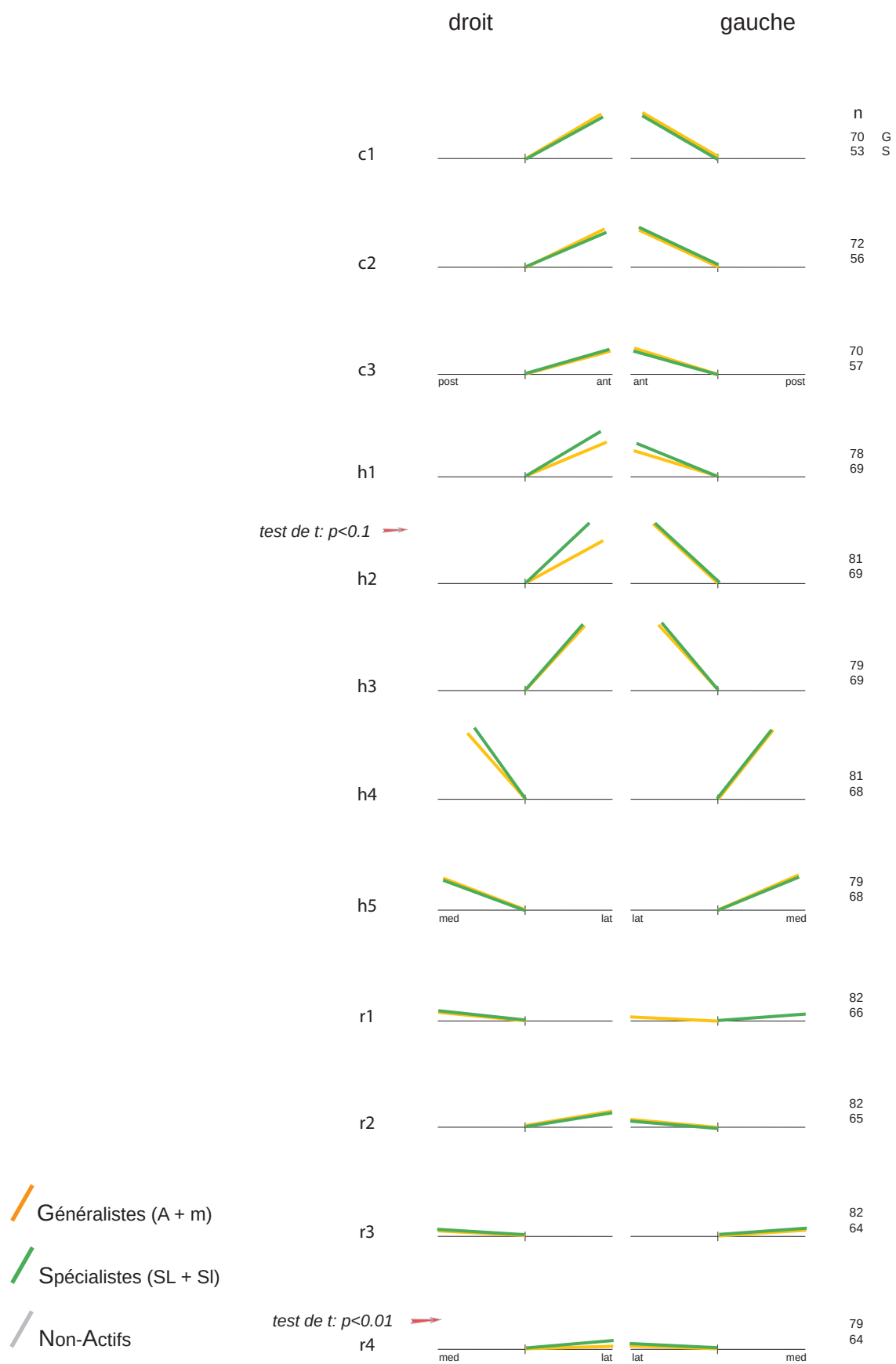


Figure 114. Évaluation de l'effet d'une activité spécialisée sur l'orientation de I_{max} , l'axe principal de la section (moyenne en °) : comparaisons entre les agriculteurs/généralistes et les spécialistes. Données en annexes 1 à 3.

Figure 115. Evaluation de l'effet de l'activité sur l'orientation de I_{max} : résultats des tests de t significatifs pour les comparaisons à droite et à gauche. Résultats des tests de Kolmogorov-Smirnov pour la différence d'angulation entre droit et gauche (diff -th).

	agriculteurs/général. vs spécial.				actifs vs non-actifs						
	A-SL	G-SL	A-S	G-S	A-NA	G-NA	S-NA	SL-NA	SL-MA	A-MA	GSL-MA
c1gth											
c1dth								0.034	0.034		0.023
c1diff-th											
c2gth								0.046			
c2dth											
c2diff-th											
c3gth											
c3dth											
c3diff-th											
h1gth											
h1dth											
h1diff-th											
h2gth											
h2dth											
h2diff-th											
h3gth							0.046	0.040			
h3dth											
h3diff-th											
h4gth											
h4dth											
h4diff-th											
h5gth							0.038	0.028	0.039		
h5dth											
h5diff-th											
r1gth											
r1dth											
r1diff-th											
r2gth											
r2dth											
r2diff-th											
r3gth											
r3dth											
r3diff-th											
r4gth											
r4dth	0.012		0.006	0.004							
r4diff-th								0.038	0.013		

abréviations : A : agriculteurs ; SL : spécialistes lourds ; G : généralistes ; S : spécialistes ; NA : non-actifs ; MA : modérément actifs ; GSL = tous les très actifs.

Figure 116 (extrait annexe 6.48). Orientation de *I*max pour la section du radius r4 pour les groupes d'activités G, S et NA. Moyennes (°) et dénombrement des angles plus grands et plus petits que 90° par côté. Echantillons sans "gauchers".

	n	moy	ds	min	max	> 90°		< 90°			n	moy	ds	min	max	> 90°		< 90°	
						n	%	n	%							n	%	n	%
r4gth (gauche)										r4dth (droit)									
gr NA	31	-1.55	7.9	-24.0	13.1	15	48.4	16	51.6	gr NA	32	3.29	6.8	-6.7	25.4	22	68.8	10	31.3
gr G	79	-1.85	6.8	-18.8	18.9	27	34.2	52	65.8	gr G	80	1.62	6.7	-20.0	19.6	48	60.0	32	40.0
gr S	64	-2.80	6.6	-19.8	16.2	17	26.6	47	73.4	gr S	65	4.79	6.3	-7.4	21.2	50	76.9	15	23.1

abréviations : NA : non-actifs ; G : généralistes ; S : spécialistes : > 90°: nb d'ind ayant une orientation de *I*max plus grande que 90° ; < 90° nb ind ayant une orientation de *I*max inférieure à 90°.

Figure 117 (extrait annexe 6.47). Orientation de *I*max pour les sections de l'humérus h1 et h2 droites pour les groupe d'activités G, S, et NA. Moyennes (°) et dénombrement des angles plus grands et plus petits que 90°. Echantillons sans "gauchers".

	n	moy	ds	min	max	> 90°		< 90°			n	moy	ds	min	max	> 90°		< 90°	
						n	%	n	%							n	%	n	%
h1gth (gauche)										h1dth (droit)									
gr NA	34	-22.14	42.4	-89.8	86.2	9	26.5	25	73.5	gr NA	35	32.57	42.5	-86.1	84.4	26	74.3	9	25.7
gr G	78	-16.97	46.5	-88.6	88.6	27	34.6	51	65.4	gr G	80	22.57	43.7	-89.1	89.0	61	76.3	19	23.8
gr S	69	-22.29	48.7	-88.8	89.2	18	26.1	51	73.9	gr S	71	30.66	38.1	-83.1	87.8	59	83.1	12	16.9
h2gth (gauche)										h2dth (droit)									
gr NA	34	-31.38	55.1	-85.8	88.0	7	20.6	27	79.4	gr NA	36	41.38	51.0	-86.9	88.5	31	86.1	5	13.9
gr G	81	-42.64	48.5	-89.1	87.6	11	13.6	70	86.4	gr G	81	28.58	57.1	-87.2	88.4	63	77.8	18	22.2
gr S	69	-42.67	49.0	-88.4	89.9	11	15.9	58	84.1	gr S	70	43.15	48.9	-89.3	88.3	62	88.6	8	11.4

abréviations : NA : non-actifs ; G : généralistes ; S : spécialistes : > 90°: nb d'ind ayant une orientation de *I*max plus grande que 90° ; < 90° nb ind ayant une orientation de *I*max inférieure à 90°.

Figure 118. Nombre de variables qui participent à décrire l'adaptation de la morphologie osseuse à l'activité (pour différents seuils de probabilité) selon le type de variable : mesures linéaires, propriétés géométriques des sections transverses et géométrie des sections.

	mesures	propr. géom.	géométrie	total
total des var. examinées	17	88	110	215
n var (p < 0.05)	7	29	31	67
%	41.2	33	28.2	31.2
n var (p < 0.01)	4	9	4	17
%	23.5	10.2	3.6	7.9

Figure 119. Récapitulé de l'effet de l'activité sur l'asymétrie et la géométrie des os longs : ensemble des variables statistiquement divergentes lors de la comparaison entre des agriculteurs et des non-actifs.

		Agriculteurs vs Non-Actifs			
		test de t ^a	N _A -N _{MA}	N _A -N _{MA}	effet de l'activité
c4	c4as	0.002 ▲**	62-31	62-53	cpb ↘ asym et later d
c2	c2aslxy	0.042 rb	60-31		cpb ↘ latér à d (% lx g ↗)
	c2dlmm	0.047	61-31		cpb ↘ du rapport lmax / lmin
	c2glmm	0.029	62-31		cpb ↘ du rapport lmax / lmin
c3	c3aslmin	0.007 rb	57-28	57-49	cpb ↘ latér à d
	c3asT	0.001 rb ▲	60-28	60-50	cpb ↘ asym et latér à d
	c3glmm	0.037	60-30		cpb ↘ du rapport lmax / lmin
h6	h6as	0.047	60-34		cpb ↗ asym
h2	h2asCA	0.023 rb	69-34	}	cpb ↘ latér à d
	h2aslxy	0.030 rb	69-34		
	h2aslmin	0.026 rb	69-34		
h3	h3aslmm	0.012 ▲	67-35	67-61	cpb ↘ du rapport lmax / lmin (% lmax d>)
	h3glmm	0.015	67-35		cpb ↗ % lmax g
h4	h4asCA	0.032	67-35		cpb ↘ asym
h5	h5dlmm	0.044	65-36	65-63	cpb ↗ lmax d
h7	h7as	0.021 rb	53-32	53-58	cpb ↘ latér à d
r1	r1asCA	0.044	67-30		cpb ↘ asym
r2	r2aslxy	0.011 ▲	69-29		cpb ↘ % lmax d >
	r2aslxy	0.016 rb	69-29		cpb ↘ latér à d
	r2aslmm	0.035	69-30		même info que aslxy mais inversée

rb = test sur la répartition bilatérale de l'asymétrie. ▲ test significatif sur les moyennes et la répartition bilatérale ; ** p < 0.01 ; cpb : charge physique biltérale ; sp : spécialisation ; later : latéralisation ; d : droit. A-MA : tests significatifs également entre agriculteurs et modérément actifs. En gris : information corrélée à une variable déjà prise en compte.

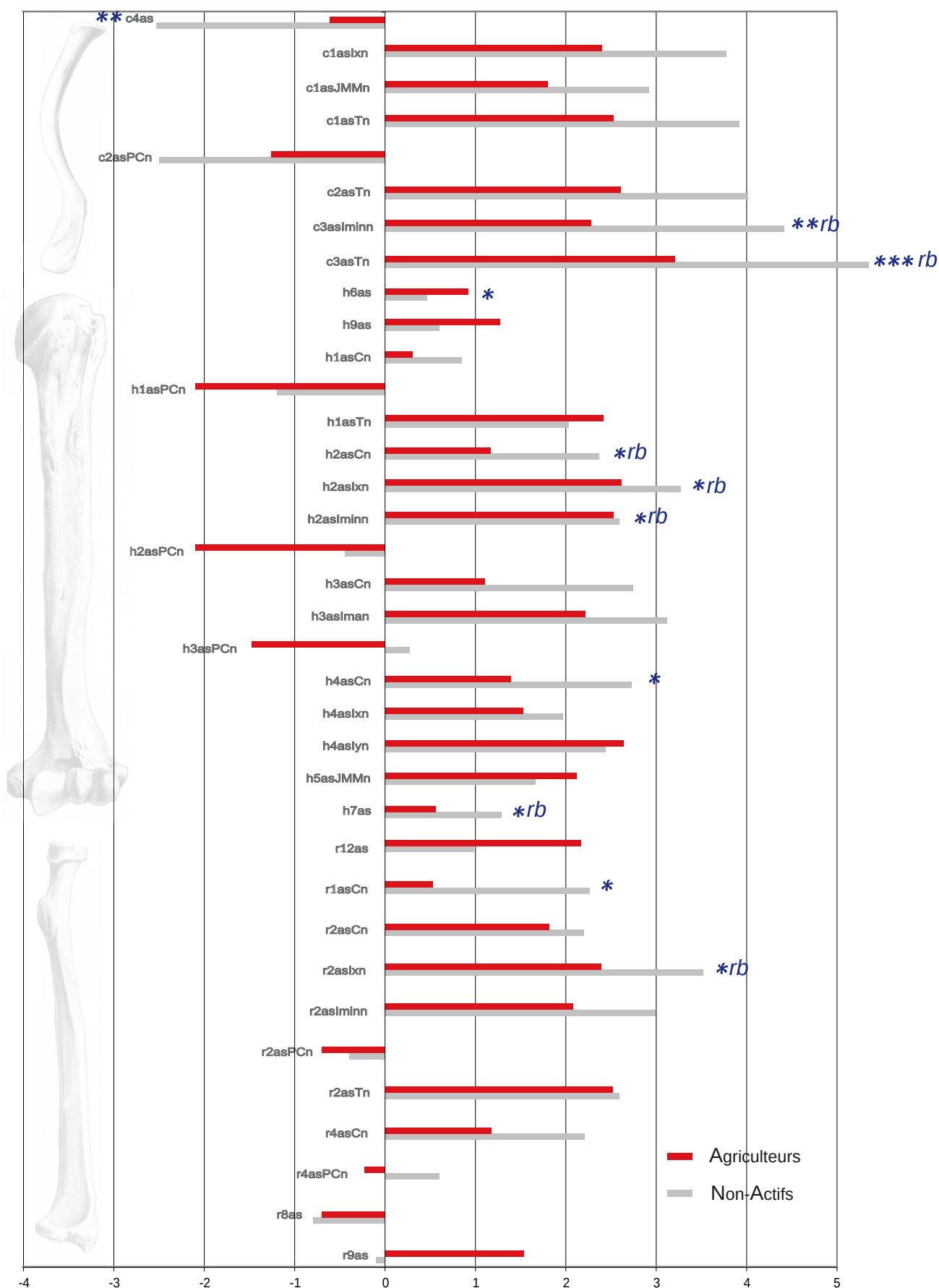


Figure 120. Profil de l'ensemble des variables établissant des différences significatives entre groupes d'activités pris 2 à 2. Variables significativement différentes entre les agriculteurs et le groupe des non-actifs : $p < 0.05$ *, $p < 0.01$ **, rb : significatif pour la répartition bilatérale seulement.

Figure 102. Évaluation de l'effet de l'activité sur la forme des sections (I_x/I_y et I_{max}/I_{min}) : résultats des tests de t significatifs, rb = test sur la répartition bilatérale de l'asymétrie. ▲ test significatif sur les moyennes et la répartition bilatérale.

	agricult./généralistes vs spécialistes				actifs vs non-actifs						
	A-SL	G-SL	A-S	G-S	A-NA	G-NA	S-NA	SL-NA	SL-MA	A-MA	GSL-MA
c1glxy											
c1glmm											
c1dlxy											
c1dlmm											
c1aslxy											
c1aslmm											
c2glxy											
c2glmm					0.029	0.010					
c2dlxy											
c2dlmm					0.047	0.016					
c2aslxy					0.042 rb	0.046 rb					
c2aslmm											
c3glxy											
c3glmm					0.037	0.033	0.010	0.017			
c3dlxy											
c3dlmm							0.006	0.016	0.032		
c3aslxy											
c3aslmm											
h1glxy											
h1glmm											
h1dlxy											
h1dlmm											
h1aslxy											
h1aslmm											
h2glxy									0.031		
h2glmm											
h2dlxy											
h2dlmm											
h2aslxy							0.042	0.026	0.031		0.034
h2aslmm											
h3glxy											
h3glmm					0.015	0.019					
h3dlxy											
h3dlmm											
h3aslxy											
h3aslmm					0.012 ▲	0.013 ▲	0.047			0.05	0.037 rb
h4glxy											
h4glmm											
h4dlxy											
h4dlmm											
h4aslxy											
h4aslmm											
h5glxy						0.038					
h5glmm						0.024					
h5dlxy										0.040	0.022
h5dlmm					0.044	0.034				0.012	0.012
h5aslxy											
h5aslmm			0.032 rb								
r1glxy										0.009	0.005
r1glmm											
r1dlxy											
r1dlmm											
r1aslxy											
r1aslmm								0.043	0.024 ▲		
r2glxy									0.040	0.024	0.012
r2glmm									0.021		0.013
r2dlxy											
r2dlmm											
r2aslxy					0.011 ▲	0.042	0.005 ▲	0.001 ▲	0.007		0.028
r2aslmm					0.035	0.038 ▲	0.004 ▲	0.002 ▲	0.047 ▲		
r3glxy											
r3glmm											
r3dlxy											
r3dlmm											
r3aslxy											
r3aslmm											
r4glxy											
r4glmm										0.032	0.014
r4dlxy											
r4dlmm								0.046	0.015	0.01	
r4aslxy											
r4aslmm											

Figure 121. Récapitulé de l'effet de l'activité sur l'asymétrie et la géométrie des os longs : ensemble des variables statistiquement divergentes lors de la comparaison entre des spécialistes lourds et des non-actifs.

		Spécialistes Lourds vs Non-actifs			
		test de t ^a	N _{SL} -N _{NA}	SL-MA	effet de l'activité
c1	c1dth	0.034	36-31	x	sp → axe principal plus antéro-postérieur
	c3asT	0.048 rb	35-28		sp ↘ later d
c3	c3dlmm	0.016	35-30	x	sp ↘ du rapport lmax / lmin
	c3glmm	0.017	35-29		sp ↘ du rapport lmax / lmin
h1	h1asT	0.040 rb	43-35		sp ↗ later d
	h2asCA	0.009 ▲	41-34		sp ↘ asym et later d
h2	h2aslx	0.016 ▲	41-34	x	sp ↘ asym et later d du diam antéro-post
	h2aslxy	0.026	42-34	x	sp : inversion de l'asym des formes
	h2asPC	0.006 ▲	41-34		sp ↘ asym neg et later d
	h3asCA	0.004 ▲	40-35		sp ↘ asym et later d
h3	h3asPC	0.006 ▲	40-35		sp ↘ asym neg et later d
	h3gth	0.04	43-35		sp → axe principal plus antéro-postérieur
h4	h4asCA	0.035 rb	41-35		sp ↘ later d
	h4aslx	0.027 rb	41-35	x	sp ↘ later d du diam antéro-post
h5	h5gth	0.028	42-35	x	sp → axe principal plus médio-latéral
r1	r1aslxy	0.043	39-29	x	sp ↘ asym (% lx g > ↗), inversion de l'asym des formes
	r2asCA	0.007 rb	39-30		sp ↘ later d
	r2aslmin	0.013 ▲	39-30	x	sp ↘ asym et later d du diam antéro-post
r2	r2aslmm	0.002 ▲	40-30	x	sp → aslmax > aslmin ↑↓ NA : aslmax < aslmin
	r2aslx	0.000 rb	39-29	x	même information que pour r2aslmin
	r2aslxy	0.001 ▲	31-26	x	même information que pour r2aslmm
r6 et 7	r76as	0.044	42-31	x	même information que pour r2aslxy
r8	r8as	0.025 rb	27-24	x	sp ↗ later d

Abréviations : rb = test sur la répartition bilatérale de l'asymétrie ; ▲ test significatif sur les moyennes et la répartition bilatérale ; ** p < 0.01 ; cpb : charge physique bilatérale ; sp : spécialisation ; later : latéralisation ; d : droit. A-MA : tests significatifs également entre agriculteurs et modérément actifs. En gris : information corrélée à une variable déjà prise en compte. Pour le détail des variables, se reporter à la planche MEMO.

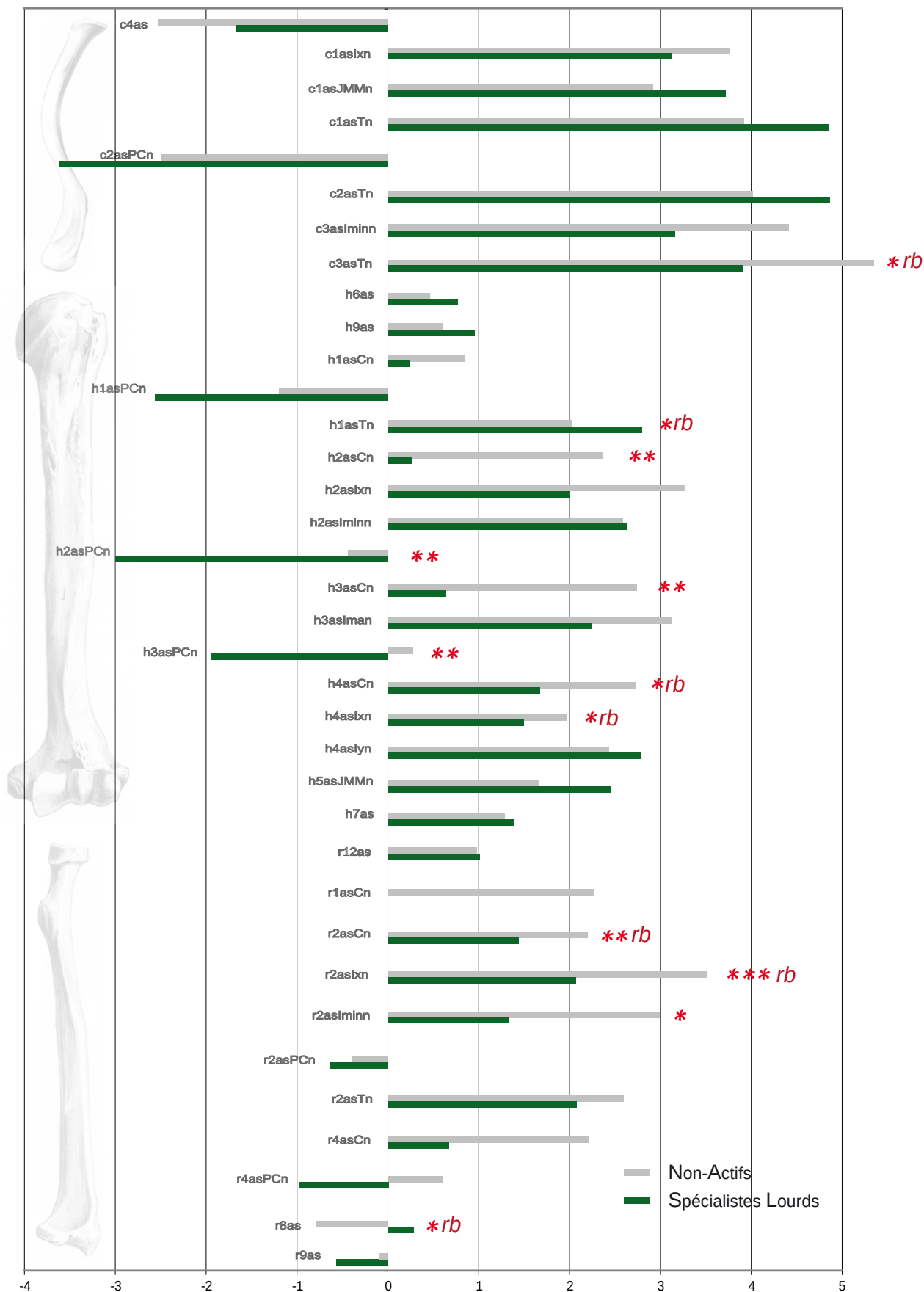


Figure 122. Profil de l'ensemble des variables établissant des différences significatives entre groupes d'activités pris 2 à 2. Variables significativement différentes entre les spécialistes lourds et le groupe des non-actifs. $p < 0.05$ *, $p < 0.01$ **, rb : significatif pour la répartition bilatérale seulement.

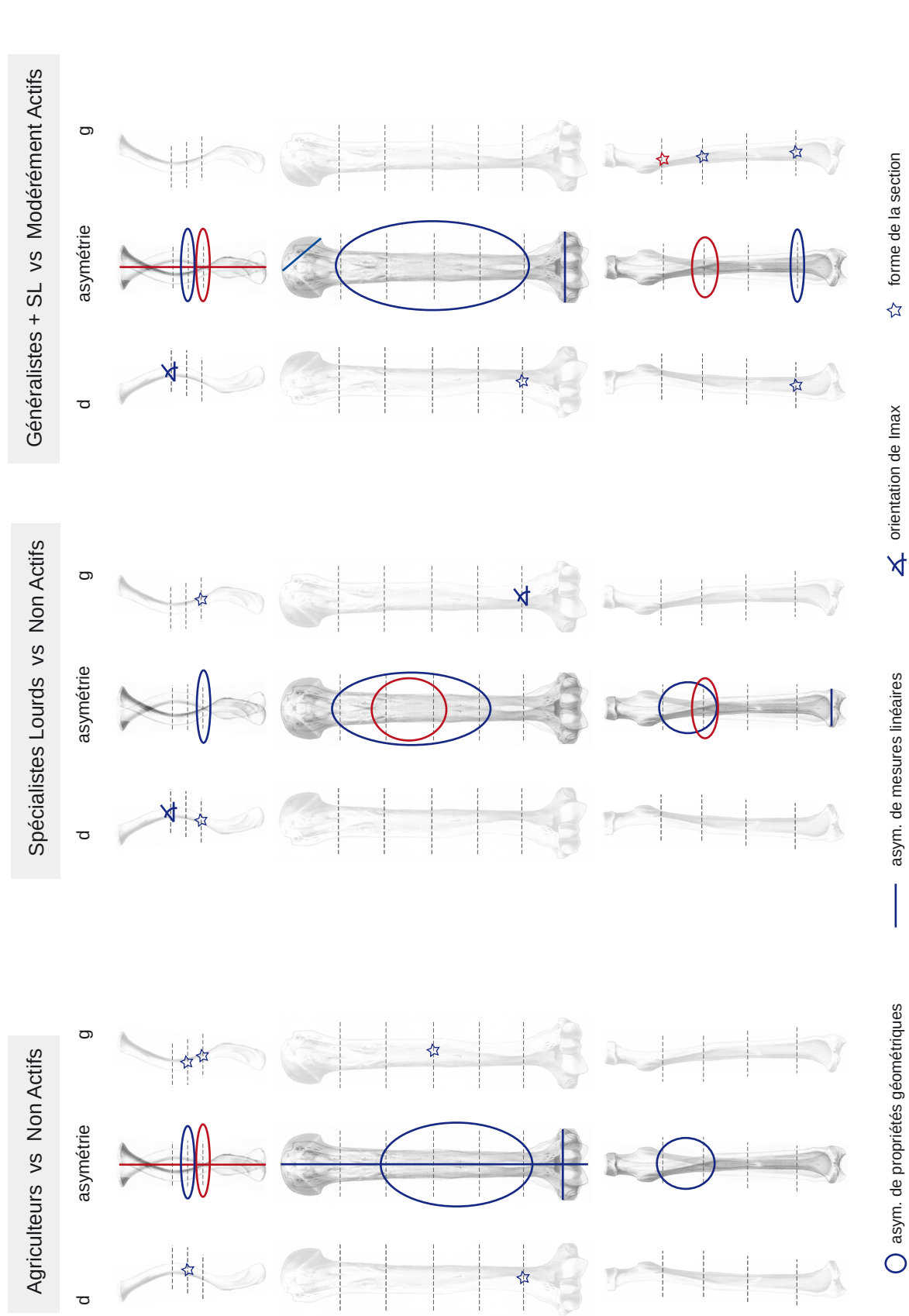


Figure 123. Mise en évidence des régions anatomiques dont la structure osseuse diffère statistiquement entre des groupes non ou peu actifs et des actifs. Bleu : $p < 0.05$; rouge : $p < 0.01$.

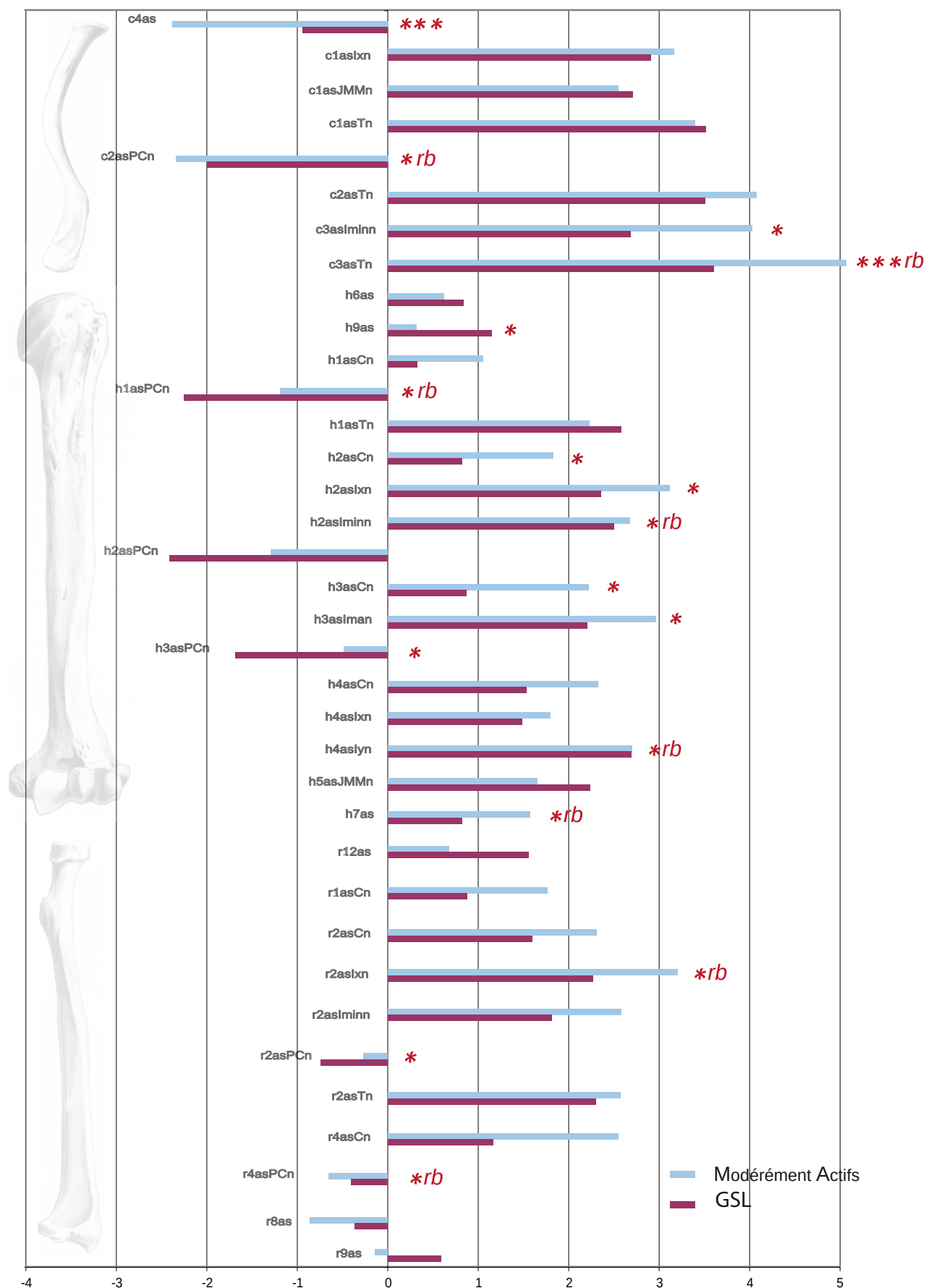


Figure 124. Profil de l'ensemble des variables établissant des différences significatives entre groupes d'activités pris 2 à 2. Variables significativement différentes entre tous les actifs (G + SL) et le groupe des modérément actifs. $p < 0.05$ *, $p < 0.01$ **, $p < 0.001$ ***, rb : significatif pour la répartition bilatérale seulement.

Figure 125. Récapitulé de l'effet de l'activité sur l'asymétrie et la géométrie des os longs : ensemble des variables statistiquement divergentes lors de la comparaison entre des agriculteurs (A) et des spécialistes (SL et S).

		A-SL		A-S		effet de l'activité
		test de t ^a	N _A - N _{SL}	test de t*	N _A - N _S	
c4	c4as		55-37	0.044 ▲	55-61	cpb ↘ asym et latér à dr
c1	c1asJMM	0.048	57-32		57-52	cpb ↘ asym
	c1asT	0.042	57-33	0.03 rb	57-54	cpb ↘ asym
c2	c2asPC	0.014	60-32		60-54	sp ↘ asym négative
	c2asT	0.042	55-33	0.031	55-56	cpb ↘ asym
h9	h9as		36-32	0.02 rb	36-52	cpb ↗ asym
h1	h1asPC	0.014 rb	67-42		67-68	cpb ↘ latér à d
h2	h2asPC	0.041 rb	69-41	0.018 rb	69-67	sp ↘ latér à d
h5	h5asImm		64-42	0.032 rb	64-68	cpb → later /max d > ↗ et later /min d > ↘
h7	h7as	0.033	47-36	0.006 ▲	47-58	cpb ↘ asym
r4	r4dth	0.012	69-40	0.006	69-65	cpg → axe principal plus antéro-postérieur
	r89as	0.005	32-21	0.004	32-31	sp ???
r8 et 9	r8as	0.042 rb	52-27		52-43	sp ↗ later d
	r9as	0.042	33-21	0.027 rb	33-31	cpb ↗ later d

rb = test sur la répartition bilatérale de l'asymétrie ; cpb : charge physique biltérale ; sp : spécialisation ; later : latéralisation ; d : droit ; a : ou test de Mann-Withney. r98as : asymétrie des rapports des diamètres r9/r8.

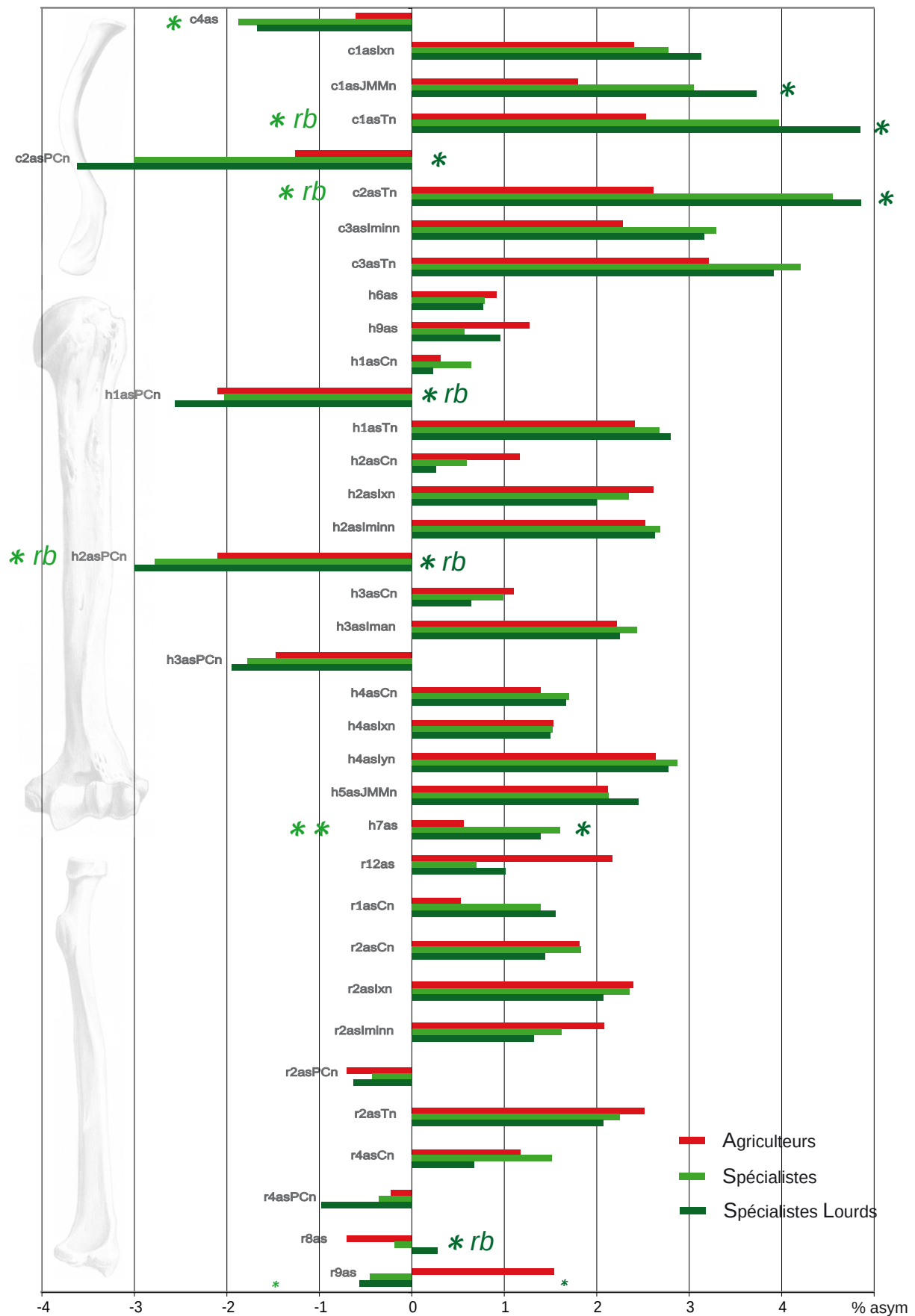
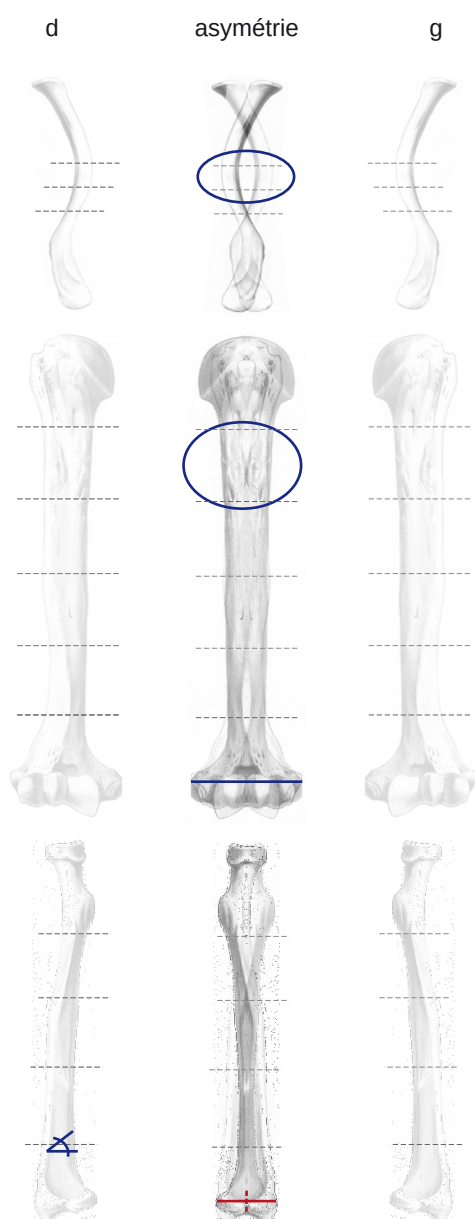


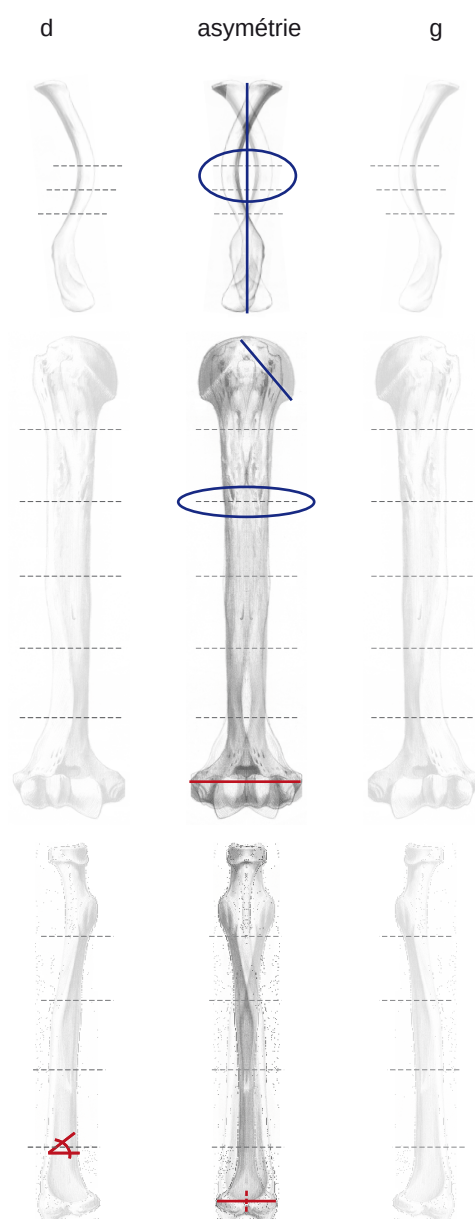
Figure 126. Profil de l'ensemble des mesures d'asymétrie établissant des différences significatives entre groupes d'activités pris 2 à 2. Variables significativement différentes entre les agriculteurs et le groupe des spécialistes (S) et (SL). $p < 0.05$ *; $p < 0.01$ **; rb : significatif pour la répartition bilatérale seulement.

Agriculteurs vs Spécialistes Lourds



- asymétrie de propriétés géométriques
- ✂ orientation de lmax

Agriculteurs vs Spécialistes



- asymétrie de mesures linéaires
- ☆ forme de la section

Figure 127. Mise en évidence des régions anatomiques dont la structure osseuse diffère statistiquement entre les groupes des agriculteurs et des spécialistes.
Bleu : $p < 0.05$; rouge : $p < 0.01$.

Figure 128. Population masculine de la collection SIMON, non sélectionnée. Mesure de l'asymétrie bilatérale des propriétés géométriques de la section à mi-hauteur de la diaphyse de l'humérus (h3) avec des variables non standardisées et standardisées (L^3 pour TA et CA , L^5.33 pour Imax, Imin et J). Calculs pour différents âges moyens au décès et par groupe d'activités.

		TA		CA		Imax		Imin		J	
		non stand	stand	non stand	stand	non stand	stand	non stand	stand	non stand	stand
pop tot	N	217	212	217	212	217	212	217	212	217	212
âge moy	moy	4.57	2.37	2.42	0.11	8.69	4.75	7.52	3.52	8.21	4.25
= 56	ds	4.45	4.85	8.63	8.77	11.18	11.33	10.57	11.24	10.11	10.49
	min	-11.01	-12.46	-24.92	-26.25	-30.10	-36.00	-19.93	-22.65	-20.30	-25.73
	max	19.16	16.32	61.93	58.08	49.81	42.69	72.24	65.61	59.94	53.02
pop tot < 70 ans	N	157	153	157	153	157	153	157	153	157	153
âge moy	moy	4.28	2.21	2.24	0.17	8.47	4.84	6.78	3.07	7.80	4.13
= 48	ds	3.86	4.56	6.01	6.60	9.33	10.08	8.52	9.71	8.03	9.04
	min	-11.01	-12.46	-15.14	-16.37	-21.58	-25.25	-19.93	-21.90	-20.30	-22.99
	max	11.89	16.32	30.80	28.95	34.13	30.87	30.59	33.53	28.98	29.73
pop tot < 50 ans	N	74	71	74	71	74	71	74	71	74	71
âge moy	moy	4.36	3.02	2.17	0.84	8.36	6.06	7.07	4.65	7.87	5.52
= 36	ds	3.15	4.18	6.09	6.21	8.92	9.13	7.43	9.06	7.23	8.10
	min	-4.08	-5.95	-15.14	-13.18	-16.43	-17.58	-10.58	-15.50	-13.88	-14.08
	max	11.34	16.32	30.80	28.95	34.13	30.87	22.03	33.53	28.98	29.73
gr A	N	78	77	78	77	78	77	78	77	78	77
âge moy	moy	4.35	1.86	1.88	-0.64	7.69	3.25	7.09	2.64	7.46	3.01
= 61.7	ds	5.08	5.04	8.43	8.73	12.11	11.87	11.71	12.08	11.29	11.28
	min	-9.46	-10.86	-19.26	-22.64	-30.10	-36.00	-19.56	-22.65	-19.74	-25.73
	max	19.16	11.12	36.76	31.80	48.53	39.90	43.05	34.31	46.47	37.79
gr SL	N	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
âge moy	moy	4.92	2.18	2.24	-0.48	9.45	4.61	8.64	3.81	9.05	4.21
= 53.6	ds	4.25	5.15	11.04	11.00	11.23	11.52	13.36	14.21	11.22	11.81
	min	-7.14	-10.79	-10.61	-16.37	-15.09	-25.25	-19.93	-20.17	-12.80	-22.99
	max	12.36	14.93	61.93	58.08	49.81	42.69	72.24	65.61	59.94	53.02
gr SI	N	27	26	27	26	27	26	27	26	27	26
âge moy	moy	6.01	3.53	3.90	0.53	11.40	6.48	10.40	5.37	11.02	6.05
= 59	ds	3.27	4.32	7.65	7.03	8.94	10.23	7.96	8.88	7.47	8.75
	min	-0.69	-5.41	-8.23	-12.27	-9.23	-17.58	-6.62	-5.07	-3.91	-12.29
	max	15.55	16.32	28.01	15.96	26.24	26.73	27.91	33.53	26.93	29.73
gr NA	N	40	38	40	38	40	38	40	38	40	38
âge moy	moy	4.18	3.13	4.25	3.48	10.28	8.84	6.80	4.91	8.88	7.25
= 54	ds	3.66	4.14	7.44	7.72	11.00	10.83	6.88	8.07	8.51	8.82
	min	-5.68	-7.89	-8.88	-8.95	-19.08	-19.08	-15.26	-14.47	-10.98	-14.82
	max	10.89	9.16	30.80	28.95	34.13	30.87	21.30	17.98	28.98	25.69

Figure 129. Indication de la géométrie des sections transverses à 50 % de la hauteur de la diaphyse de l'humérus pour quelques populations masculines publiées dans la littérature anthropologique : moyenne des rapports Ix/Iy .

échantillon	N	hum 50% : Ix/Iy ^a						bibliographie
		Ix/Iy ^a	ds/100	g	ds	d	ds	
Euroam	45	1.096	0.093					Churchill 1994, p. 230
AfroAm	50	1.146	0.12					Churchill 1994, p. 230
Aleuts	47	0.871	0.065					Churchill 1994, p. 230
AmerIn	39	0.857	0.102					Churchill 1994, p. 230
Peruvians	24	1.010	0.084					Churchill 1994, p. 230
Late U.P.	21	1.011	0.113					Churchill 1994, p. 230
Early U.P.	14	0.966	0.091					Churchill 1994, p. 230
Archaic humans	7	1.316	0.167					Churchill 1994, p. 230
Towton	25 g+d	0.949	0.144					Rhodes et Knüsel 2005
Fishergate Blade Injury	20 g+d	1.05	0.126					Rhodes et Knüsel 2005
Fishergate comparative	18 g+d	0.987	0.080					Rhodes et Knüsel 2005
CS - pop tot, âge moy = 56 ans	215			1.047	0.16	1.055	0.16	
CS - gr A	75			1.038	0.15	1.047	0.16	
CS - gr SL	45			1.058	0.17	1.057	0.13	
CS - gr SI	26			1.088	0.19	1.067	0.16	
CS - gr NA	40			1.046	0.18	1.062	0.14	

Abréviations : a : données originales Churchill 1994 : (Ix/Iy) * 100 ; g : gauche ; d : droit ; CS : collection SIMON ; gr A : agriculteurs ; gr SL : spécialistes lourds ; gr SI : spécialistes légers ; gr NA : non-actifs ;

Figure 130. Indication de la géométrie des sections transverses à 35 % de la hauteur de la diaphyse de l'humérus pour quelques populations masculines publiées dans la littérature anthropologique : moyenne des rapports Ix/Iy.

époque	échantillon	N	hum 35% : Ix/Iy						bibliographie
			moy	ds	g	ds	d	sd	
préhist	Afrique du Sud - milieu Fynbos	6			1.17	0.11	1.12	0.23	Stock et Pfeiffer 2004
	Afrique du Sud - milieu Forest	9			1.05	0.16	1.11	0.17	Stock et Pfeiffer 2004
	Néol Japon - Jomon	20			0.860	0.06	0.886	0.07	Sakaue 1998
	Néol de Ligurie (Italie)	7			1.090		1.120		Marchi et al. 1996
	Amérindiens côte géorgienne pré-cont pré-agric	12			1.01		1.01		Fresia et al. 1990
	Amérindiens côte géorgienne pré-cont agric	12			1.06		1.13		Fresia et al. 1990
	Amérindiens côte géorgienne contact agric	22			1.06		1.08		Fresia et al. 1990
histoire	Towton	25 g+d	1.10	0.207					Rhodes et Knüsel 2005
	Fishergate Blade Injury	20 g+d	1.16	0.139					Rhodes et Knüsel 2005
	Fishergate comparative	18 g+d	1.07	0.197					Rhodes et Knüsel 2005
modern	Japonais moderne	46			1.133	0.14	1.104	0.14	Sakaue 1998
	CS - pop tot, moy = 56 ans	216-220			1.203	0.15	1.155	0.14	
	CS - gr A	76			1.215	0.15	1.169	0.14	
	CS - gr SL	44			1.181	0.15	1.125	0.14	
	CS - gr SI	26			1.205	0.16	1.137	0.14	
	CS - gr NA	40			1.184	0.16	1.159	0.11	

Figure 131. Indication de la géométrie des sections le long de la diaphyse humérale : rapports des Ix/Iy (moyennes pour les deux côtés) pour les sections à 20, 35, 50, 65 et 80%. Comparaison des valeurs des échantillons de Rhodes et Knüsel (2005) avec la collection SIMON (CS).

	Rapport Ix/Iy									
	Towton		Fishergate Blade Injury (FS BI)		Fishergate comparative (FS c)		CS pop 1		CS pop 2	
	moy	ds	moy	ds	moy	ds	moy	ds	moy	ds
20%	0.576	0.151	0.548	0.130	0.610	0.138	0.604	0.115	0.595	0.112
35%	1.100	0.207	1.161	0.139	1.070	0.197	1.177	0.138	1.187	0.145
50%	0.949	0.144	1.050	0.126	0.987	0.080	1.052	0.149	1.074	0.163
65%	1.010	0.151	1.190	0.145	1.080	0.167	1.143	0.173	1.147	0.176
80%	0.900	0.130	0.938	0.131	0.909	0.124	1.005	0.122	0.999	0.115

pop 1 : échantillon total, n = 216-221, âge moyen = 56 ans, pop 2 : échantillon des individus âgés de moins de 50 ans, n = 71-75, âge moyen = 36 ans.

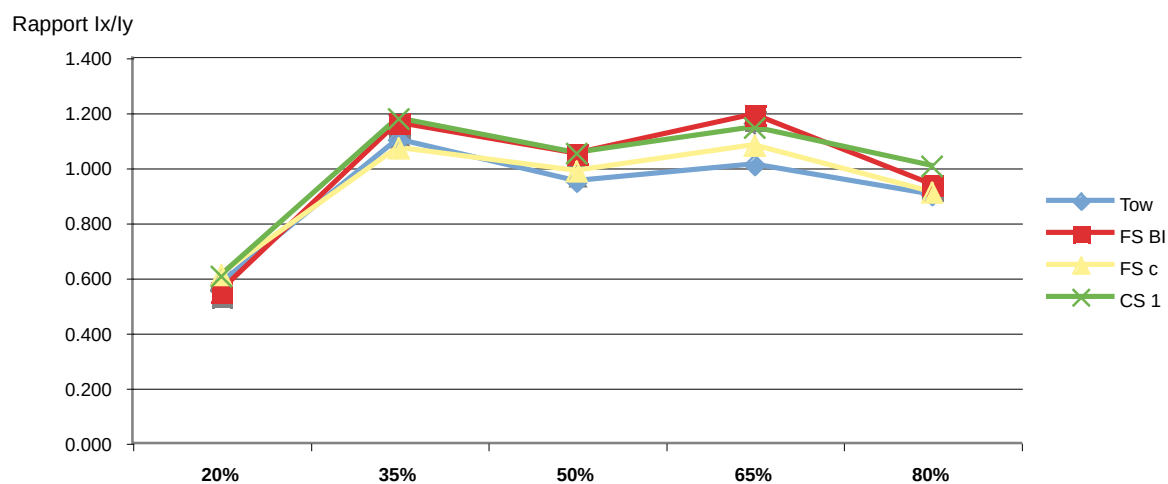


Figure 132. Indication de la géométrie des sections transverses à 50 % de la hauteur de la diaphyse de l'humérus pour quelques populations masculines provenant de la littérature : moyenne des rapports I_{max}/I_{min}. Les valeurs pour la collection SIMON sont données pour la population totale et par groupe d'activités.

humérus 50%											
	h	I _{max} /I _{min}	ds	range	g	ds	range	d	ds	range	auteurs
préhistoire	15	1.5									Ledger et al. 2000
	25 sr				2.15		1.58-3.24	2.01		1.21-2.74	Trinkaus et al. 1994
	31 "os"	1.656	0.258								Stock et Pfeiffer 2001
	42 "os"	1.563	0.217								Stock et Pfeiffer 2001
histoire	15	1.6									Ledger et al. 2000
modernes		1.49	0.17	1.18-1.89							Pearson et Grine 1996
	18	1.5									Ledger et al. 2000
	38 sr				1.71		1.22-2.46	1.59		1.25-2.03	Trinkaus et al. 1994
	221				1.48	0.21	1.01-2.1	1.50	0.21	1.04-2.3	
	79				1.52	0.21	1.05-2.0	1.53	0.21	1.04-2.2	
	44				1.44			1.45			
	27				1.54			1.55			
	41				1.41			1.48			

Abréviations : h : hommes ; g : gauche ; d : droit ; A : agriculteurs ; SL : spécialistes légers ; SI : spécialistes lourds ; NA : non-actifs.

Figure 133. Pourcentages d'aire corticale (PC) à mi-distance de la diaphyse de l'humérus relevés dans la littérature paléanthropologique. Populations masculines.

hum 50% - PCA								
	n	moy	ds	g	ds	d	ds	bibliographie
préhistoire	Hunther-gatherer sud-afric	30 g+d	76	7.0				Ledger et al. 2000
	Adaman Island	31 g+d	77.7	5.94				Stock et Pfeiffer 2001
	Later Stone Age sud-afric	42 g+d	78.22	8.13				Stock et Pfeiffer 2001
histoire	Khoisan	19	75.8	8.0				Pearson et Grine 1996
	Zulu	25	70	9.9				Pearson et Grine 1996
	Cobern Street - 18ème Cape Town	32 g+d	66	9.0				Ledger et al. 2000
modernes	Modern Sample Cape Town	36 g+d	60	12.0				Ledger et al. 2000
	US black males	43	61.8	9.2				Pearson et Grine 1996
	Pop moderne US (moy 68 ans)	15				env. 52.2 ^a		Peck et Stout 2006
	Pop moderne US (moy 64 ans)	24 f				env. 48		Peck et Stout 2006
	Pop moderne US (< 50 ans)	4 f ?				env. 65		Peck et Stout 2006
CS - différents âges moyens	CS - pop tot, âge moy = 56 ans	216			64.55	10.51	63.24	10.64
	CS - pop < 70 ans, âge moy = 48 ans	157			67.73	8.25	66.59	8.22
	CS - pop < 50 ans, âge moy = 36 ans	74			69.79	8.19	68.50	8.37
	CS - pop < 40 ans, âge moy = 30 ans	43			71.39	7.04	69.84	7.67
CS - par groupes d'activités	CS - gr G < 80, âge moy = 55.5 ans	80			65.09	9.89	64.28	9.98
	CS - gr SL, âge moy = 53.6 ans	43			66.38	11.25	63.54	10.91
	CS - gr SI, âge moy = 58.6 ans	27			62.65	12.93	62.03	12.87
	CS - gr NA, âge moy = 53.4 ans	40			65.40	10.05	65.37	9.53

abréviations: g : gauche, d : droite, a : valeurs approximatives reprises d'une illustration, G : généralistes, SL : Spécialistes lourds, SI : Spécialistes légers, NA: non-actifs.

Figure 134. Collection SIMON. Évolution du pourcentage d'aire corticale (PC) à mi-distance de la diaphyse humérale (h3) en fonction de l'âge.

	classes d'âges	n	moy	ds	se	95% Confidence Interval for Mean		min	max
						Lower Bound	Upper Bound		
gauche	20-29	21	70.85	7.66	1.67	67.36	74.33	55.23	82.54
	30-39	23	71.89	6.57	1.37	69.05	74.73	53.11	81.57
	40-49	30	67.44	9.26	1.69	63.99	70.90	40.14	82.25
	50-59	50	66.45	7.74	1.09	64.25	68.65	46.08	77.61
	60-69	33	65.03	8.22	1.43	62.12	67.95	41.12	79.83
	70-79	43	57.54	11.91	1.82	53.88	61.21	29.57	79.82
	80 et plus	16	52.23	8.34	2.08	47.79	56.68	29.68	65.70
	Total	216	64.55	10.51	0.72	63.14	65.96	29.57	82.54
droit	20-29	20	69.67	7.90	1.77	65.97	73.36	53.00	82.38
	30-39	23	69.99	7.64	1.59	66.69	73.30	46.42	79.72
	40-49	32	66.72	8.92	1.58	63.51	69.94	48.87	85.24
	50-59	51	65.41	7.89	1.10	63.19	67.62	43.42	79.60
	60-69	34	64.15	7.70	1.32	61.47	66.84	41.74	76.57
	70-79	42	56.09	11.43	1.76	52.53	59.66	33.99	76.37
	80 et plus	16	48.55	8.58	2.15	43.98	53.12	26.47	59.75
	Total	218	63.25	10.65	0.72	61.83	64.67	26.47	85.24

Figure 135. Pourcentages d'aire corticale (%CA) utilisés pour évaluer la classe d'âge à laquelle le pic de masse osseuse est atteint - sans standardisation - dans la population masculine de la collection SIMON.

humérus										radius										
âges	n	h1		h2		h3		h4		h5		n	r1		r2		r3		r4	
		g	d	g	d	g	d	g	d	g	d		g	d	g	d	g	d	g	d
20-29	20-21		x	x							20-21									
30-39	22-23	x	x								21									
40-49	30-32										24-27									
50-59	50-51										45-47									
60-69	33-34										30									
70-79	41-43										36-37									
80 et +	15-16										14									

Figure 136. Compilation des valeurs d'asymétrie de l'humérus à mi-hauteur de la diaphyse de tous lieux et toutes époques. Moyennes et déviations standard des asymétries de L (longueur), TA, CA, Ix, Iy, J.

Auteurs	échantillons	subdivisions	stand	formule d'asymétrie	N	humérus - section à 35%						
						L	TA	CA	Ix	Iy	J	Ix/Iy
Stock et Pfeiffer 2004	Néol en Afrique du Sud	milieu Fynbos	vs2	(max-min)/min * 100	6-5	moy ds	7.58	10.8			15.23	
							1.96	4.19			3.79	
Stock et Pfeiffer 2004	Néol en Afrique du Sud	milieu Forest	vs2	(max-min)/min * 100	9-7	moy ds	23.41	9.54			33.87	
							19.02	6.41			12.01	
Sakaue 1998	Néol Japon Jomon	vns		(max-min)/min * 100	20	moy		5.384	8.774	6.861	7.004	5.69
								1.29	3.51	0.65	2.04	2.79
Marchi et al. 2006	Néol VBC ligure	vs3		(R-L)/(R + L/2)*100	6-4	moy ?		8.03			15.8	
Fresia et al. 1990	Amérindiens côte géorgienne	pré-cont pré-agric pré-cont agric contact agric	vns	(R-L)/R *100	6	moy	4.50	15.00	6.80	6.60	6.70	0.00
					11	moy	2.90	9.90	1.40	8.10	5.00	6.20
					9	moy	0.90	9.20	-1.80	0.80	-0.40	1.80
Wescott et Cunningham 2006	Arikara (1500-1845 A.D.) South-Dakota	Extended coalescent			44	moy	6.2	5.6	15.0	9.6	11.0	11.0
						ds	4.7	3.2	10.0	7.4	8.3	8.1
		Post-cont coalescent	vs1	100 * (abs(R-L))/((R+L)/2)	66	moy	7.7	6.6	18.0	12.0	14.5	11.1
		Disorganized coalesec			17	ds	4.6	5.1	10.7	8.9	8.7	7.8
Weiss 2005	prisonniers guerre Québec 18e		vs4	(max-min)/min * 100	8	moy	7.8	8.9	20.6	15.8	17.4	17.1
						ds	7.3	7.7	15.5	13.6	14.2	9.4
Sakaue 1998	Japonais modernes		vns	(max-min)/min * 100	46	moy	2.83	2.76	8.02	5.85	6.59	
						SE	1.49	4.01	3.1	4.87	2.45	
Weiss 2005	Modernes (New Mexico)		vs4	(max-min)/min * 100	26	moy		4.440	7.480	10.765	8.099	10.151
						moy		1.944	3.445	5.783	4.755	-3.365
Weiss 2005				(R-L)/R * 100		moy						
						SE						
Weiss 2005				(max-min)/min * 100		moy	2.13	0.18	2.27	4.55	3.54	
						SE	1.74	2.69	5.32	2.67	3.72	

suite page suivante

Figure 136 (suite). Compilation des valeurs d'asymétrie de l'humérus à mi-hauteur de la diaphyse rapportées dans la littérature anthropologique, données de tous lieux et toutes époques. Moyennes et déviations standard des asymétries de L (longueur), TA, CA, Ix, Iy, J.

Auteurs	échantillons	subdivisions	stand	formule d'asymétrie	N	humérus - section à 35%						
						L	TA	CA	Ix	Iy	J	Ix/Iy
Trinkaus et al. 1994 in Rhodes et Knüsel 2005	Joueurs de tennis			(max-min)/min * 100	45 h + f	median min max		33.9 17.2 68.40			56.6 13.6 118.20	
				(R-L)/(R + L/2)*100	216	moy ds	0.71 1.05	4.15 5.42	3.03 7.28	5.19 9.20	9.32 11.12	-4.41 8.70
		CS population totale âge moyen = 56 ans	vns	(max-min)/min * 100	218	moy ds	1.03 0.76	5.15 3.38	6.04 7.25	9.19 7.61	13.15 10.15	10.34 8.01 6.60
				(max-min)/min * 100	212	moy ds		4.54 3.25	6.03 6.07	9.60 7.76	11.24 9.15	9.14 7.33
				(R-L)/(R + L/2)*100	76	moy ds	0.45 1.05	3.90 3.43	3.31 4.24	5.98 7.49	9.10 9.14	7.41 6.89 9.45
		CS population totale âge moyen = 36 ans	vns	(max-min)/min * 100		moy ds	0.94 0.68	4.77 2.75	5.13 5.65	8.99 6.47	12.28 7.93	9.75 5.95 6.82
				(max-min)/min * 100		moy ds		4.13 3.28	4.70 4.94	9.74 8.12	10.21 6.25	8.28 6.55
				(R-L)/(R + L/2)*100	68	moy ds	0.56 1.06	3.78 3.86	3.83 6.60	5.87 8.37	9.29 9.06	7.41 7.76 7.94
		CS groupe MA âge moyen = 55 ans	vns	(max-min)/min * 100		moy ds	0.95 0.73	4.83 2.96	6.53 7.37	9.76 6.75	12.31 8.18	10.45 6.47 6.23
				(max-min)/min * 100	64	moy ds		4.41 3.39	6.00 6.08	10.45 8.16	11.13 7.54	9.62 7.27
			vs1									

Abréviations: stand = standardisation, vs1: variables standardisées par L^3 pour TA et CA et L^5.33 pour I et J, vs2: variables standardisées par body mass pour TA et CA et body mass x L pour I et J, vs3: variables standardisées par body mass pour TA et C.

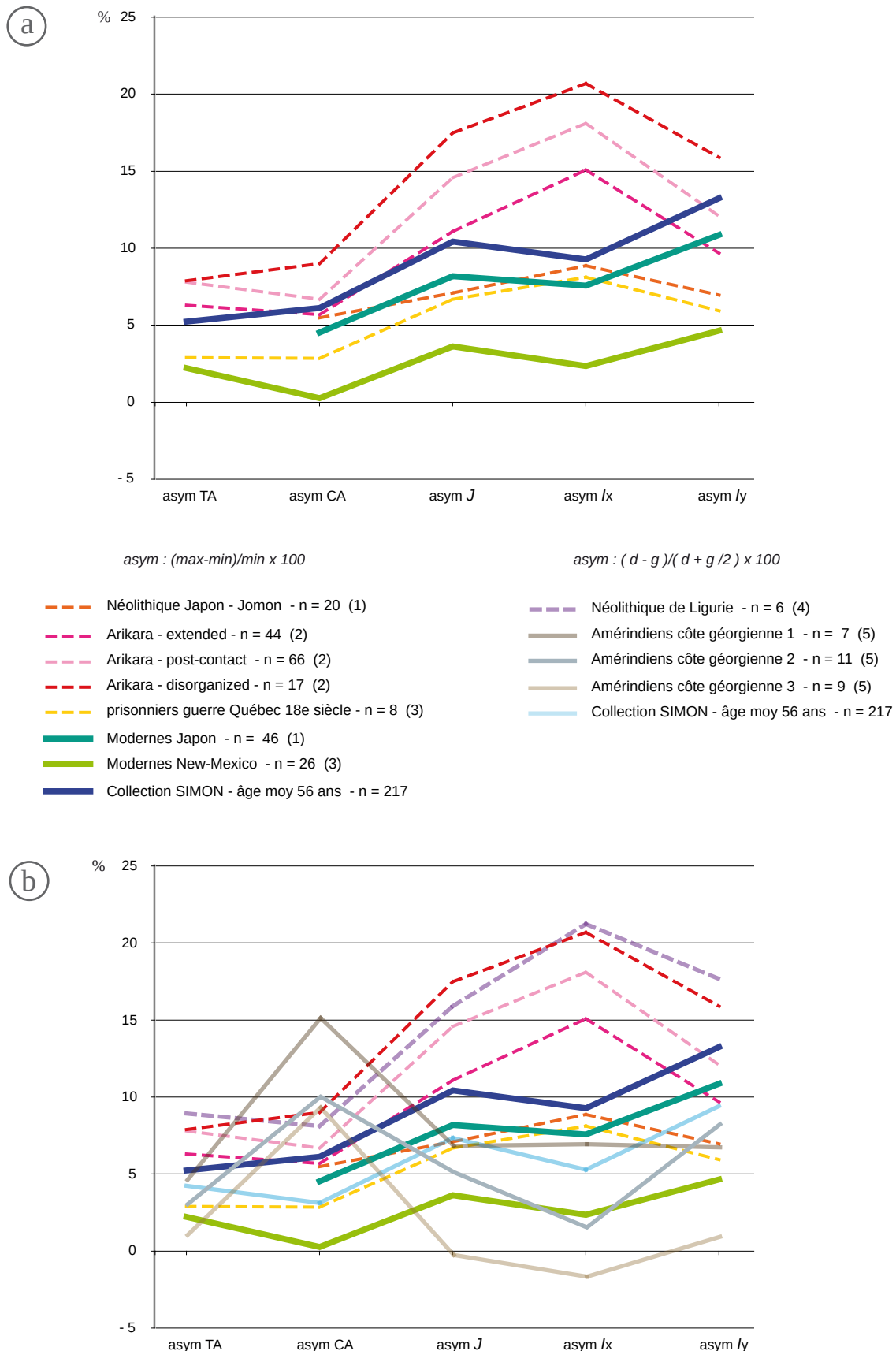


Figure 137. Moyenne de l'asymétrie de TA, CA, J, Ix et Iy à 35% de la hauteur de la diaphyse de l'humérus. Populations masculines (détails figure 8.9). **a** L'asymétrie a été calculée avec une formule ne tenant pas compte de la direction. **b** Même représentation à laquelle ont été ajoutées les populations dont l'asymétrie des propriétés a été calculée avec une formule tenant compte de la direction. Traits-tillés : l'asymétrie de Ix est plus grande que Iy, c'est l'inverse pour les traits pleins. (1) Sakaue 1998, (2) Wescott & Cunningham 2006 - populations 1500-1845 AD - Dakota du Sud, (3) Weiss 2005, (4) Marchi et al. 2006, (5) Fresia et al. 1990 : 1 : pré-contact pré-agriculture ; 2 : pré-contact agriculture ; 3 : post-contact agriculture.

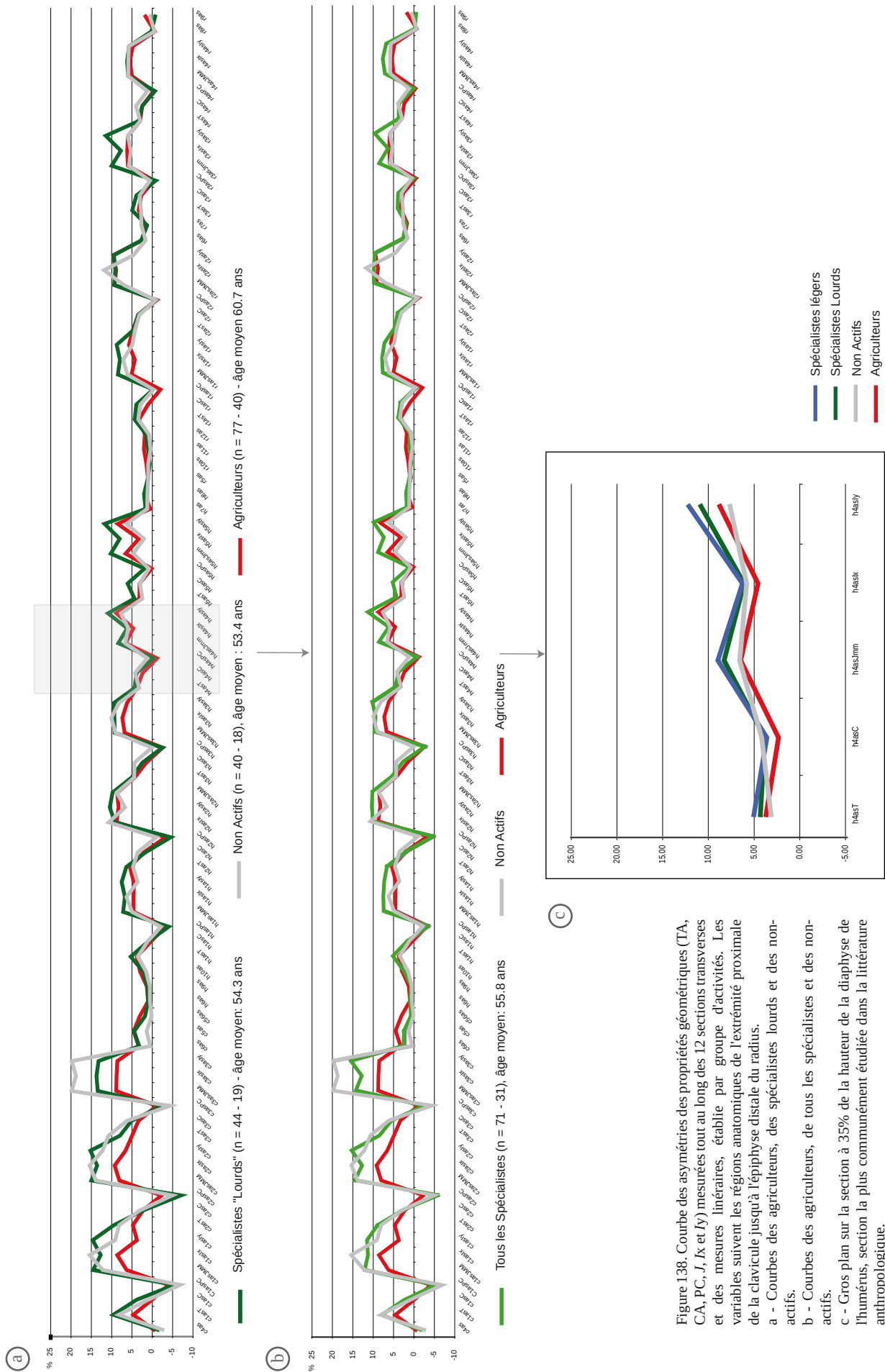


Figure 138. Courbe des asymétries des propriétés géométriques (TA, CA, PC, J, fx et fy) mesurées tout au long des 12 sections transverses et des mesures linéaires, établie par groupe d'activités. Les variables suivent les régions anatomiques de l'extrémité proximale de la clavicule jusqu'à l'épiphyse distale du radius.

a - Courbes des agriculteurs, des spécialistes lourds et des non-actifs.

b - Courbes des agriculteurs, de tous les spécialistes et des non-actifs.

c - Gros plan sur la section à 35% de la hauteur de la diaphyse de l'humérus, section la plus communément étudiée dans la littérature anthropologique.

Figure 139. Légende voir fig. 141

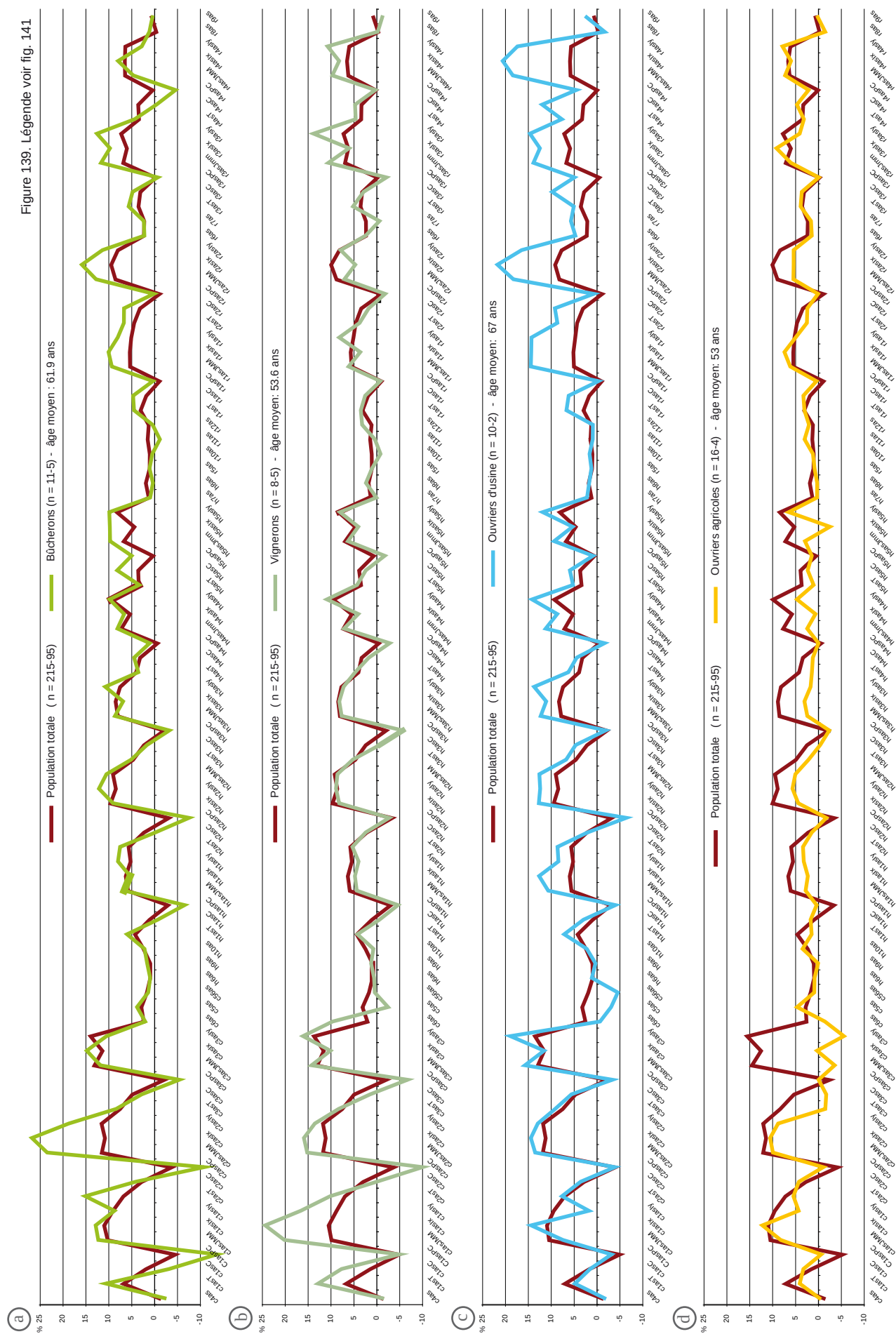
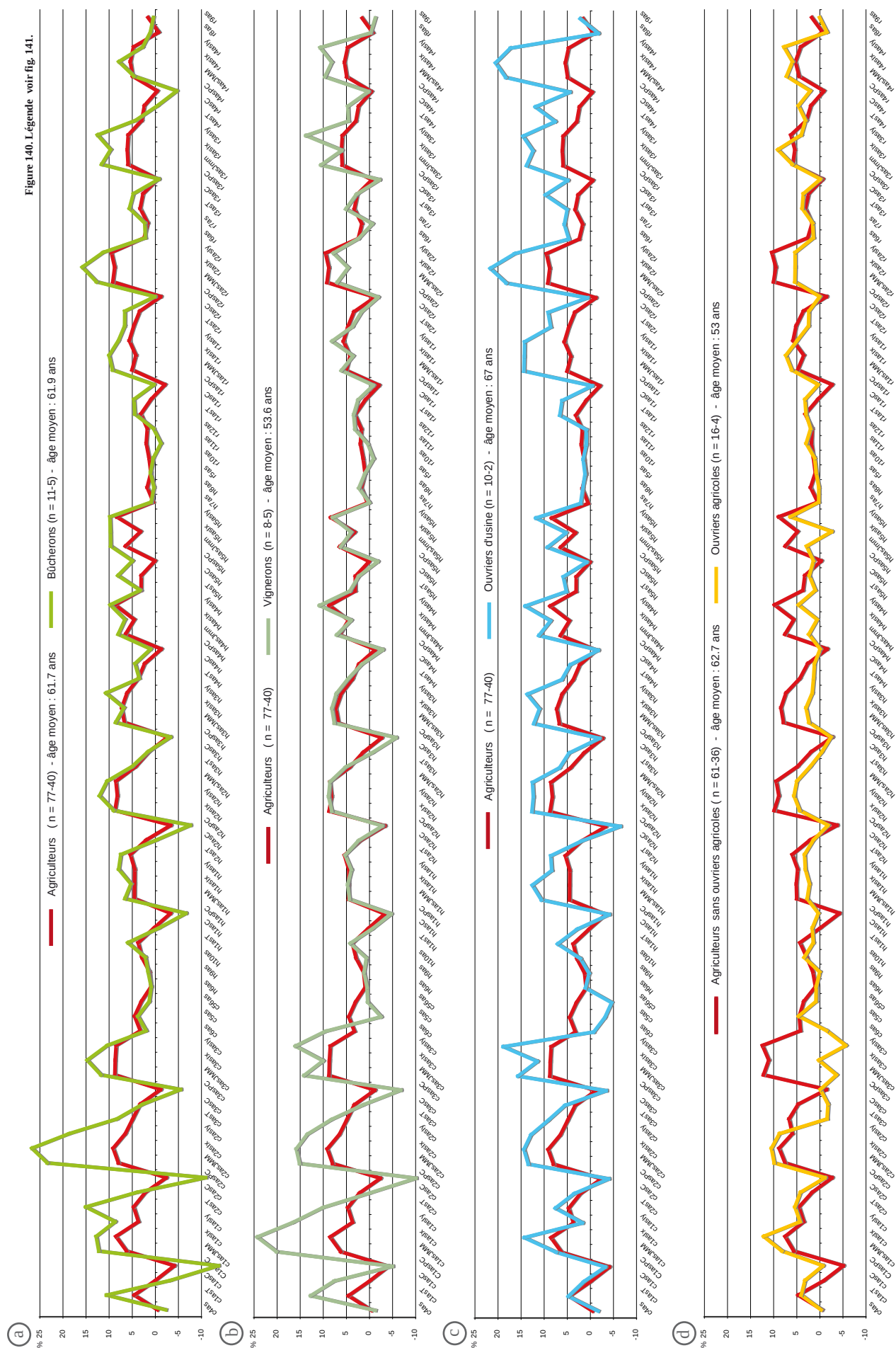


Figure 140. Légende voir fig. 141.



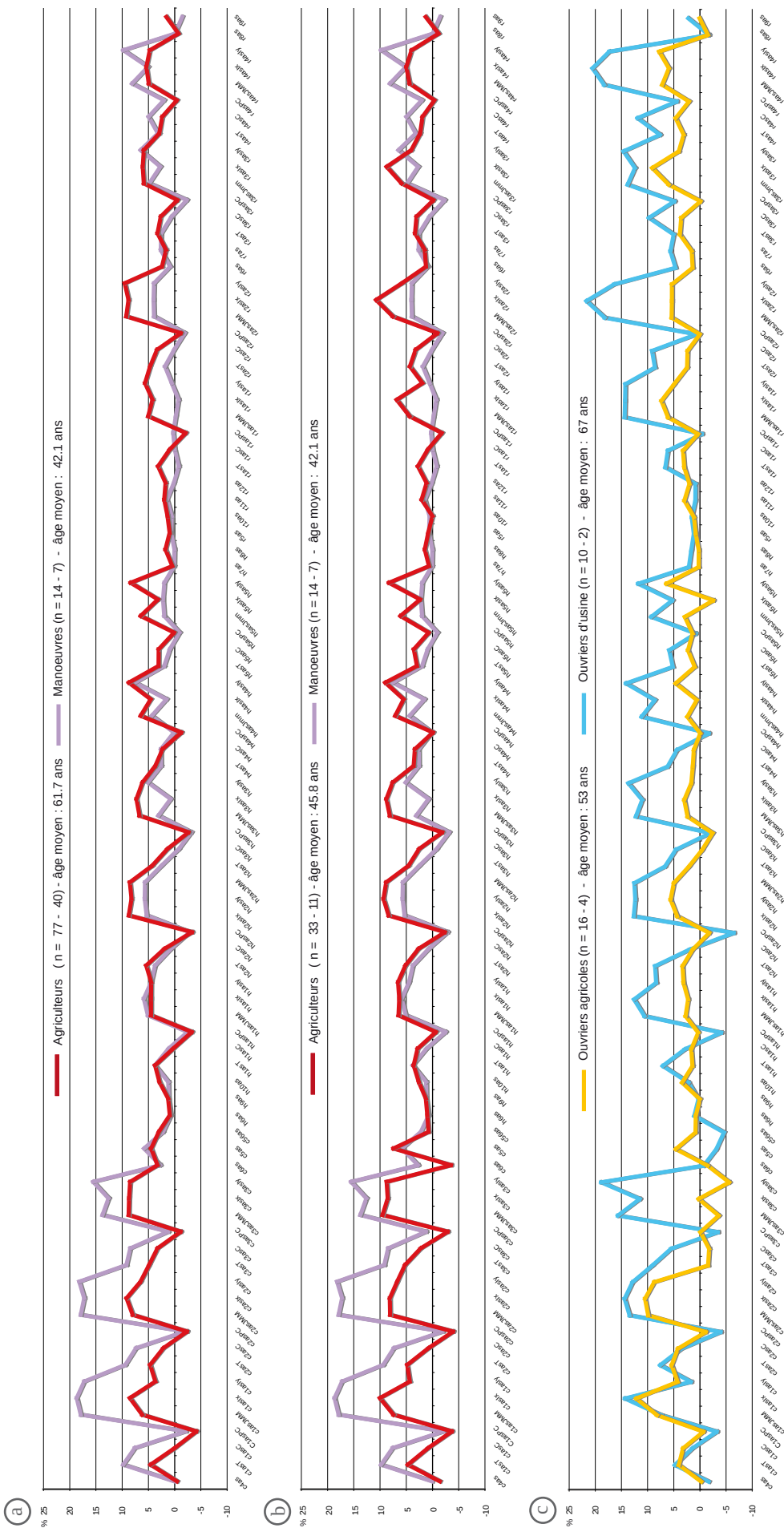


Figure 141. Profils des asymétries des propriétés géométriques (TA, CA, PC, J, Ix et Iy) mesurées tout au long des 12 sections transverses et des mesures linéaires. De gauche à droite, les variables suivent les régions anatomiques de l'extrémité proximale de la clavicule jusqu'à l'épiphyse distale du radius.

a - Profil établi pour le groupe des manoeuvres comparé au groupe complet des agriculteurs dont l'âge moyen atteint 61.7 ans.

b - Profil établi pour le groupe des manoeuvres comparé à un groupe sélectionné des agriculteurs de manière à ce que l'âge moyen au décès soit proche de celui des manoeuvres.

c - Profil des ouvriers agricoles comparé à celui des ouvriers d'usines, les deux groupes d'actifs offrant les schémas les plus contrastés des groupes examinés. Se reporter à la table MEMO pour le décodage des variables.

Figure 139. Profils des asymétries des propriétés géométriques (TA, CA, PC, J, Ix et Iy) mesurés tout au long des 12 sections transverses et des mesures linéaires. De gauche à droite, les variables suivent les régions anatomiques de l'extrémité proximale de la clavicule jusqu'à l'épiphyse distale du radius. Comparaisons de la population totale avec a. les bûcherons ; b. les vignerons ; c. les ouvriers d'usine ; d. les ouvriers agricoles.

Figure 140. Profils des asymétries des propriétés géométriques (TA, CA, PC, J, Ix et Iy) mesurés tout au long des 12 sections transverses et des mesures linéaires. De gauche à droite, les variables suivent les régions anatomiques de l'extrémité proximale de la clavicule jusqu'à l'épiphyse distale du radius. Comparaisons du groupe des agriculteurs avec a. les bûcherons ; b. les vignerons ; c. les ouvriers d'usine ; d. les ouvriers agricoles.

ANNEXES au chapitre 5

Lexique pour le chapitre calibration

BMD : bone mineral density (g/cm^2) = densité osseuse

BMC : bone mineral content (g) = contenu minéral osseux

vBMD : volumetric bone mineral density (g/cm^3) = densité osseuse volumétrique

CT number : Les valeurs numériques « discrétisées », correspondant à l'intensité moyenne du signal mesurée dans le volume élémentaire sont reportées sur le pixel correspondant. Ces valeurs sont représentées par une échelle de niveaux de gris ou par un code conventionnel de couleurs (Braga & Hublin 2005)

DICOM : format des fichiers d'imagerie médicale

Interpolation : est une technique graphique permettant d'augmenter la résolution graphique d'un jeu donné, sans pour autant obtenir une pixellisation plus importante. L'algorithme d'interpolation est chargé de compléter les informations manquantes lors du redimensionnement de l'image en interpolant les valeurs de chaque paire de pixel. ...(artofwar.free.fr/pages_du_site/lexique.php)

HU : unités Hounsfield. Echelle d'unités de la densité relative d'un organe - échelle comprenant 2000 unités (ou jusqu'à un peu plus de 4000 pour les scanners actuels), l'eau étant la valeur de référence 0 (Jackson & Thomas 2005). En terme de caractéristiques d'images, cela revient à une traduction des propriétés des organes en unités de gris

Fenêtre : on appelle fenêtre la plage de densité étudiée. On la caractérise par sa largeur d'ouverture (L) et son niveau (N). (<http://runphym.free.fr/NewFiles/scan.html>). Equivalents des termes en anglais : window ; window width (WW) et window level (WL)

Fenêtrage : le scanner permet de projeter une fraction de l'échelle de densité sur toute l'échelle de gris de l'écran vidéo grâce à la fonction de fenêtrage (redistribution des niveaux de gris) (<http://runphym.free.fr/NewFiles/scan.html>)

Largeur d'ouverture : voir sous fenêtre

Niveau : voir sous fenêtre

Os fantôme : terme entendu pour parler d'un objet élaboré, manufacturé, dans le but de la calibration d'une application. Cet objet a les caractéristiques et les propriétés de l'organe ciblé et on en connaît tous les paramètres

Seuil : terme équivalent à niveau central de la fenêtre

Volume partiel : indication partielle de la densité HU d'un pixel donné selon le maillage de l'acquisition

WL : voir sous fenêtre

WW : voir sous fenêtre

Annexe 5.1. Evaluation statistique de la précision de la mesure des échantillons sciés. Résultats de tests de t pairés pour deux séries de mesures de la section du radius AR (N=30).

Tests de t pairés :

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference			
					Lower	Upper		
TA	TASS1 - TASS2	-0.0793	0.38024	0.06942	-0.2213	0.0627	-1.143	29
CA	CASS1 - CASS2	-0.017	0.51156	0.0934	-0.208	0.174	-0.182	29
Ix	IXSS1 - IXSS2	-1.9237	4.98738	0.91057	-3.786	-0.0613	-2.113	29
Iy	IYSS1 - IYSS2	0.0907	12.10136	2.2094	-4.4281	4.6094	0.041	29
I_{max}	IMASS1 - IMASS2	-0.4497	12.3839	2.26098	-5.0739	4.1746	-0.199	29
I_{min}	IMISS1 - IMISS2	-1.3833	5.04145	0.92044	-3.2658	0.4992	-1.503	29
Zx	ZXSS1 - ZXSS2	-0.3913	1.0343	0.18884	-0.7775	-0.0051	-2.072	29
Zy	ZYSS1 - ZYSS2	0.1783	1.59557	0.29131	-0.4175	0.7741	0.612	29
Max x rad	MXSS1 - MXSS2	-0.008	0.04318	0.00788	-0.0241	0.0081	-1.015	29
Max y rad	MYSS1 - MYSS2	0.004	0.03233	0.0059	-0.0081	0.0161	0.678	29

Abréviations : SS1 1ère observation ; SS2 : 2ème observation. Propriétés géométriques qui ne sont utilisées que pour la calibration : Zx = I/x ; Zy = I/y ; Max x rad = rayon dans l'axe x ; Max y rad = rayon dans l'axe y.

Annexe 5.2a. Echantillon archéologique (AR) - données brutes et pourcentage de différence (diff) entre les sections scélées et CT scannées pour différents seuils HU. Propriétés géométriques évaluées : TA, CA, Imax et Imin. N = 30

	sections scélées					400 HU					500 HU					600 HU					
	TA	CA	Imax	Imin		TA	diffTA	CA	diffCA	Imax	diffImax	Imin	diffImin	TA	diffTA	CA	diffCA	Imax	diffImax	Imin	diffImin
humérus																					
hCT6-c1	313.26	260.04	7907.52	7487.13		314.41	0.37	257.48	-0.98	7932.28	0.31	7509.79	0.30	313.21	-0.02	254.43	-2.16	7805.21	-1.29	7431.21	-0.75
hCT7-c1	250	190.38	5199.3	4324.9		251.18	0.47	190.43	0.03	5219.32	0.39	4372.54	1.10	250.15	0.06	188.26	-1.11	5147.59	-0.99	4328.35	0.08
hCT8-c1	235.23	129.89	3669.66	3234.09		237.1	0.79	125.8	-3.15	3874.82	0.13	3157.98	-2.35	235.71	0.20	122.84	-5.43	3788.35	-2.10	3080.78	-4.74
hCT9-c1	288.11	224.85	7010.37	5846.46		288.73	0.22	222.16	-1.20	6999.13	-0.16	5833.85	-0.22	287.72	-0.14	220.09	-2.12	6925.31	-1.21	5789.68	-0.97
hCT10-c1	264.3	218.49	5974.52	4970.28		267.26	1.12	221.46	1.36	6129.52	2.59	5059.88	1.80	266.21	0.72	219.12	0.29	6068.89	1.58	5004.8	0.69
hCT6-c2	324.81	261.07	8765.79	7640.17		326.32	0.46	262.03	0.37	8881.35	1.32	7667.52	0.36	324.84	0.01	259.31	-0.67	8777.88	0.14	7590.07	-0.66
hCT7-c2	259.09	190.88	5376.08	4637.55		260.8	0.66	192.22	0.70	5469.67	1.74	4688.16	1.09	259.64	0.21	190.2	-0.36	5408.47	0.60	4631.33	-0.13
hCT8-c2	244.57	123.91	4372.2	3017.67		248.39	1.56	126.37	1.99	4457.05	1.94	3164.87	4.88	247.11	1.04	123.72	-0.15	4363.12	-0.21	3099.94	2.73
hCT9-c2	290.96	233.17	7558.71	5670.27		293.53	0.88	225.85	-3.14	7507.63	-0.68	5728.97	1.04	292.44	0.51	223.27	-4.25	7426.61	-1.75	5669.88	-0.01
hCT10-c2	269.64	214.49	6469.08	4816.45		271.92	0.85	217.99	1.63	6609.58	2.17	4908.03	1.90	270.77	0.42	215.77	0.60	6533.04	0.99	4860.93	0.92
hCT6-c3	337.11	264.18	10424.5	7177.28		341.25	1.23	263.49	-0.26	10655.4	2.21	7282.65	1.47	340.02	0.86	261.06	-1.18	10558.4	1.28	7212.4	0.49
hCT7-c3	274.25	188.91	6307.51	4662.33		276.94	0.98	190.82	1.01	6446.12	2.20	4743.47	1.74	275.99	0.63	188.76	-0.08	6379.05	1.13	4694.42	0.69
hCT8-c3	266.79	126.39	5572.66	3004.88		268.07	0.48	126.19	-0.16	5590.4	0.32	3046.91	1.40	266.6	-0.07	123.32	-2.43	5469.22	-1.86	2970.58	-1.14
hCT9-c3	308.55	231.96	8646.95	5949.49		311.99	1.11	228.83	-1.35	8676.92	0.35	6067.67	1.99	310.46	0.62	225.48	-2.79	8546.64	-1.16	5988.93	0.66
hCT10-c3	272.1	223.75	7219.59	4591.97		274.26	0.79	225.01	0.56	7311.61	1.27	4655.72	1.39	273.16	0.39	222.84	-0.41	7241.49	0.30	4609.33	0.38
hCT6-c4	380.01	284.37	12995.6	8926.59		383.25	0.85	282.69	-0.59	12885.3	-0.85	9211.49	3.19	381.69	0.44	279.72	-1.64	12740	-1.97	9115.37	2.11
hCT7-c4	312.23	207.04	8016.63	5963.4		315.29	0.98	206.09	-0.46	8070.19	0.67	6082.97	2.01	313.95	0.55	203.45	-1.73	7966.42	-0.63	6004.69	0.69
hCT8-c4	288.44	147.32	6557.6	3761.38		291.64	1.11	142.68	-3.15	6364.47	-2.95	3801.71	1.07	289.83	0.48	121.72	-17.38	5468.38	-16.61	3497.81	-7.01
hCT9-c4	345.1	259.56	12081.3	6676.39		347.22	0.61	243.33	-6.25	11622.6	-3.80	6672.09	-0.06	345.6	0.14	239.13	-7.87	11437	-5.33	6572.14	-1.56
hCT10-c4	277.12	223.45	7561.38	4629.13		278.84	0.62	223.43	-0.01	7509.82	-0.68	4755.43	2.73	277.7	0.21	221.48	-0.88	7435.99	-1.66	4707.39	1.69
hCT6-c5	420.62	285.45	13133.8	12222		427.34	1.60	284.93	-0.18	13410.2	2.10	12533.8	2.55	425.51	1.16	280.34	-1.79	13207.5	0.56	12331.9	0.90
hCT7-c5	324.3	205.93	7975.48	6841.55		325.15	0.26	200.68	-2.55	7820.52	-1.94	6778.82	-0.92	323.75	-0.17	197.68	-4.01	7709.26	-3.34	6673.5	-2.46
hCT8-c5	311.39	140.23	6165.75	4621.86		314.3	0.93	140.64	0.29	6296.65	2.12	4678.7	1.23	312.69	0.42	137.25	-2.13	6150.99	-0.24	4562.95	-1.27
hCT9-c5	362.67	259.86	10990.8	8542.3		366.01	0.92	254.11	-2.21	11003.9	0.12	8599.36	0.67	364.33	0.46	247.76	-4.66	10803.7	-1.70	8422.5	-1.40
hCT10-c5	284.61	225.64	7397.16	5244.82		286.4	0.63	225.19	-0.20	7398.93	0.02	5354.57	2.09	285.03	0.15	223	-1.17	7317.65	-1.07	5291.61	0.89
hCT6-c6	436.07	257.26	13658.5	11690.4		440.88	1.10	262.21	1.92	14069.3	3.01	11977.2	2.45	439.25	0.73	259.07	0.70	13882.6	1.64	11848.2	1.35
hCT7-c6	342.73	189.17	7784.65	7367.84		348.04	1.55	195.42	3.30	8212.83	5.50	7590.2	3.02	346.76	1.18	192.74	1.89	8103.92	4.10	7488.03	1.63
hCT8-c6	329.01	122.06	5902.94	4611.3		329.91	0.27	123.76	1.39	5984.3	1.38	4667.16	1.21	328.44	-0.17	120.78	-1.05	5846.44	-0.96	4549.77	-1.33
hCT9-c6	356.41	225.18	9322.37	8338.99		359.51	0.87	227.16	0.88	9455.29	1.43	8514.2	2.10	358.08	0.47	223.43	-0.78	9314.9	-0.08	8388.81	0.60
hCT10-c6	285.83	217.63	7060.53	5466.51		288.04	0.77	221.77	1.90	7199.67	1.97	5582.54	2.12	286.6	0.27	219.45	0.84	7115.01	0.77	5513.4	0.86

Annexe 5.2b. Echantillon archéologique (AR) - données brutes et pourcentage de différence (diff) entre les sections sciées et CT scannées pour différents seuils HU. Propriétés géométriques évaluées : TA, CA, Imax et Imin. N = 30.

radius	sections sciées				550 HU						600 HU						700 HU											
	TA	CA	Imax	Imin	TA	diffTA	CA	diffCA	Imax	diffImax	Imin	diffImin	TA	diffTA	CA	diffCA	Imax	diffImax	Imin	diffImin	TA	diffTA	CA	diffCA	Imax	diffImax	Imin	diffImin
rCT6-c1	91.44	71.95	776.02	528.04	92.12	0.74	72.78	1.15	787.54	1.48	537.31	1.76	91.63	0.21	72.14	0.26	780.4	0.57	529.5	0.28	91.19	-0.27	71.42	-0.74	773.4	-0.34	522.3	-1.08
rCT7-c1	124.68	104.71	1655.52	921.34	124.68	0.00	104.43	-0.27	1634.27	-1.46	928.37	0.76	124	-0.53	103.7	-1.00	1619	-2.39	917.2	-0.45	123.5	-0.95	102.7	-1.90	1604	-3.29	907.5	-1.51
rCT8-c1	127.68	91.56	1544.95	943.99	128.39	0.56	90.88	-0.74	1537.22	-0.50	955.56	1.23	128	0.24	90.13	-1.56	1522	-1.50	948.4	0.46	127.6	-0.09	88.86	-2.95	1502	-2.78	938.7	-0.56
rCT9-c1	143.01	93.42	1733.72	1199.96	143.84	0.58	95.46	2.18	1754.63	1.21	1229.53	2.46	143	-0.01	94.37	1.02	1730	-0.19	1211	0.92	142.3	-0.52	92.94	-0.51	1704	-1.74	1193	-0.62
rCT10-c1	100.26	79.33	1012.56	582.81	97.23	-3.02	76.88	-3.09	960.32	-5.16	546.85	-6.17	96.54	-3.71	75.98	-4.22	946.8	-6.49	537.4	-7.79	95.72	-4.53	74.68	-5.86	930.2	-8.14	525.8	-9.78
rCT6-c2	86.94	72.82	764.36	464.76	86.61	-0.38	73.97	1.58	755.06	-1.22	468.54	0.81	86.2	-0.85	73.46	0.88	749.1	-1.99	463	-0.39	85.75	-1.37	72.7	-0.16	741.7	-2.96	456.4	-1.80
rCT7-c2	119.7	104.06	1443.58	907.12	120	0.25	104.59	0.51	1449.34	0.40	914.65	0.83	119.4	-0.28	103.8	-0.29	1431	-0.90	905.8	-0.15	118.8	-0.74	102.9	-1.11	1420	-1.64	894	-1.45
rCT8-c2	124.28	94.15	1527.58	896.94	124.77	0.39	95.37	1.30	1544.32	1.10	909.76	1.43	124.3	0.03	94.55	0.42	1532	0.29	900.5	0.40	124	-0.23	93.66	-0.52	1519	-0.53	893.8	-0.35
rCT9-c2	133.84	97.43	1490.86	1186.83	134.94	0.82	98.73	1.33	1526.26	2.37	1201.27	1.22	134.2	0.27	97.93	0.51	1508	1.18	1187	0.00	133.7	-0.12	96.79	-0.66	1490	-0.03	1174	-1.05
rCT10-c2	93.82	79.98	876.48	550.15	93.64	-0.19	80.09	0.14	881.39	0.56	544.2	-1.08	93.11	-0.76	79.47	-0.64	870.4	-0.69	538	-2.21	92.51	-1.40	78.44	-1.93	859.6	-1.93	529.5	-3.76
rCT6-c3	86.24	77.1	752.76	503.4	87.06	0.95	77.59	0.64	762.69	1.32	514.88	2.30	86.47	0.27	77	-0.13	750.7	-0.27	508.7	1.04	85.91	-0.38	76.15	-1.23	740.3	-1.66	502.3	-0.22
rCT7-c3	118.32	107.34	1503.76	877.9	119.21	0.75	107.64	0.28	1524.01	1.35	895.33	1.99	118.8	0.39	106	-1.28	1506	0.17	887.5	1.09	118.2	-0.12	104.8	-2.35	1492	-0.81	876.6	-0.15
rCT8-c3	131.44	103.95	1886.42	1011.89	132.15	0.54	103.87	-0.08	1908.82	1.19	1021.67	0.97	131.4	-0.01	103	-0.89	1884	-0.12	1011	-0.12	130.8	-0.48	101.8	-2.03	1859	-1.43	1000	-1.16
rCT9-c3	137.03	103.51	1802.34	1182.47	137.83	0.58	104.15	0.62	1812.7	0.57	1200.74	1.55	137	-0.03	103.1	-0.43	1786	-0.89	1185	0.22	136.3	-0.55	101.8	-1.69	1762	-2.23	1169	-1.13
rCT10-c3	94.37	84.14	1005.07	550.88	95.08	0.75	84.13	-0.01	1009	0.39	567.92	3.09	94.47	0.11	83.29	-1.01	994.5	-1.05	561.1	1.86	93.79	-0.61	82.24	-2.26	981.2	-2.37	551.2	0.05
rCT6-c4	88.39	78.76	836.3	530.69	89.53	1.29	79.23	0.60	853.28	2.03	539.18	1.60	88.94	0.62	78.45	-0.39	842.1	0.70	531.8	0.21	88.48	0.10	77.6	-1.47	830.5	-0.69	526.7	-0.75
rCT7-c4	113.96	104.61	1513.1	799.28	114.67	0.62	104.5	-0.11	1527.24	0.93	807.87	1.07	114	0.03	103.7	-0.90	1511	-0.11	797.2	-0.26	113.6	-0.34	103.1	-1.49	1501	-0.78	791.5	-0.98
rCT8-c4	131.08	105.37	1954.29	1005.76	131.51	0.33	104.54	-0.79	1952.8	-0.08	1012.64	0.68	130.9	-0.11	103.6	-1.66	1937	-0.89	1000	-0.56	130.2	-0.66	102.1	-3.11	1909	-2.32	987.1	-1.86
rCT9-c4	140.73	112.64	2182.64	1191.97	141.4	0.48	112.88	0.21	2170.68	-0.55	1221.16	2.45	140.4	-0.23	111.7	-0.83	2137	-2.11	1204	1.00	139.5	-0.89	110.2	-2.18	2105	-3.56	1186	-0.51
rCT10-c4	101.37	88.13	1141.58	668.09	101.26	-0.11	87.93	-0.23	1141.97	0.03	658.82	-1.39	100.6	-0.75	87.09	-1.18	1126	-1.34	650.8	-2.59	99.96	-1.39	86.07	-2.34	1111	-2.68	641.7	-3.95
rCT6-c5	94.79	73.55	1118.78	434.13	95.09	0.32	74.03	0.65	1119.37	0.05	439.68	1.28	94.5	-0.31	72.94	-0.83	1102	-1.49	432.3	-0.42	93.96	-0.88	71.79	-2.39	1086	-2.93	425.4	-2.01
rCT7-c5	116.33	103.53	1641.04	752.11	117.44	0.95	103.58	0.05	1656.52	0.94	770.23	2.41	116.8	0.44	102.9	-0.64	1640	-0.08	761.8	1.28	116.2	-0.09	101.9	-1.54	1624	-1.05	752.2	0.02
rCT8-c5	135.72	98.94	1652.54	1187.76	136.84	0.83	99.55	0.62	1662.29	0.59	1218.31	2.57	136	0.24	98.43	-0.52	1641	-0.71	1200	1.00	135.4	-0.21	97.25	-1.71	1623	-1.78	1184	-0.32
rCT9-c5	144.8	108.51	1965.44	1334.33	145.8	0.69	108.11	-0.37	1972.21	0.34	1350.53	1.21	145	0.16	107	-1.35	1948	-0.86	1334	-0.01	144.4	-0.28	105.7	-2.56	1927	-1.97	1318	-1.25
rCT10-c5	103.27	88.36	1289.54	560.23	103.49	0.21	86.79	-1.78	1268.59	-1.62	568.99	1.56	103	-0.31	86.01	-2.66	1255	-2.70	562.5	0.41	102.3	-0.91	84.72	-4.12	1237	-4.08	553.8	-1.14
rCT6-c6	95.39	65.62	798.1	546.8	95.72	0.35	65.02	-0.91	805.31	0.90	545.51	-0.24	95.37	-0.02	64.45	-1.78	797.9	-0.03	540.4	-1.17	94.75	-0.67	63.36	-3.44	784.8	-1.66	530	-3.07
rCT7-c6	117.21	95.84	1358.04	835.76	118.33	0.96	97.26	1.48	1388.39	2.23	852.81	2.04	118	0.63	96.63	0.82	1378	1.46	846.9	1.33	117.2	-0.03	95.32	-0.54	1357	-0.05	833.1	-0.32
rCT8-c6	145.87	84.58	1581.41	1234.88	146.54	0.46	86.25	1.97	1582.78	0.09	1282.56	3.86	146.1	0.17	85.56	1.16	1569	-0.77	1271	2.92	145.3	-0.38	83.95	-0.74	1539	-2.70	1248	1.07
rCT9-c6	140.86	101.84	1526.74	1400.43	141.62	0.54	101.73	-0.11	1550.74	1.57	1400.48	0.00	141.2	0.23	101	-0.82	1539	0.80	1388	-0.88	140.3	-0.37	99.55	-2.25	1515	-0.77	1367	-2.40
rCT10-c6	103.26	78.32	909.49	715.74	104.09	0.80	79.44	1.43	938.58	3.20	726.39	1.49	103.6	0.29	78.61	0.37	927.2	1.95	717.4	0.24	102.9	-0.32	77.37	-1.21	911.4	0.21	706.5	-1.29

Annexe 5.3a. Erreur d'estimation (err %) des mesures des propriétés géométriques entre sections sciées et sections CT avec et sans interpolation et comparaisons des moyennes. Echantillon CS ; radius - fenêtre: 1500 : 440 HU.

Erreurs d'estimation sans interpolation

	err TA	err CA	err Ix	err Iy	err Imax	err Imin	err Zx	err Zy	err Max x rad	err Max y rad
Moy	0.67	-0.88	2.01	-0.43	0.01	1.39	1.37	0.38	-0.73	0.46
min	-1.76	-3.88	-3.41	-14.50	-6.20	-3.78	-4.22	-6.36	-15.98	-6.29
max	5.33	2.89	21.07	17.77	15.79	6.18	15.36	14.15	2.77	5.86
ecart-t	1.35	1.66	4.40	5.27	3.83	2.31	3.58	3.82	3.46	2.51

Erreurs d'estimation avec interpolation

Moy	0.47	-0.39	1.39	-0.29	0.07	0.89	0.91	0.46	-0.79	0.63
min	-2.27	-3.50	-5.25	-13.53	-5.33	-4.48	-6.00	-4.18	-15.45	-6.43
max	3.56	5.20	23.77	8.61	7.07	9.28	16.82	6.99	4.07	5.60
ecart-t	1.22	1.87	5.24	4.10	2.80	2.74	3.90	2.67	3.71	2.91

Moyennes des trois échantillons

	TA	CA	Ix	Iy	Imax	Imin	Zx	Zy	Max x rad	Max y rad
Moyennes des sections sciées	130.12	101.31	1065.68	1648.84	1683.56	1030.95	170.91	195.79	8.29	6.16
images sans interpolation	130.94	100.17	1086.18	1638.38	1676.96	1047.59	173.19	196.04	8.23	6.19
images avec interpolation	130.78	100.69	1079.94	1648.36	1685.53	1042.77	172.66	196.71	8.23	6.18

Abréviations : propriétés géométriques qui ne sont utilisées que pour la calibration : Zx = I/x ; Zy = I/y ; Max x rad = rayon dans l'axe x ; Max y rad = rayon dans l'axe y.

Annexe 5.3b. Résultats des tests de t appariés entre mesures des propriétés géométriques avec et sans interpolation. Echantillon des sections des radius CS, fenêtre 1500 : 440 HU.

		Paired Differences	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confid. Interval of the Diff. LowerUpper	t	df	Sig. (2-tailed)
TA	avec interpolation	RTASS - RTA440AI	-0.664	1.638	0.299	-1.276-0.053	-2.222	29	0.034
	sans interpolation	RTASS - RTA440SI	-0.827	1.529	0.279	-1.398-0.256	-2.964	29	0.006
CA	avec interpolation	RCASS - RCA440AI	0.625	2.312	0.422	-0.2381.488	1.481	29	0.149
	sans interpolation	RCASS - RCA440SI	1.141	2.159	0.394	0.3341.947	2.894	29	0.007
Ix	avec interpolation	RIXSS - RIX440AI	-14.265	50.378	9.198	-33.0764.547	-1.551	29	0.132
	sans interpolation	RIXSS - RIX440SI	-20.503	41.569	7.589	-36.025-4.981	-2.702	29	0.011
Iy	avec interpolation	RIYSS - RIY440AI	0.479	69.652	12.717	-25.52926.488	0.038	29	0.970
	sans interpolation	RIYSS - RIY440SI	10.463	67.716	12.363	-14.82235.749	0.846	29	0.404
I _{max}	avec interpolation	RIMASS - RIMA440AI	-1.971	52.569	9.598	-21.60017.659	-0.205	29	0.839
	sans interpolation	RIMASS - RIMA440SI	6.599	47.400	8.654	-11.10024.298	0.763	29	0.452
I _{min}	avec interpolation	RIMISS - RIMI440AI	-11.816	30.953	5.651	-23.374-0.258	-2.091	29	0.045
	sans interpolation	RIMISS - RIMI440SI	-16.638	25.557	4.666	-26.182-7.095	-3.566	29	0.001
Zx	avec interpolation	RZXSS - RZX440AI	-1.742	5.954	1.087	-3.9660.481	-1.603	29	0.120
	sans interpolation	RZXSS - RZX440SI	-2.274	5.364	0.979	-4.277-0.271	-2.321	29	0.027
Zy	avec interpolation	RZYSS - RZY440AI	-0.255	6.035	1.102	-2.5091.998	-0.232	29	0.818
	sans interpolation	RZYSS - RZY440SI	-0.927	5.564	1.016	-3.0041.151	-0.912	29	0.369
Max x rad	avec interpolation	RMXSS - RMX440AI	0.054	0.263	0.048	-0.0450.152	1.116	29	0.273
	sans interpolation	RMXSS - RMX440SI	0.060	0.288	0.053	-0.0480.167	1.133	29	0.266
Max y rad	avec interpolation	RMYSS - RMY440AI	-0.024	0.154	0.028	-0.0810.033	-0.855	29	0.399
	sans interpolation	RMYSS - RMY440SI	-0.036	0.177	0.032	-0.1020.030	-1.106	29	0.278

Abréviations : propriétés géométriques qui ne sont utilisées que pour la calibration : Zx = I/x ; Zy = I/y ; Max x rad = rayon dans l'axe x ; Max y rad = rayon dans l'axe y.

Annexe 5.4a. Échantillon de la collection SIMON (CS) - humérus - données brutes et pourcentage de différence (diff) entre les sections sciées et CT scannées avec une fenêtre de 1500 WW : 400 WL. Propriétés géométriques évaluées : TA, CA, Ix, Iy, Imax, Imin, Zx et Zy. N = 30. Échantillon sélectionné = sans les individus soulignés (N=23).

	sections sciées								400 HU															
	TA	CA	Ix	Iy	Imax	Imin	Zx	Zy	TA	CA	Ix	Iy	Imax	Imin	Zx	Zy	diffTA	diffCA	diffIx	diffIy	diffImax	diffImin	diffZx	diffZy
humérus																								
AIG.22	444.31	296.29	15182.23	13662.22	16691.49	12152.96	1120.82	1067.11	449.95	265.38	13987.06	13085.58	14835.29	12237.36	1091.74	1047.62	1.27	-10.43	-7.87	-4.22	-11.12	0.69	-2.59	-1.83
BIE.01	401.72	247.25	10883.78	11233.12	12216.71	9900.20	902.91	958.73	401.00	245.89	11036.86	10910.94	12016.69	9931.12	906.90	939.99	-0.18	-0.55	1.41	-2.87	-1.64	0.31	0.44	-1.95
BIE.61	304.93	246.39	7402.87	7046.22	7752.20	6696.89	699.65	681.14	307.83	248.94	7637.38	7083.72	7916.20	6804.91	708.29	686.73	0.95	1.03	3.17	0.53	2.12	1.61	1.23	0.82
BIE.70	300.83	244.05	7711.54	6460.36	7804.44	6367.46	679.26	625.46	303.09	237.98	7722.17	6434.45	7806.13	6350.49	694.27	615.58	0.75	-2.49	0.14	-0.40	0.02	-0.27	2.21	-1.58
BOU.03	324.61	267.76	8358.95	8102.22	9229.80	7231.37	752.00	752.76	325.73	262.57	8521.21	7924.74	9224.40	7221.55	762.51	745.02	0.35	-1.94	1.94	-2.19	-0.06	-0.14	1.40	-1.03
ECH.08	343.49	237.95	10643.15	6879.34	10655.99	6866.50	885.22	726.60	344.89	238.86	10845.47	6985.81	10674.64	6956.64	881.25	733.41	0.41	0.38	0.02	1.55	0.18	1.31	-0.45	0.94
ETA.06	284.10	221.07	6435.56	5872.60	6565.45	5742.71	630.43	591.81	286.69	210.95	6472.90	5781.35	6616.20	5638.05	629.61	598.15	0.91	-4.58	0.58	-1.55	0.77	-1.82	-0.13	1.07
ETA.07	331.88	256.85	8995.11	8044.81	9253.59	7786.33	811.25	706.64	335.20	259.72	9276.65	8119.31	9430.89	7965.08	821.20	711.57	1.00	1.12	3.13	0.93	1.92	2.30	1.23	0.70
LAU.01	267.97	205.70	5975.98	5120.59	6590.20	4506.37	572.41	540.17	270.85	202.65	6082.58	5108.26	6615.33	4575.51	584.50	544.02	1.07	-1.48	1.78	-0.24	0.38	1.53	2.11	0.71
LAU.31	294.68	196.32	7177.30	5485.40	7302.61	5360.10	622.10	553.03	294.58	191.20	7085.21	5411.91	7208.07	5289.05	611.51	548.05	-0.03	-2.61	-1.28	-1.34	-1.29	-1.33	-1.70	-0.90
LAU.35	284.69	229.72	7058.63	5611.85	7445.76	5224.72	684.73	608.77	284.87	230.86	7132.54	5563.21	7463.12	5232.63	692.13	594.87	0.06	0.50	1.05	-0.87	0.23	0.15	1.08	-2.28
LAU.45	265.97	182.17	5691.30	4552.88	5721.49	4522.69	562.34	487.19	265.58	179.05	5564.14	4542.73	5579.05	4527.83	557.62	488.02	-0.15	-1.71	-2.23	-0.22	-2.49	0.11	-0.84	0.17
LAU.47	305.16	244.61	7804.73	6658.63	7876.97	6586.38	725.11	653.87	309.09	246.96	8060.50	6760.91	8098.50	6722.91	738.70	663.69	1.29	0.96	3.28	1.54	2.81	2.07	1.87	1.50
LAU.48	274.76	209.51	5867.87	5920.44	6372.91	5415.40	542.66	559.11	276.63	197.00	5707.17	5761.36	5995.81	5472.71	533.34	556.21	0.68	-5.97	-2.74	-2.69	-5.92	1.06	-1.72	-0.52
LAU.51	322.31	256.96	9266.90	6968.56	9429.47	6805.98	815.32	703.76	323.95	256.26	9450.85	6914.85	9572.85	6792.85	814.71	706.25	0.51	-0.27	1.99	-0.77	1.52	-0.19	-0.07	0.35
LAU.56	357.90	271.95	9414.33	9996.24	10730.82	8679.75	857.91	878.64	359.77	271.73	9637.49	9863.47	10611.45	8889.51	870.51	869.25	0.52	-0.08	2.37	-1.33	-1.11	2.42	1.47	-1.07
LAU.58	348.18	222.44	8902.70	7938.57	9407.01	7434.27	792.18	759.55	348.96	220.01	8985.78	7831.16	9423.76	7393.18	787.79	743.18	0.22	-1.09	0.93	-1.35	0.18	-0.55	-0.55	-2.16
MOI.09	348.78	273.07	10755.76	8234.71	10772.07	8218.40	909.58	749.53	349.65	270.41	10823.63	8203.38	10873.24	8153.76	915.97	747.99	0.25	-0.97	0.63	-0.38	0.94	-0.79	0.70	-0.21
MOI.13	293.79	237.93	7291.20	6346.92	7690.99	5947.13	650.88	629.02	294.95	238.68	7518.51	6177.06	7751.73	5943.84	668.02	612.41	0.39	0.32	3.12	-2.68	0.79	-0.06	2.63	-2.64
PAM.14	353.95	200.06	9804.88	6888.56	10287.15	6406.28	808.16	641.12	356.97	202.95	10222.81	6865.13	10592.27	6495.67	833.28	636.56	0.85	1.44	4.26	-0.34	2.97	1.40	3.11	-0.71
PAM.15	356.29	242.18	9779.62	8882.16	10984.50	7677.29	853.20	797.70	362.32	247.67	10373.50	8951.63	11396.24	7928.89	893.63	817.42	1.69	2.27	6.07	0.78	3.75	3.28	4.74	2.47
PRO.06	258.92	179.57	5443.72	4410.91	5453.04	4401.59	545.33	469.97	259.47	180.67	5482.21	4370.66	5489.36	4363.51	545.24	465.55	0.21	0.61	0.71	-0.91	0.67	-0.87	-0.02	-0.94
RSL.06	279.86	193.19	6830.82	4706.83	6831.02	4706.63	595.85	504.23	283.09	179.50	6745.32	4698.50	6765.45	4578.38	581.60	487.77	1.15	-7.09	-1.25	-2.30	-0.96	-2.72	-2.39	-3.26
RSL.07	360.55	189.82	8442.45	7832.39	9649.93	6624.92	761.25	701.00	364.40	187.63	8516.65	7761.97	9538.39	6740.23	755.09	705.14	1.07	-1.15	0.88	-0.90	-1.16	1.74	-0.81	0.59
STP.04	225.69	188.57	4420.66	3612.85	4423.10	3610.42	459.87	388.27	224.66	186.53	4328.50	3599.09	4333.91	3593.68	453.13	390.07	-0.46	-1.08	-2.08	-0.38	-2.02	-0.46	-1.47	0.46
STP.14	301.81	221.85	7374.27	6280.32	7439.52	6215.06	681.51	617.48	304.21	221.46	7451.04	6380.72	7567.92	6263.84	677.75	626.06	0.80	-0.18	1.04	1.60	1.73	0.78	-0.55	1.39
STP.19	358.33	259.57	9432.39	9771.75	11140.80	8063.34	865.93	796.55	348.52	239.69	8774.27	8932.37	10377.02	7329.62	793.22	768.41	-2.74	-7.66	-6.98	-8.59	-6.86	-9.10	-8.40	-3.53
TRE.02	282.35	229.36	6538.23	5773.41	6756.03	5555.61	653.69	615.33	283.32	225.40	6631.41	5701.71	6796.19	5536.93	658.64	606.77	0.34	-1.73	1.43	-1.24	0.59	-0.34	0.76	-1.39
VAL.11	345.46	200.33	9321.93	6821.79	10019.21	6124.50	772.47	652.47	340.91	190.77	8800.28	6464.69	9359.19	5906.78	731.06	629.62	-1.32	-4.77	-5.60	-5.23	-6.60	-3.55	-5.36	-3.50
VSR.07	355.92	285.07	12374.60	7988.00	12844.50	7518.10	1007.64	752.28	359.30	286.09	12659.47	8070.85	13062.91	7667.40	1018.78	759.17	0.95	0.36	2.30	1.04	1.70	1.99	1.11	0.92

Annexe 5.4b. Échantillon de la collection SIMON (CS) - humérus - données brutes et pourcentage de différence (diff) entre les sections sciaées et CT scannées avec une fenêtre de 1500 WW : 500 WL. Propriétés géométriques évaluées : TA, CA, ix, iy, Imax, Imin, Zx et Zy. N = 30. Échantillon sélectionné = sans les individus soulignés (N=23).

	sections sciées										500 HU														
	TA	CA	ix	iy	Imax	Imin	Zx	Zy		TA	CA	ix	iy	Imax	Imin	Zx	Zy	diffTA	diffCA	diffix	diffiy	diffImax	diffImin	diffZx	diffZy
humérus																									
ALG.22	444.31	296.29	15182.23	13662.22	16691.49	12152.96	1120.82	1067.11		447.69	255.83	13562.19	12687.86	14311.54	11938.5	1048.1	1022.18	0.76	-13.66	-10.67	-7.13	-14.26	-1.76	-6.49	-4.21
BIE.01	401.72	247.25	10883.78	11233.12	12216.71	9900.20	902.91	958.73		398.56	241.19	10792.48	10725.91	11774.59	9743.8	895.97	932.44	-0.79	-2.45	-0.84	-4.52	-3.62	-1.58	-0.77	-2.74
BIE.61	304.93	246.39	7402.87	7046.22	7752.20	6696.89	699.65	681.14		305.68	245.56	7515.11	6966.91	7789.95	6692.07	702.99	681.56	0.25	-0.34	1.52	-1.13	0.49	-0.07	0.48	0.06
BIE.70	300.83	244.05	7711.54	6460.36	7804.44	6367.46	679.26	625.46		301.26	231.69	7558.83	6328.89	7648.4	6239.31	682.47	605.25	0.14	-5.06	-1.98	-2.04	-2.00	-2.01	0.47	-3.23
BOU.03	324.61	267.76	8358.95	8102.22	9229.80	7231.37	752.00	752.76		323.67	259.35	8414.8	7805.77	9107.55	7113.02	753.92	739.72	-0.29	-3.14	0.67	-3.66	-1.32	-1.64	0.26	-1.73
ECH.08	343.49	237.95	10643.15	6879.34	10655.99	6866.50	885.22	726.60		342.87	234.9	10455.55	6877.79	10486.59	6846.74	864.78	722.3	-0.18	-1.28	-1.76	-0.02	-1.59	-0.29	-2.31	-0.59
ETA.06	284.10	221.07	6435.56	5872.60	6565.45	5742.71	630.43	591.81		284.78	204.73	6318.78	5648.69	6468.74	5498.73	615.69	586.76	0.24	-7.39	-1.81	-3.81	-1.47	-4.25	-2.34	-0.85
ETA.07	331.88	256.85	8995.11	8044.81	9253.59	7786.33	811.25	706.64		332.99	256.16	9127.18	8004.42	9286.06	7845.54	814.87	702.05	0.33	-0.27	1.47	-0.50	0.35	0.76	0.45	-0.65
LAU.01	267.97	205.70	5975.98	5120.59	6590.20	4506.37	572.41	540.17		269.29	197.98	5934.09	5032.34	6467.75	4498.67	578.11	536.8	0.49	-3.75	-0.70	-1.72	-1.86	-0.17	1.00	-0.62
LAU.31	294.68	196.32	7177.30	5485.40	7302.61	5360.10	622.10	553.03		292.32	185.89	6900.04	5273.6	7019.67	5153.97	601.4	534.65	-0.80	-5.31	-3.86	-3.86	-3.87	-3.85	-3.33	-3.32
LAU.35	284.69	229.72	7058.63	5611.85	7445.76	5224.72	684.73	608.77		282.67	225.94	7007.57	5449.58	7326.94	5130.21	685.88	582.93	-0.71	-1.65	-0.72	-2.89	-1.60	-1.81	0.17	-4.24
LAU.45	265.97	182.17	5691.30	4552.88	5721.49	4522.69	562.34	487.19		262.88	175.22	5412.09	4435.64	5424.85	4422.88	542.68	476.75	-1.16	-3.82	-4.91	-2.58	-5.18	-2.21	-3.50	-2.14
LAU.47	305.16	244.61	7804.73	6658.63	7876.97	6586.38	725.11	653.87		306.89	243.32	7925.22	6647.74	7962.94	6610.01	726.49	652.99	0.57	-0.53	1.54	-0.16	1.09	0.36	0.19	-0.13
LAU.48	274.76	209.51	5867.87	5920.44	6372.91	5415.40	542.66	559.11		274.55	189.16	5514.9	5607.64	5791.64	5330.9	520.48	544.51	-0.08	-9.71	-6.02	-5.28	-9.12	-1.56	-4.09	-2.61
LAU.51	322.31	256.96	9266.90	6968.56	9429.47	6805.98	815.32	703.76		323.03	253.05	9317.29	6805.92	9445.42	6677.78	805.13	695.56	0.22	-1.52	0.54	-2.33	0.17	-1.88	-1.25	-1.17
LAU.56	357.90	271.95	9414.33	9996.24	10730.82	8679.75	857.91	878.64		357.62	268.01	9493.38	9728.86	10478.46	8743.78	865.44	864.41	-0.08	-1.45	0.84	-2.67	-2.35	0.74	0.88	-1.62
LAU.58	348.18	222.44	8902.70	7938.57	9407.01	7434.27	792.18	759.55		346.55	215.48	8746.37	7740.67	9227.83	7259.21	770.01	740.75	-0.47	-3.13	-1.76	-2.49	-1.90	-2.35	-2.80	-2.48
MOI.09	348.78	273.07	10755.76	8234.71	10772.07	8218.40	909.58	749.53		347.44	266.46	10660.62	8074.11	10710.09	8024.64	902.15	735.71	-0.38	-2.42	-0.88	-1.95	-0.58	-2.36	-0.82	-1.84
MOI.13	293.79	237.93	7291.20	6346.92	7690.99	5947.13	650.88	629.02		292.66	235.66	7402.23	6078.7	7637.16	5843.76	657.7	607.79	-0.38	-0.95	1.52	-4.23	-0.70	-1.74	1.05	-3.38
PAM.14	353.95	200.06	9804.88	6888.56	10287.15	6406.28	808.16	641.12		354.38	197.58	9957.97	6861.5	10323.71	6315.75	819.87	619.32	0.12	-1.24	1.56	-3.01	0.36	-1.41	1.45	-3.40
PAM.15	356.29	242.18	9779.62	8882.16	10984.50	7677.29	853.20	797.70		360.31	242.78	10194.54	8801.98	11189.9	7806.62	877.21	802.65	1.13	0.25	4.24	-0.90	1.87	1.68	2.81	0.62
PRO.06	258.92	179.57	5443.72	4410.91	5453.04	4401.59	545.33	469.97		257.39	173.62	5347.78	4260.74	5355.85	4252.67	536.28	459.7	-0.59	-3.31	-1.76	-3.40	-1.78	-3.38	-1.66	-2.19
RSL.06	279.86	193.19	6830.82	4706.83	6831.02	4706.63	595.85	504.23		280.9	169.1	6446.88	4383.48	6457.74	4372.61	552.4	474.17	0.37	-12.47	-5.62	-6.87	-5.46	-7.10	-7.29	-5.96
RSL.07	360.55	189.82	8442.45	7832.39	9649.93	6624.92	761.25	701.00		362.32	180.59	8231.48	7489.63	9159.06	6562.05	734.48	685.02	0.49	-4.86	-2.50	-4.38	-5.09	-0.95	-3.52	-2.28
STP.04	225.69	188.57	4420.66	3612.85	4423.10	3610.42	459.87	388.27		222.45	182.88	4229.48	3518.7	4235.01	3513.18	447.02	384.97	-1.44	-3.02	-4.32	-2.61	-4.25	-2.69	-2.79	-0.85
STP.14	301.81	221.85	7374.27	6280.32	7439.52	6215.06	681.51	617.48		301.32	213.58	7211.36	6194.26	7341.76	6063.87	651.41	612.05	-0.16	-3.73	-2.21	-1.37	-1.31	-2.43	-4.42	-0.88
STP.19	358.33	259.57	9432.39	9771.75	11140.80	8063.34	865.93	796.55		345.99	229.72	8462.81	8622.32	9977.24	7107.88	768.75	748.41	-3.44	-11.50	-10.28	-11.76	-10.44	-11.85	-11.22	-6.04
TRE.02	282.35	229.36	6538.23	5773.41	6756.03	5555.61	653.69	615.33		281.36	222.08	6531.26	5602.74	6693.01	5441	654.05	601.97	-0.35	-3.17	-0.11	-2.96	-0.93	-2.06	0.06	-2.17
VAL.11	345.46	200.33	9321.93	6821.79	10019.21	6124.50	772.47	652.47		338.3	183.84	8500.27	6275.25	9033.5	5742.02	703.17	613.95	-2.07	-8.23	-8.81	-8.01	-9.84	-6.25	-8.97	-5.90
YSR.07	355.92	285.07	12374.60	7988.00	12844.50	7518.10	1007.64	752.28		357.04	282.22	12461.71	7955.63	12860.65	7556.68	1002.42	748.09	0.31	-1.00	0.70	-0.41	0.13	0.51	-0.52	-0.56

Annexe 5.4c. Échantillon de la collection SIMON (CS) - radius - données brutes et pourcentage de différence (diff) entre les sections sciées et CT scannées avec un fenêtrage de 1500 WW : 400 WL.. Propriétés géométriques évaluées : TA, CA, ix, Iy, Imax, Imin, Zx et Zy. N = 30. Échantillon sélectionné = sans les individus soulignés (N=25).

radius	sections sciées										400 HU													
	TA	CA	ix	Iy	Imax	Imin	Zx	Zy	TA	CA	ix	Iy	Imax	Imin	Zx	Zy	diffTA	diffCA	diffix	diffIy	diffImax	diffImin	diffZx	diffZy
BIE 01	158.27	108.14	1350.5	2428.66	2468.8	1310.35	219.61	261.69	161.09	112.71	1413.28	2539.64	2566.93	1385.99	227.46	271.99	1.78	4.23	4.65	4.57	3.97	5.77	3.57	3.94
BIE 43	154.27	131.7	1638.39	2183.41	2326.47	1495.33	231.88	262.6	154.65	131.67	1585.38	2246.01	2311.38	1520	229.86	261.68	0.25	-0.02	-3.24	2.87	-0.65	1.65	-0.87	-0.35
BIE 61	138.69	119.63	1112.48	2171.45	2177.27	1106.66	180.22	219.31	140.76	121.45	1162.9	2210.65	2232.68	1140.87	186.48	222.01	1.49	1.52	4.53	1.81	2.54	3.09	3.47	1.23
BOU 03	131.43	107.23	1137.06	1670.81	1688.32	1119.56	172.66	183.09	131.99	107.42	1146.58	1680.09	1697.96	1128.71	174.56	183.3	0.43	0.18	0.84	0.56	0.57	0.82	1.10	0.11
ECH 08	121.45	104.01	890.54	1542.16	1547.96	884.74	156.82	180.21	121.28	103.76	887.63	1541.15	1559.14	869.65	159.22	184.7	-0.14	-0.24	-0.33	-0.07	0.72	-1.71	1.53	2.49
ETA 06	112.84	97.15	843.4	1205.53	1219.68	829.25	141.31	160.51	114.47	96.86	1049.02	1050.27	1252.19	847.1	165.88	165.95	1.44	-0.30	24.38	-12.88	2.67	2.15	17.39	3.39
LAU 01	104.18	83.52	679.62	1045.14	1084.08	640.68	131.2	145.5	105.13	84.18	704.54	1049.88	1100.71	653.71	132.11	148.39	0.91	0.79	3.67	0.45	1.53	2.03	0.69	1.99
LAU 14	145.09	111.07	1268.04	2050.16	2082.3	1235.9	199.53	229.54	145.21	110.13	1276.57	2034.7	2077.46	1233.81	201.88	233.35	0.08	-0.85	0.67	-0.75	-0.23	-0.17	1.18	1.66
LAU 31	129.6	97.49	1046.3	1559.21	1573.91	1031.6	168.99	195.27	128.31	95.4	1040.3	1495.71	1513.61	1022.4	163.46	187.13	-1.00	-2.14	-0.57	-4.07	-3.83	-0.89	-3.27	-4.17
LAU 35	122.46	97.51	900.15	1473.15	1480.97	892.33	160	181.15	123.82	99.67	905.58	1539.74	1549.54	895.77	161.4	192.01	1.11	2.22	0.60	4.52	4.63	0.39	0.88	6.00
LAU 45	107.62	90.67	854.74	970.49	1052.18	773.05	144.93	143.84	109.09	91.94	888.58	990.26	1086.98	791.86	145.36	144.36	1.37	1.40	3.96	2.04	3.31	2.43	0.30	0.36
LAU 47	125.02	100.89	1007.27	1460.73	1468.43	999.57	169.86	181.38	125.91	102.56	1041.09	1460.38	1470.77	1030.7	173.59	185.2	0.71	1.66	3.36	-0.02	0.16	3.11	2.20	2.11
LAU 48	110.32	89.98	816.81	1122.85	1136	803.67	137.93	138.75	111.48	91.16	841.1	1139.05	1151.69	828.45	140.99	142.82	1.05	1.31	2.97	1.44	1.38	3.08	2.22	2.93
LAU 51	128.95	109.28	1053.95	1626.07	1660.05	1019.97	174.47	208.43	129.45	109.54	1057.71	1642.69	1678	1022.4	175.53	212.08	0.39	0.24	0.36	1.02	1.08	0.24	0.61	1.75
LAU 58	159.32	117.95	1518.6	2444.91	2466.19	1497.32	222.83	250.01	157.72	115.39	1489.44	2357.16	2378.24	1468.36	217.53	247.06	-1.00	-2.17	-1.92	-3.59	-3.57	-1.93	-2.38	-1.18
MOL 09	147.65	113.02	1389.16	2082.96	2239.17	1232.95	203.14	232.04	150.89	115.8	1336.22	2282.11	2313.75	1304.58	208.75	249.22	2.19	2.46	-3.81	9.56	3.33	5.81	2.76	7.40
MOI 10	134.18	99.61	1189.87	1531.13	1540.4	1180.6	190.24	198.7	135.93	101.21	1260.29	1530.78	1558.46	1232.61	194.26	197.16	1.30	1.61	5.92	-0.02	1.17	4.41	2.11	-0.78
PAM 06	153.82	102.13	1371.57	2034.7	2045.43	1360.84	209.56	244.68	155.79	101.31	1430.08	2034.48	2045.27	1419.29	214.17	243.62	1.28	-0.80	4.27	-0.01	-0.01	4.30	2.20	-0.43
PAM 14	145.34	106.42	1234.63	1974.41	1977.05	1231.99	189.31	227.86	147.01	103.63	1282.11	1896.4	1896.87	1281.63	198.59	227.87	1.15	-2.62	3.85	-3.95	-4.06	4.03	4.90	0.00
PAM 15	163.63	110.29	1552.55	2392.02	2421.43	1523.14	219.83	250.76	164.89	110.02	1609.19	2363.7	2417.16	1555.72	220.1	251.54	0.77	-0.24	3.65	-1.18	-0.18	2.14	0.12	0.31
RSI 07	134.47	95.59	1335.7	1431.87	1674.38	1093.18	183.65	179.69	137.07	96.43	1379.13	1484.12	1729.63	1133.61	187.73	184.96	1.93	0.88	3.25	3.65	3.30	3.70	2.22	2.93
SER 11	98.11	85.94	597.16	997.76	998.31	596.61	113.65	131.06	98.77	87.42	607.02	1020.23	1023.47	603.78	113.3	130.89	0.67	1.72	1.65	2.25	2.52	1.20	-0.31	-0.13
STP 04	89.74	72.57	596.07	652.65	702.65	546.07	109.11	107.69	88.06	70.74	569.4	628.52	671.23	526.69	103.47	105.49	-1.87	-2.52	-4.47	-3.70	-4.47	-3.55	-5.17	-2.04
STP 14	114.49	97.19	749.76	1473.49	1475.22	748.03	126.97	171.26	113.71	96.21	733.57	1470.28	1475.36	728.48	129.23	168.84	-0.68	-1.01	-2.16	-0.22	0.01	-2.61	1.78	-1.41
STP 19 - patho.2	123.28	96.77	811.74	1656.07	1660.37	807.44	144.96	192.86	127.57	90.57	846.79	1698.14	1709.89	835.04	151.48	196.03	3.48							
TRE 02	123.46	106.3	1043.7	1388.76	1389.4	1043.07	172.91	178.99	125.3	107.57	1057.28	1446.79	1446.86	1057.2	175.17	186.41	1.49	1.19	1.30	4.18	4.14	1.35	1.31	4.15
VAL 11	125.2	79.68	852.46	1401.39	1433.17	820.68	138.59	179.97	126.08	78.92	856.62	1428.14	1446.96	837.8	138.21	179.56	0.70	-0.95	0.49	1.91	0.96	2.09	-0.27	-0.23
VLT 02	123.14	93.34	962.92	1387.21	1391.27	959.86	156.38	167.96	122.7	91.9	951.75	1371.69	1377.02	946.41	154.98	168.57	-0.36	-1.54	-1.16	-1.12	-1.02	-1.30	-0.90	0.36
YSR 06	152	119.06	1331.85	2414.15	2425.53	1320.46	207.18	256.05	152.37	116.47	1332.64	2397.06	2408.81	1320.89	208.31	253.31	0.24	-2.18	0.06	-0.71	-0.69	0.03	0.55	-1.07
YSR 07	125.49	95.21	833.26	1691.88	1700.42	824.72	149.7	212.75	125.12	96.53	839.51	1680.02	1683.02	836.51	152.92	210.7	-0.29	1.39	0.75	-0.70	-1.02	1.43	2.15	-0.96

Annexe 5.4d. Échantillon de la collection SIMON (CS) - radius - données brutes et pourcentage de différence (diff) entre les sections sciées et CT scannées avec une fenêtre de 1500 WW : 500 WL. Propriétés géométriques évaluées : TA, CA, Ix, Iy, Imax, Imin, Zx et Zy, N = 30. Échantillon sélectionné = sans les individus soulignés (N=25).

	sections sciées										500 HU													
	TA	CA	Ix	Iy	Imax	Imin	Zx	Zy	TA	CA	Ix	Iy	Imax	Imin	Zx	Zy	diffTA	diffCA	diffIx	diffIy	diffImax	diffImin	diffZx	diffZy
radius																								
BIE 01	158.27	109.14	1350.5	2428.66	2468.8	1310.35	219.61	261.69	160.24	110.13	1390.13	2486.83	2513.33	1363.64	223.99	266.14	1.24	1.84	2.93	2.40	1.80	4.07	1.99	1.70
BIE 43	154.27	131.7	1638.39	2183.41	2326.47	1495.33	231.88	262.6	153.31	129.74	1554.63	2204.79	2268.98	1490.44	228.18	259.36	-0.62	-1.49	-5.11	0.98	-2.47	-0.33	-1.60	-1.23
BIE 61	138.69	119.63	1112.48	2171.45	2177.27	1106.66	180.22	219.31	139.77	120.01	1144.91	2177.08	2198.67	1123.32	183.67	220.65	0.78	0.32	2.92	0.26	0.98	1.51	1.91	0.61
BOU 03	131.43	107.23	1137.06	1670.81	1688.32	1119.56	172.66	183.09	130.57	105.36	1116.99	1641.12	1658.44	1099.67	172.31	180.49	-0.65	-1.74	-1.77	-1.78	-1.77	-1.78	-0.20	-1.42
ECH 08	121.45	104.01	890.54	1542.16	1547.96	884.74	156.82	180.21	120.26	102.23	871.7	1511.32	1528.67	854.35	158.75	183.17	-0.98	-1.71	-2.12	-2.00	-1.25	-3.43	1.23	1.64
ETA 06	112.84	97.15	843.4	1205.53	1219.68	829.25	141.31	160.51	113.74	95.59	1033.41	1035.33	1233.94	834.8	163.38	163.7	0.80	-1.61	22.53	-14.12	1.17	0.67	15.62	1.99
LAU 01	104.18	83.52	679.62	1045.14	1084.08	640.68	131.2	145.5	104.31	82.8	690.51	1033.16	1083.31	640.36	129.59	145.95	0.12	-0.86	1.60	-1.15	-0.07	-0.05	-1.23	0.31
LAU 14	145.09	111.07	1268.04	2050.16	2082.3	1235.9	199.53	229.54	144.54	108.43	1260.96	2004.41	2046.05	1219.32	199.43	230.14	-0.38	-2.38	-0.56	-2.23	-1.74	-1.34	-0.05	0.26
LAU 31	129.6	97.49	1046.3	1559.21	1573.91	1031.6	168.99	195.27	127.34	93.71	1019.2	1469.03	1487.2	1001.02	160.16	186.01	-1.74	-3.88	-2.59	-5.78	-5.51	-2.96	-5.23	-4.74
LAU 35	122.46	97.51	900.15	1473.15	1480.97	892.33	160	181.15	123.02	98.2	888.69	1520.54	1529.68	879.55	158.58	189.75	0.46	0.71	-1.27	3.22	3.29	-1.43	-0.89	4.75
LAU 45	107.62	90.67	854.74	970.49	1052.18	773.05	144.93	143.84	108.02	90.55	869.82	969.52	1063.96	775.38	144.52	141.2	0.37	-0.13	1.76	-0.10	1.12	0.30	-0.28	-1.84
LAU 47	125.02	100.89	1007.27	1460.73	1468.43	999.57	169.86	181.38	125.1	101.27	1025.4	1439.74	1449.93	1015.2	171.07	182.56	0.06	0.38	1.80	-1.44	-1.26	1.56	0.71	0.65
LAU 48	110.32	89.98	816.81	1122.85	1136	803.67	137.93	138.75	110.66	90.01	828.58	1118.67	1131.04	816.21	138.8	140.1	0.31	0.03	1.44	-0.37	-0.44	1.56	0.63	0.97
LAU 51	128.95	109.28	1053.95	1626.07	1660.05	1019.97	174.47	208.43	128.57	108.06	1041.41	1617.26	1651.97	1006.7	175.44	211.21	-0.29	-1.12	-1.19	-0.54	-0.49	-1.30	0.56	1.33
LAU 58	159.32	117.95	1518.6	2444.91	2466.19	1497.32	222.83	250.01	156.33	113.12	1456.85	2302.88	2323.99	1435.74	212.66	241.43	-1.88	-4.09	-4.07	-5.81	-5.77	-4.11	-4.56	-3.43
MOI 09	147.65	113.02	1389.16	2082.96	2239.17	1232.95	203.14	232.04	146.17	108.34	1252.49	2057.68	2100.79	1209.38	195.89	244.64	-1.00	-4.14	-9.84	-1.21	-6.18	-1.91	-3.57	5.43
MOI 10	134.18	99.61	1189.87	1531.13	1540.4	1180.6	190.24	198.7	134.93	99.66	1237.86	1502.77	1531.51	1209.13	193.59	193.68	0.56	0.05	4.03	-1.85	-0.58	2.42	1.76	-2.53
PAM 06	153.82	102.13	1371.57	2034.7	2045.43	1360.84	209.56	244.68	154.97	99.5	1404.73	2002.81	2013.69	1393.85	210.37	239.66	0.75	-2.58	2.42	-1.57	-1.55	2.43	0.39	-2.05
PAM 14	145.34	106.42	1234.63	1974.41	1977.05	1231.99	189.31	227.86	145.83	101.38	1254.58	1847.49	1848.08	1253.99	194.1	225.45	0.34	-4.74	1.62	-6.43	-6.52	1.79	2.53	-1.06
PAM 15	163.63	110.29	1552.55	2392.02	2421.43	1523.14	219.83	250.76	163.99	108.22	1581.66	2327.44	2380.27	1528.83	218.99	247.8	0.22	-1.88	1.87	-2.70	-1.70	0.37	-0.38	-1.18
RSI 07	134.47	95.59	1335.7	1431.87	1674.38	1093.18	183.65	179.69	136.15	94.55	1354.43	1454.39	1698.39	1110.42	186.87	181.24	1.25	-1.09	1.40	1.57	1.43	1.58	1.75	0.86
SER 11	98.11	85.94	597.16	997.76	998.31	596.61	113.65	131.06	97.92	86.24	595.85	1002.17	1005.33	592.69	111.28	128.49	-0.19	0.35	-0.22	0.44	0.70	-0.66	-2.09	-1.96
STP 04	89.74	72.57	596.07	652.65	702.65	546.07	109.11	107.69	87.26	69.51	556.39	616.56	658.4	514.55	102.87	103.57	-2.76	-4.22	-6.66	-5.53	-6.30	-5.77	-5.72	-3.83
STP 14	114.49	97.19	749.76	1473.49	1475.22	748.03	126.97	171.26	112.61	94.55	717.68	1441.05	1446.07	712.67	126.57	165.48	-1.64	-2.72	-4.28	-2.20	-1.98	-4.73	-0.32	-3.37
STP 19 - patho?	123.28	96.77	811.74	1656.07	1660.37	807.44	144.96	192.86	126.54	87.36	823.11	1648.19	1660.09	811.21	146.93	190.67	2.64	-9.72	1.40	-0.48	-0.02	0.47	1.36	-1.14
TRE 02	123.46	106.3	1043.7	1388.76	1389.4	1043.07	172.91	178.99	124.44	106.39	1040.68	1427.14	1427.25	1040.57	172.52	183.93	0.79	0.08	-0.29	2.76	2.72	-0.24	-0.23	2.76
VAL 11	125.2	79.68	852.46	1401.39	1433.17	820.68	138.59	179.97	125.17	77.29	838.44	1397.29	1416.21	819.52	135.28	175.88	-0.02	-3.00	-1.64	-0.29	-1.18	-0.14	-2.39	-2.27
VLT 02	123.14	93.34	962.92	1387.21	1391.27	958.86	156.38	167.96	121.96	90.66	937.53	1350.7	1355.77	932.47	152.69	166.01	-0.96	-2.87	-2.64	-2.63	-2.55	-2.75	-2.36	-1.16
YSR 06	152	119.06	1331.85	2414.15	2425.53	1320.46	207.18	256.05	151.46	115.05	1312.56	2365.54	2377.26	1300.83	205.11	249.74	-0.36	-3.37	-1.45	-2.01	-1.99	-1.49	-1.00	-2.46
YSR 07	125.49	95.21	833.26	1691.88	1700.42	824.72	149.7	212.75	124.2	94.97	823.29	1652.5	1655.44	820.35	150.2	207.44	-1.03	-0.25	-1.20	-2.33	-2.65	-0.53	0.33	-2.50

Annexe 5.4e. Échantillon de la collection SIMON (CS) - radius - données brutes et pourcentage de différence (diff) entre les sections sciaées et CT scannées avec une fenêtre de 1500 WW : 600 WL. Propriétés géométriques évaluées : TA, CA, Ix, Iy, Imax, Imin, Zx et Zy. N = 30. Échantillon sélectionné = sans les individus soulignés (N=25).

radius	sections sciaées										600 HU													
	TA	CA	Ix	Iy	Imax	Imin	Zx	Zy	TA	CA	Ix	Iy	Imax	Imin	Zx	Zy	diffTA	diffCA	diffIx	diffIy	diffImax	diffImin	diffZx	diffZy
BIE 01	158.27	108.14	1350.5	2428.66	2468.8	1310.35	219.61	261.69	159.21	107.59	1361.13	2434.6	2460.22	1335.5	219.58	260.33	0.59	-0.51	0.79	0.24	-0.35	1.92	-0.01	-0.52
BIE 43	154.27	131.7	1638.39	2183.41	2326.47	1495.33	231.88	262.6	152.13	128.11	1529.03	2169.72	2235.5	1463.25	224.48	255.44	-1.39	-2.73	-6.67	-0.63	-3.91	-2.15	-3.19	-2.73
BIE 61	138.69	119.63	1112.48	2171.45	2177.27	1106.66	180.22	219.31	138.92	118.74	1129.81	2147.51	2169.32	1108	184.01	217.45	0.17	-0.74	1.56	-1.10	-0.37	0.12	2.10	-0.85
BOU 03	131.43	107.23	1137.06	1670.81	1688.32	1119.56	172.66	183.09	129.5	103.6	1095.04	1611.02	1628.69	1077.37	168.84	177.09	-1.47	-3.39	-3.70	-3.58	-3.53	-3.77	-2.21	-3.28
ECH 08	121.45	104.01	890.54	1542.16	1547.96	884.74	156.82	180.21	119.2	100.6	853.6	1484.32	1501.49	836.43	155.42	179.73	-1.85	-3.28	-4.15	-3.75	-3.00	-5.46	-0.89	-0.27
ETA 06	112.84	97.15	843.4	1205.53	1219.68	829.25	141.31	160.51	112.97	94.27	1015.43	1021.03	1213.69	822.77	163.17	161.49	0.12	-2.96	20.40	-15.30	-0.49	-0.78	15.47	0.61
LAU 01	104.18	83.52	679.62	1045.14	1084.08	640.68	131.2	145.5	103.57	81.29	677.43	1014.24	1062.53	629.15	129.48	143.15	-0.59	-2.67	-0.32	-2.96	-1.99	-1.80	-1.31	-1.62
LAU 14	145.09	111.07	1268.04	2050.16	2082.3	1235.9	199.53	229.54	143.65	106.38	1240.06	1968.69	2009.2	1199.55	196.17	226.03	-0.99	-4.22	-2.21	-3.97	-3.51	-2.94	-1.68	-1.53
LAU 31	129.6	97.49	1046.3	1559.21	1573.91	1031.6	168.99	195.27	126.26	92.11	995.14	1443.44	1460.46	978.12	158.39	182.96	-2.58	-5.52	-4.89	-7.42	-7.21	-5.18	-6.27	-6.30
LAU 35	122.46	97.51	900.15	1473.15	1480.97	892.33	160	181.15	122.11	96.67	873.29	1493.77	1502.69	864.37	155.86	186.26	-0.29	-0.86	-2.98	1.40	1.47	-3.13	-2.59	2.82
LAU 45	107.62	90.67	854.74	970.49	1052.18	773.05	144.93	143.84	106.92	88.99	850.43	947.92	1040.3	758.05	141.28	140	-0.65	-1.85	-0.50	-2.33	-1.13	-1.94	-2.52	-2.67
LAU 47	125.02	100.89	1007.27	1460.73	1468.43	999.57	169.86	181.38	124.11	99.67	1003.9	1416.49	1426.17	994.22	167.39	179.55	-0.73	-1.21	-0.33	-3.03	-2.88	-0.54	-1.45	-1.01
LAU 48	110.32	89.98	816.81	1122.85	1136	803.67	137.93	138.75	110.09	89.12	818.21	1106.2	1118.06	806.35	137.11	138.47	-0.21	-0.96	0.17	-1.48	-1.58	0.33	-0.59	-0.20
LAU 51	128.95	109.28	1053.95	1626.07	1660.05	1019.97	174.47	208.43	127.75	106.66	1025.86	1594.44	1629.13	991.18	172.83	208.01	-0.93	-2.40	-2.67	-1.95	-1.86	-2.82	-0.94	-0.20
LAU 58	159.32	117.95	1518.6	2444.91	2466.19	1497.32	222.83	250.01	154.89	110.73	1423.91	2246.32	2266.24	1403.99	207.78	237.74	-2.78	-6.12	-6.24	-8.12	-8.11	-6.23	-6.75	-4.91
MOI 09	147.65	113.02	1389.16	2082.96	2239.17	1232.95	203.14	232.04	145.24	106.62	1232.28	2022.02	2064.5	1189.8	192.59	240.63	-1.63	-5.66	-11.29	-2.93	-7.80	-3.50	-5.19	3.70
MOI 10	134.18	99.61	1189.87	1531.13	1540.4	1180.6	190.24	198.7	133.99	98.04	1214.47	1477.65	1505.2	1186.93	189.92	192.79	-0.14	-1.58	2.07	-3.49	-2.29	0.54	-0.17	-2.97
PAM 06	153.82	102.13	1371.57	2034.7	2045.43	1360.84	209.56	244.68	153.97	97.6	1376.57	1965.11	1975.28	1366.4	206.21	235.12	0.10	-4.44	0.36	-3.42	-3.43	0.41	-1.60	-3.91
PAM 14	145.34	106.42	1234.63	1974.41	1977.05	1231.99	189.31	227.86	144.82	99.33	1225.27	1814.18	1814.87	1224.58	189.7	222.09	-0.36	-6.66	-0.76	-8.12	-8.20	-0.60	0.21	-2.53
PAM 15	163.63	110.29	1552.55	2392.02	2421.43	1523.14	219.83	250.76	162.96	106.45	1553.52	2286.79	2339.68	1500.63	214.83	243.65	-0.41	-3.48	0.06	-4.40	-3.38	-1.48	-2.27	-2.84
RSI 07	134.47	95.59	1335.7	1431.87	1674.38	1093.18	183.65	179.69	135.19	92.6	1326.91	1424.65	1663.12	1088.44	183.18	177.62	0.54	-3.13	-0.66	-0.50	-0.67	-0.43	-0.26	-1.15
SER 11	98.11	85.94	597.16	997.76	998.31	596.61	113.65	131.06	97.12	85.11	585.31	984.5	987.53	582.28	109.31	127.92	-1.01	-0.97	-1.98	-1.33	-1.08	-2.40	-3.82	-2.40
STP 04	89.74	72.57	596.07	652.65	702.65	546.07	109.11	107.69	86.39	68.2	543.59	602.09	642.29	503.39	100.45	101.16	-3.73	-6.02	-8.80	-7.75	-8.59	-7.82	-7.94	-6.06
STP 14	114.49	97.19	749.76	1473.49	1475.22	748.03	126.97	171.26	111.38	92.85	698.5	1408.94	1413.58	693.85	123.17	161.86	-2.72	-4.47	-6.84	-4.38	-4.18	-7.24	-2.99	-5.49
STP 19 - padding?	123.28	96.77	811.74	1656.07	1660.37	807.44	144.96	192.86	125.54	84.49	797.73	1606.63	1618.38	785.98	142.09	188.35	1.83	-12.69	-1.73	-2.99	-2.53	-2.66	-1.98	-2.34
TRE 02	123.46	106.3	1043.7	1388.76	1389.4	1043.07	172.91	178.99	123.48	105.04	1022.67	1404.36	1404.44	1022.6	169.62	181.07	0.02	-1.19	-2.01	1.12	1.08	-1.96	-1.90	1.16
VAL 11	125.2	79.68	852.46	1401.39	1433.17	820.68	138.59	179.97	124.26	75.55	816.08	1371.9	1390.78	797.2	131.83	172.64	-0.75	-5.18	-4.27	-2.10	-2.96	-2.86	-4.88	-4.07
VLT 02	123.14	93.34	962.92	1387.21	1391.27	958.86	156.38	167.96	121.22	89.49	923.52	1330.96	1336.09	918.39	152.78	163.57	-1.56	-4.12	-4.09	-4.05	-3.97	-4.22	-2.30	-2.61
YSR 06	152	119.06	1331.85	2414.15	2425.53	1320.46	207.18	256.05	150.49	113.41	1292.15	2327.86	2339.28	1280.72	204.31	245.97	-0.99	-4.75	-2.98	-3.57	-3.56	-3.01	-1.39	-3.94
VSR 07	125.49	95.21	833.26	1691.88	1700.42	824.72	149.7	212.75	123.29	93.54	807.28	1625.92	1628.9	804.3	147.3	204.19	-1.75	-1.75	-3.12	-3.90	-4.21	-2.48	-1.60	-4.02

Annexe 5.5. Estimation de l'erreur de mesure de la profondeur des courbures médiales (med) et latérales (lat) des clavicules gauches (g) et droites (d), no = non observable.

1ère observation				2ème observation				calcul de l'erreur de mesure: S(i) *			
prof courb med	prof courb lat	prof courb med	prof courb lat	prof courb med	prof courb lat	prof courb med	prof courb lat	prof courb med	prof courb lat	prof courb med	prof courb lat
g	g	d	d	g	d	g	d	$(X_{12} - X_{13})^2$	$(X_{12} - X_{14})^2$	$(X_{12} - X_{15})^2$	$(X_{12} - X_{16})^2$
ANG 06	19.1	15.5	20.3	14.2	14.2	18.7	15.5	20.4	14.3	0	0.01
ANG 07	22.8	11.5	22.5	12.2	12.2	22.5	11.6	22.5	12.3	0.01	0
ANG 11	24	15.9	23.9	15.4	15.4	24.1	15.8	23.7	15.7	0.01	0.04
ANG 20	17.9	10.7	10.3	13.7	13.7	17.9	10.7	10.4	13.5	0	0.01
ANG 35	15.3	no	18.1	11.1	11.1	15.1	no	18	11	0.04	0.01
APP 02	16	14.3	20.5	14.6	14.6	15.5	14.3	20.4	14.8	0.25	0.01
BEX 03	23.5	10.1	22	8.3	8.3	23.6	9.9	21.9	8.3	0.01	0
BEX 07	15.4	13.9	no	13.8	13.8	15.5	13.8	no	13.7	0.01	0.01
BEX 14	20.8	14.6	22.9	10.9	10.9	20.7	14.6	22.8	10.8	0.01	0.01
BIE 11	9.9	15.1	10.8	15.7	15.7	10	15	10.7	15.7	0.01	0
BIE 16	19.3	12.7	18.5	13.4	13.4	19.1	12.7	18.5	13.4	0.04	0
BIE 36	15.2	7.3	14.4	9.7	9.7	15.3	7.2	14.2	9.8	0.01	0.01
BIE 41	18.1	15	20.8	18.2	18.2	17.8	14.9	20.9	17.9	0.09	0.01
BIE 65	19.3	11.6	19.1	11.2	11.2	19.2	11.7	19.1	11.1	0.01	0
BIE 67	no	9.2	17.7	11.4	11.4	no	no	17.6	11	0.01	0.16
ECH 12	16.1	10.2	15.7	11.4	11.4	16.1	10.2	15.7	11.3	0	0
ECH 13	17	15.7	13.3	16.4	16.4	16.8	15.7	13.3	16.2	0.04	0
LAU 16	15.3	14.9	15.3	14.1	14.1	15.3	14.9	15.2	13.8	0	0
LAU 32	18.2	13.8	18.3	11.6	11.6	18.1	13.7	18.5	11.3	0.01	0.01
LAU 36	17.7	11.4	17.5	12.3	12.3	17.8	11.3	17.5	12.4	0.01	0.01
LAV 01	16.1	15.7	17.8	15.2	15.2	16.1	15.3	17.7	15.2	0	0
LSZ 02	17.4	16.8	16.8	15.8	15.8	17.2	16.8	16.8	15.8	0.04	0
LSZ 25	22.4	13.8	21.8	14.8	14.8	22.2	13.8	22	14.6	0.04	0.04
LSZ 27	18.4	11.3	18.7	11.7	11.7	18.8	11.3	18.7	11.7	0.16	0
PRO 07	19	14.1	19.3	18	18	18.7	14.1	19.2	18.2	0.09	0.04
TRE 24	20	16.5	23.3	16.1	16.1	19.9	16.4	23.2	16.1	0.01	0
TRE 36	21.4	12.3	22.3	10.8	10.8	21.9	12.1	22.4	10.7	0.25	0.01
TRE 38	19.7	10.4	17.4	12.4	12.4	19.8	10.6	17.5	12.4	0.01	0
VAL 09	18.2	8	18.3	7.8	7.8	18.5	8.3	18.5	7.8	0.09	0.04
VLD 01	20.2	14.3	16.8	14.9	14.9	20.6	14.2	16.8	15	0.16	0.01

* Dahlberg 1940.

S(i)	0.169	0.093	0.078	0.118

Annexe 5.6a. Statistiques descriptives des variables mesurées sur la clavicule. Voir le système d'abréviation des variables (planche MEMO) - miss = données manquantes.

	var. type I	var. type II	type de var.	n tot	n	n miss	% miss	min	max	moy	ds
C1gT	x		quant	235	179	56	23.8	68.27	172.46	112.41	20.30
C1gCA	x		quant	235	177	58	24.7	42.37	116.22	72.13	15.50
C1gPC		x	quant	235	177	58	24.7	41.56	93.42	64.77	10.94
C1glx	x		quant	235	177	58	24.7	274.10	2168.25	863.15	352.24
C1gly	x		quant	235	177	58	24.7	374.30	2086.00	960.73	361.09
C1glxy		x	quant	235	177	58	24.7	0.30	2.09	0.95	0.34
C1glma	x		quant	235	177	58	24.7	434.65	2476.68	1146.73	413.58
C1glmi	x		quant	235	177	58	24.7	271.81	1505.10	677.15	254.41
C1glmm		x	quant	235	177	58	24.7	1.02	3.45	1.75	0.45
C1gJMM		x	quant	235	177	58	24.7	706.46	3981.59	1823.88	636.40
C1gTH	x		quant	235	177	58	24.7	-84.60	86.49	31.98	29.81
C1dT	x		quant	235	187	48	20.4	75.13	224.41	120.90	22.49
C1dCA	x		quant	235	182	53	22.6	38.03	122.56	73.65	16.06
C1dPC		x	quant	235	182	53	22.6	34.21	95.66	61.66	11.57
C1dlx	x		quant	235	182	53	22.6	311.20	3314.70	975.20	423.95
C1dly	x		quant	235	182	53	22.6	361.80	2913.00	1070.55	425.89
C1dlxy		x	quant	235	182	53	22.6	0.40	2.37	0.97	0.38
C1dlma	x		quant	235	182	53	22.6	506.37	3557.56	1284.21	481.79
C1dlmi	x		quant	235	182	53	22.6	295.32	2670.10	761.54	317.82
C1dlmm		x	quant	235	182	53	22.6	1.06	4.83	1.76	0.48
C1dJMM		x	quant	235	182	53	22.6	841.10	6227.70	2045.75	757.68
C1dTH	x		quant	235	182	53	22.6	-87.90	88.38	-30.90	33.62
C1asT		x	quant	235	178	57	24.3	-26.56	26.86	6.77	8.78
C1asCA		x	quant	235	173	62	26.4	-47.15	43.65	1.36	10.83
C1asPC		x	quant	235	173	62	26.4	-37.04	29.76	-5.27	9.44
C1aslx		x	quant	235	173	62	26.4	-57.57	64.21	10.70	21.24
C1asly		x	quant	235	173	62	26.4	-67.75	74.84	9.01	22.46
C1aslxy		x	quant	235	173	62	26.4	-85.19	73.17	1.69	28.54
C1aslma		x	quant	235	173	62	26.4	-55.95	73.37	10.20	17.69
C1aslmi		x	quant	235	173	62	26.4	-52.39	64.15	9.68	19.99
C1aslmm		x	quant	235	173	62	26.4	-51.39	58.47	0.48	18.33
C1asJMM		x	quant	235	173	62	26.4	-54.13	56.82	10.11	16.64
C2gT	x		quant	235	184	51	21.7	62.17	153.26	104.76	17.63
C2gCA	x		quant	235	182	53	22.6	41.55	119.37	73.73	14.36
C2gPC		x	quant	235	182	53	22.6	43.78	96.48	70.84	10.43
C2glx	x		quant	235	182	53	22.6	231.63	1817.18	732.14	279.69
C2gly	x		quant	235	182	53	22.6	323.80	2377.68	962.39	350.51
C2glxy		x	quant	235	182	53	22.6	0.31	2.29	0.80	0.29
C2glma	x		quant	235	182	53	22.6	363.71	2822.58	1097.40	391.50
C2glmi	x		quant	235	182	53	22.6	209.14	1482.19	597.13	207.45
C2glmm		x	quant	235	182	53	22.6	1.02	3.40	1.89	0.48
C2gJMM		x	quant	235	182	53	22.6	602.59	3783.73	1694.53	563.20
C2gTH	x		quant	235	182	53	22.6	-79.50	83.40	26.39	24.16
C2dT	x		quant	235	190	45	19.1	68.11	381.10	113.80	26.71
C2dCA	x		quant	235	187	48	20.4	38.96	210.97	76.41	17.64
C2dPC		x	quant	235	187	48	20.4	43.74	96.79	67.82	10.77
C2dlx	x		quant	235	187	48	20.4	264.20	9477.46	859.04	704.36
C2dly	x		quant	235	187	48	20.4	404.65	9047.46	1136.18	714.05
C2dlxy		x	quant	235	187	48	20.4	0.30	1.91	0.80	0.30
C2dlma	x		quant	235	187	48	20.4	479.95	9591.43	1290.30	754.91
C2dlmi	x		quant	235	187	48	20.4	258.57	8933.49	704.91	647.83
C2dlmm		x	quant	235	187	48	20.4	1.06	3.95	1.93	0.50
C2dJMM		x	quant	235	187	48	20.4	738.52	18524.92	1995.21	1368.82

Annexe 5.6b. Statistiques descriptives des variables mesurées sur la clavicule. Voir le système d'abréviation des variables (planche MEMO) - miss = données manquantes.

	var. type I	var. type II	type de var.	n tot	n	n miss	% miss	min	max	moy	ds
C2dTH	x		quant	235	187	48	20.4	-83.38	89.65	-25.42	27.17
C2asT		x	quant	235	180	55	23.4	-27.58	34.24	6.92	8.72
C2asCA		x	quant	235	178	57	24.3	-27.37	22.36	2.52	9.50
C2asPC		x	quant	235	178	57	24.3	-33.49	19.60	-4.35	8.44
C2aslx		x	quant	235	178	57	24.3	-52.70	64.19	10.94	21.85
C2asly		x	quant	235	178	57	24.3	-58.38	80.20	11.74	22.43
C2aslxy		x	quant	235	178	57	24.3	-109.69	71.60	-0.75	30.21
C2aslma		x	quant	235	178	57	24.3	-56.63	62.70	12.56	18.54
C2aslmi		x	quant	235	178	57	24.3	-53.05	56.99	9.92	18.82
C2aslmm		x	quant	235	178	57	24.3	-51.61	67.36	2.63	19.00
C2asJMM		x	quant	235	178	57	24.3	-55.35	56.52	11.70	16.39
C3gT	x		quant	235	184	51	21.7	62.22	163.28	113.19	18.91
C3gCA	x		quant	235	182	53	22.6	39.25	122.69	79.08	16.44
C3gPC		x	quant	235	182	53	22.6	35.67	98.72	70.24	11.61
C3glx	x		quant	235	182	53	22.6	212.16	1717.81	747.83	281.37
C3gly	x		quant	235	182	53	22.6	422.01	3567.01	1303.25	504.16
C3glxy		x	quant	235	182	53	22.6	0.20	1.93	0.61	0.23
C3glma	x		quant	235	182	53	22.6	441.49	4126.40	1395.23	523.55
C3glmi	x		quant	235	182	53	22.6	192.68	1449.90	655.85	229.41
C3glmm		x	quant	235	182	53	22.6	1.20	5.06	2.20	0.65
C3gJMM		x	quant	235	182	53	22.6	634.17	5117.22	2051.08	702.46
C3gTH	x		quant	235	182	53	22.6	-88.66	83.91	15.69	19.77
C3dT	x		quant	235	184	51	21.7	74.45	187.09	122.04	19.23
C3dCA	x		quant	235	180	55	23.4	39.50	136.10	82.74	16.85
C3dPC		x	quant	235	180	55	23.4	39.35	98.23	68.55	12.33
C3dlx	x		quant	235	180	55	23.4	264.87	2050.90	830.19	285.21
C3dly	x		quant	235	180	55	23.4	587.80	5385.79	1501.70	626.25
C3dlxy		x	quant	235	180	55	23.4	0.20	1.75	0.60	0.22
C3dlma	x		quant	235	180	55	23.4	644.50	5928.10	1601.77	653.04
C3dlmi	x		quant	235	180	55	23.4	248.45	1699.60	730.13	221.54
C3dlmm		x	quant	235	180	55	23.4	1.16	5.26	2.23	0.65
C3dJMM		x	quant	235	180	55	23.4	1015.19	7105.86	2331.90	810.80
C3dTH	x		quant	235	180	55	23.4	-74.13	53.06	-15.86	16.57
C3asT		x	quant	235	177	58	24.7	-19.71	34.39	7.40	9.85
C3asCA		x	quant	235	172	63	26.8	-37.07	40.45	4.32	11.67
C3asPC		x	quant	235	172	63	26.8	-49.42	25.74	-2.71	9.98
C3aslx		x	quant	235	172	63	26.8	-49.43	80.54	11.01	22.92
C3asly		x	quant	235	172	63	26.8	-53.91	90.28	13.61	23.82
C3aslxy		x	quant	235	172	63	26.8	-125.68	91.25	-2.44	28.76
C3aslma		x	quant	235	172	63	26.8	-51.59	82.36	13.53	21.47
C3aslmi		x	quant	235	172	63	26.8	-38.81	85.87	10.87	21.52
C3aslmm		x	quant	235	172	63	26.8	-59.38	72.36	2.60	22.23
C3asJMM		x	quant	235	172	63	26.8	-43.05	64.85	12.75	19.19
c4g	x		quant	235	197	38	16.2	132.00	174.00	154.43	8.10
c4d	x		quant	235	197	38	16.2	128.00	174.00	152.55	8.10
c5g	x		quant	235	173	62	26.4	6.30	20.50	12.60	2.59
c5d	x		quant	235	186	49	20.9	7.30	19.40	13.02	2.58
c6g	x		quant	235	203	32	13.6	9.40	27.80	18.19	3.16
c6d	x		quant	235	198	37	15.7	10.40	26.10	18.72	3.02
c4as		x	quant	235	186	49	20.9	-7.54	5.83	-1.28	2.66
c5as		x	quant	235	161	74	31.5	-184.66	-151.34	-169.44	5.55
c6as		x	quant	235	151	84	35.7	-46.31	72.80	2.77	14.58

Annexe 5.7a. Statistiques descriptives des variables mesurées sur l'humérus. Voir le système d'abréviation des variables (planche MEMO) - miss = données manquantes.

	var. type I	var. type II	type de var.	n tot	n	n miss	% miss	min	max	moy	ds
h1gT	x		quant	235	218	17	7.2	263.58	650.31	464.66	73.34
h1gCA	x		quant	235	215	20	8.5	107.90	312.28	180.03	29.77
h1gPC		x	quant	235	215	20	8.5	26.11	60.13	39.23	6.30
h1glx	x		quant	235	215	20	8.5	4867.85	25766.15	10994.30	3231.57
h1gly	x		quant	235	215	20	8.5	4655.22	23995.90	11070.18	3200.05
h1glxy		x	quant	235	215	20	8.5	0.63	1.48	1.00	0.13
h1glma	x		quant	235	215	20	8.5	5376.86	25861.93	11967.46	3364.82
h1glmi	x		quant	235	215	20	8.5	4146.22	23900.12	10097.03	2997.22
h1glmm		x	quant	235	215	20	8.5	1.00	1.79	1.20	0.12
h1gJMM		x	quant	235	215	20	8.5	9523.08	49762.05	22064.49	6272.87
h1gTH	x		quant	235	215	20	8.5	-89.83	89.16	-20.06	46.72
h1dT	x		quant	235	221	14	6.0	280.07	675.82	485.91	77.65
h1dCA	x		quant	235	220	15	6.4	112.57	321.74	182.15	29.50
h1dPC		x	quant	235	220	15	6.4	19.31	58.66	38.06	6.55
h1dlx	x		quant	235	220	15	6.4	4448.31	27335.86	11745.45	3405.21
h1dly	x		quant	235	220	15	6.4	4694.50	25081.20	11715.00	3338.42
h1dlxy		x	quant	235	220	15	6.4	0.70	1.41	1.01	0.13
h1dlma	x		quant	235	220	15	6.4	5089.66	27336.51	12750.49	3497.76
h1dlmi	x		quant	235	220	15	6.4	4053.12	25080.52	10709.95	3146.46
h1dlmm		x	quant	235	220	15	6.4	1.01	1.67	1.20	0.12
h1dJMM		x	quant	235	220	15	6.4	9142.78	52417.03	23460.44	6562.57
h1dTH	x		quant	235	220	15	6.4	-89.10	89.03	26.12	42.93
h1asT		x	quant	235	216	19	8.1	-10.87	18.47	4.15	5.42
h1asCA		x	quant	235	213	22	9.4	-23.88	38.76	0.83	7.15
h1asPC		x	quant	235	213	22	9.4	-40.95	34.14	-3.31	7.91
h1aslx		x	quant	235	213	22	9.4	-28.08	45.35	6.04	10.91
h1asly		x	quant	235	213	22	9.4	-24.98	37.73	5.15	10.48
h1aslxy		x	quant	235	213	22	9.4	-28.85	20.75	0.89	8.91
h1aslma		x	quant	235	213	22	9.4	-28.55	48.57	5.90	11.01
h1aslmi		x	quant	235	213	22	9.4	-25.46	33.26	5.29	9.85
h1aslmm		x	quant	235	213	22	9.4	-21.35	22.03	0.62	7.78
h1asJMM		x	quant	235	213	22	9.4	-24.33	41.98	5.62	9.78
h2gT	x		quant	235	217	18	7.7	239.30	554.32	390.34	57.82
h2gCA	x		quant	235	217	18	7.7	109.25	339.36	217.36	40.80
h2gPC		x	quant	235	217	18	7.7	27.76	80.00	56.19	9.81
h2glx	x		quant	235	217	18	7.7	4410.03	21113.43	10605.92	3190.11
h2gly	x		quant	235	217	18	7.7	4199.81	18246.91	9398.26	2749.88
h2glxy		x	quant	235	217	18	7.7	0.71	1.77	1.14	0.17
h2glma	x		quant	235	217	18	7.7	4639.22	22054.20	11159.90	3247.97
h2glmi	x		quant	235	217	18	7.7	3552.72	17699.41	8844.27	2595.77
h2glmm		x	quant	235	217	18	7.7	1.02	1.79	1.27	0.15
h2gJMM		x	quant	235	217	18	7.7	8656.14	37652.37	20004.17	5715.45
h2gTH	x		quant	235	217	18	7.7	-89.13	89.93	-41.27	49.47
h2dT	x		quant	235	221	14	6.0	266.52	593.54	412.06	59.97
h2dCA	x		quant	235	221	14	6.0	116.47	355.17	222.23	41.49
h2dPC		x	quant	235	221	14	6.0	26.09	78.79	54.49	9.84
h2dlx	x		quant	235	221	14	6.0	4620.00	22660.00	11620.86	3409.11
h2dly	x		quant	235	221	14	6.0	4421.53	19710.56	10186.86	2842.01
h2dlxy		x	quant	235	221	14	6.0	0.66	2.03	1.15	0.19
h2dlma	x		quant	235	221	14	6.0	5375.69	24458.50	12194.59	3460.38
h2dlmi	x		quant	235	221	14	6.0	4080.79	18802.36	9613.13	2701.54
h2dlmm		x	quant	235	221	14	6.0	1.01	2.03	1.28	0.17
h2dJMM		x	quant	235	221	14	6.0	9510.66	40947.57	21807.72	5990.65

Annexe 5.7b. Statistiques descriptives des variables mesurées sur l'humérus. Voir le système d'abréviation des variables (planche MEMO) - miss = données manquantes.

	var. type I	var. type II	type de var.	n tot	n	n miss	% miss	min	max	moy	ds
h2dTH	x		quant	235	221	14	6.0	-89.27	88.50	36.01	53.55
h2asT		x	quant	235	215	20	8.5	-8.37	24.25	5.64	5.24
h2asC		x	quant	235	215	20	8.5	-30.27	67.45	2.31	8.86
h2asPC		x	quant	235	215	20	8.5	-40.34	45.04	-3.32	8.92
h2aslx		x	quant	235	215	20	8.5	-24.37	70.90	9.68	11.51
h2asly		x	quant	235	215	20	8.5	-20.24	81.59	8.75	12.11
h2aslxy		x	quant	235	215	20	8.5	-29.69	30.09	0.92	10.28
h2aslma		x	quant	235	215	20	8.5	-21.17	71.96	9.32	11.47
h2aslmi		x	quant	235	215	20	8.5	-20.92	80.28	9.11	11.79
h2aslmm		x	quant	235	215	20	8.5	-29.01	27.67	0.21	9.35
h2asJMM		x	quant	235	215	20	8.5	-18.34	75.49	9.26	10.68
h3gT	x		quant	235	218	17	7.2	232.40	519.08	353.82	48.16
h3gC	x		quant	235	217	18	7.7	107.64	339.11	227.78	39.71
h3gPC		x	quant	235	217	18	7.7	29.80	82.87	64.91	10.43
h3glx	x		quant	235	217	18	7.7	3916.24	17942.82	9118.72	2486.07
h3gly	x		quant	235	217	18	7.7	3596.57	16594.59	8819.10	2431.42
h3glxy		x	quant	235	217	18	7.7	0.66	1.53	1.05	0.16
h3glma	x		quant	235	217	18	7.7	3989.04	20162.19	10620.53	2820.55
h3glmi	x		quant	235	217	18	7.7	2888.02	14397.54	7317.29	2047.28
h3glmm		x	quant	235	217	18	7.7	1.01	2.11	1.47	0.21
h3gJMM		x	quant	235	217	18	7.7	7512.81	34537.41	17937.82	4704.53
h3gTH	x		quant	235	217	18	7.7	-87.01	85.77	-45.67	20.00
h3dT	x		quant	235	220	15	6.4	253.94	544.04	370.31	51.04
h3dC	x		quant	235	220	15	6.4	119.25	344.77	232.47	39.57
h3dPC		x	quant	235	220	15	6.4	26.58	85.59	63.41	10.69
h3dlx	x		quant	235	220	15	6.4	4846.66	19994.17	9891.74	2576.34
h3dly	x		quant	235	220	15	6.4	3939.29	18792.97	9504.91	2572.22
h3dlxy		x	quant	235	220	15	6.4	0.71	1.85	1.06	0.16
h3dlma	x		quant	235	220	15	6.4	5783.34	21726.08	11540.84	2977.02
h3dlmi	x		quant	235	220	15	6.4	3292.70	15766.20	7855.81	2133.57
h3dlmm		x	quant	235	220	15	6.4	1.04	2.27	1.49	0.21
h3dJMM		x	quant	235	221	14	6.0	0.00	36488.20	19308.88	5106.88
h3dTH	x		quant	235	220	15	6.4	-80.56	80.37	47.01	16.11
h3asT		x	quant	235	215	20	8.5	-11.01	19.16	4.57	4.47
h3asC		x	quant	235	214	21	8.9	-24.92	61.93	2.15	8.12
h3asPC		x	quant	235	214	21	8.9	-35.59	56.52	-2.37	7.81
h3aslx		x	quant	235	214	21	8.9	-25.25	42.47	8.35	9.97
h3asly		x	quant	235	214	21	8.9	-24.10	79.04	7.61	12.26
h3aslxy		x	quant	235	214	21	8.9	-39.93	30.08	0.71	10.93
h3aslma		x	quant	235	214	21	8.9	-30.10	49.81	8.42	10.77
h3aslmi		x	quant	235	214	21	8.9	-19.93	72.24	7.28	10.32
h3aslmm		x	quant	235	214	21	8.9	-24.64	21.33	1.14	8.69
h3asJMM		x	quant	235	214	21	8.9	-20.30	59.94	7.96	9.73
h4gT	x		quant	235	218	17	7.2	208.13	448.40	320.65	40.48
h4gC	x		quant	235	218	17	7.2	102.34	339.22	222.66	38.68
h4gPC		x	quant	235	218	17	7.2	31.05	87.17	69.79	10.50
h4glx	x		quant	235	218	17	7.2	3421.84	15835.90	8333.16	2172.04
h4gly	x		quant	235	218	17	7.2	3296.58	13375.73	6985.42	1872.16
h4glxy		x	quant	235	218	17	7.2	0.79	1.62	1.20	0.15
h4glma	x		quant	235	218	17	7.2	3714.38	17117.22	8856.16	2445.47
h4glmi	x		quant	235	218	17	7.2	3101.75	12262.54	6462.42	1614.46
h4glmm		x	quant	235	218	17	7.2	1.03	2.15	1.37	0.19
h4gJMM		x	quant	235	218	17	7.2	6816.13	29107.68	15318.58	3917.70
h4gTH	x		quant	235	218	17	7.2	-89.96	89.99	50.93	43.15
h4dT	x		quant	235	222	13	5.5	219.97	475.80	332.26	42.15

Annexe 5.7c. Statistiques descriptives des variables mesurées sur l'humérus. Voir le système d'abréviation des variables (planche MEMO) - miss = données manquantes.

	var. type I	var. type II	type de var.	n tot	n	n miss	% miss	min	max	moy	ds
h4dCA	x		quant	235	222	13	5.5	123.09	349.84	229.00	37.54
h4dPC		x	quant	235	222	13	5.5	30.52	85.21	69.38	10.30
h4dlx	x		quant	235	222	13	5.5	3720.64	16889.94	8730.09	2175.99
h4dly	x		quant	235	222	13	5.5	3898.45	15519.20	7616.88	1993.66
h4dlxy		x	quant	235	222	13	5.5	0.83	1.64	1.16	0.14
h4dlma	x		quant	235	222	13	5.5	4385.24	18051.80	9303.38	2454.29
h4dlimi	x		quant	235	222	13	5.5	3233.84	13444.50	7043.59	1722.60
h4dlmm		x	quant	235	222	13	5.5	1.02	2.13	1.33	0.18
h4dJMM		x	quant	235	222	13	5.5	7619.08	31496.30	16346.97	4044.18
h4dTH	x		quant	235	222	13	5.5	-89.34	89.49	-50.34	39.75
h4asT		x	quant	235	217	18	7.7	-25.22	16.02	3.64	4.97
h4asCA		x	quant	235	217	18	7.7	-18.46	49.24	3.07	7.41
h4asPC		x	quant	235	217	18	7.7	-25.29	48.93	-0.57	7.71
h4aslx		x	quant	235	217	18	7.7	-21.04	45.88	5.03	9.39
h4asly		x	quant	235	217	18	7.7	-26.65	50.47	9.07	11.44
h4aslxy		x	quant	235	217	18	7.7	-27.82	19.12	-4.05	8.59
h4aslma		x	quant	235	217	18	7.7	-28.11	48.09	5.56	10.05
h4aslimi		x	quant	235	217	18	7.7	-28.70	50.62	8.68	10.94
h4aslmm		x	quant	235	217	18	7.7	-28.11	30.06	-3.13	8.91
h4asJMM		x	quant	235	217	18	7.7	-23.06	46.08	6.89	9.47
h5gT	x		quant	235	217	18	7.7	227.53	473.93	332.46	44.52
h5gCA	x		quant	235	216	19	8.1	96.82	399.16	249.43	42.58
h5gPC		x	quant	235	216	19	8.1	30.04	92.16	75.36	10.19
h5glx	x		quant	235	216	19	8.1	2804.44	14351.75	6976.79	1848.31
h5gly	x		quant	235	216	19	8.1	4374.02	26097.04	11803.58	3944.40
h5glxy		x	quant	235	216	19	8.1	0.23	1.05	0.62	0.13
h5glma	x		quant	235	216	19	8.1	4402.16	27649.17	12895.03	4186.20
h5glmi	x		quant	235	216	19	8.1	2803.80	11195.32	5885.33	1534.17
h5glmm		x	quant	235	216	19	8.1	1.30	5.29	2.20	0.51
h5gJMM		x	quant	235	216	19	8.1	7800.97	38820.50	18780.36	5404.13
h5gTH	x		quant	235	216	19	8.1	-3.52	47.62	23.21	7.30
h5dT	x		quant	235	219	16	6.8	244.11	486.62	342.76	46.22
h5dCA	x		quant	235	219	16	6.8	121.26	402.91	257.32	39.36
h5dPC		x	quant	235	219	16	6.8	27.81	95.30	75.51	9.30
h5dlx	x		quant	235	219	16	6.8	3597.55	14732.63	7270.04	1792.78
h5dly	x		quant	235	219	16	6.8	6092.22	27838.41	12615.65	3914.31
h5dlxy		x	quant	235	219	16	6.8	0.22	1.09	0.60	0.12
h5dlma	x		quant	235	219	16	6.8	6595.73	28447.32	13590.72	4099.84
h5dlimi	x		quant	235	219	16	6.8	3183.40	12062.69	6294.96	1565.77
h5dlmm		x	quant	235	219	16	6.8	1.42	5.37	2.17	0.46
h5dJMM		x	quant	235	219	16	6.8	10237.62	40197.82	19885.69	5369.47
h5dTH	x		quant	235	219	16	6.8	-50.37	1.82	-21.09	7.22
h5asT		x	quant	235	214	21	8.9	-10.91	21.90	3.22	4.63
h5asCA		x	quant	235	214	21	8.9	-18.35	70.69	3.59	8.65
h5asPC		x	quant	235	214	21	8.9	-13.44	65.10	0.37	7.31
h5aslx		x	quant	235	214	21	8.9	-34.30	64.90	4.54	11.19
h5asly		x	quant	235	214	21	8.9	-23.32	70.81	8.01	14.59
h5aslxy		x	quant	235	214	21	8.9	-47.39	50.42	-3.50	13.09
h5aslma		x	quant	235	214	21	8.9	-24.61	71.98	6.61	14.20
h5aslimi		x	quant	235	214	21	8.9	-27.25	62.44	6.93	9.95
h5aslmm		x	quant	235	214	21	8.9	-27.80	41.74	-0.30	11.36
h5asJMM		x	quant	235	214	21	8.9	-21.71	68.81	6.68	11.89
h6g	x		quant	235	220	15	6.4	293.00	376.50	329.86	15.73
h6d	x		quant	235	224	11	4.7	299.50	376.50	332.15	16.10
h7g	x		quant	235	196	39	16.6	52.10	72.60	63.78	3.53

Annexe 5.7d. Statistiques descriptives des variables mesurées sur l'humérus. Voir le système d'abréviation des variables (planche MEMO) - miss = données manquantes.

	var. type I	var. type II	type de var.	n tot	n	n miss	% miss	min	max	moy	ds
h7d	x		quant	235	189	46	19.6	54.30	73.40	64.42	3.50
h8g	x		quant	235	178	57	24.3	38.00	54.00	46.46	2.69
h8d	x		quant	235	183	52	22.1	39.50	56.10	47.18	2.75
h9g	x		quant	235	179	56	23.8	42.50	54.40	48.04	2.37
h9d	x		quant	235	164	71	30.2	43.40	56.30	48.64	2.42
h10g	x		quant	235	155	80	34.0	32.50	41.80	37.26	2.02
h10d	x		quant	235	153	82	34.9	32.80	44.90	38.06	2.13
h6as		x	quant	235	170	65	27.7	-48.85	95.92	33.91	26.72
h7as		x	quant	235	183	52	22.1	-35.44	62.77	2.51	13.29
h8as		x	quant	235	184	51	21.7	170.79	187.79	178.50	3.37
h9as		x	quant	235	214	21	8.9	-2.72	3.52	0.70	1.06
h10as		x	quant	235	189	46	19.6	-143.46	-126.03	-135.46	3.01

Annexe 5.8a. Statistiques descriptives des variables mesurées sur le radius. Voir le système d'abréviation des variables (planche MEMO) - miss = données manquantes.

	var. type I	var. type II	type de var.	n tot	n	n miss	% miss	min	max	moy	ds
r1gT	x		quant	235	209	26	11.1	102.17	202.06	145.42	21.20
r1gCA	x		quant	235	208	27	11.5	34.91	136.09	95.38	16.57
r1gPC		x	quant	235	208	27	11.5	25.24	84.21	66.03	9.26
r1glx	x		quant	235	207	28	11.9	592.49	2933.66	1470.47	457.54
r1gly	x		quant	235	207	28	11.9	715.28	2886.91	1553.05	461.18
r1glxy		x	quant	235	207	28	11.9	0.51	1.59	0.96	0.16
r1glma	x		quant	235	208	27	11.5	752.53	3187.75	1664.10	493.95
r1glmi	x		quant	235	208	27	11.5	555.24	2742.39	1355.97	410.19
r1glmm		x	quant	235	208	27	11.5	1.02	2.12	1.24	0.16
r1gJMM		x	quant	235	208	27	11.5	1307.77	5820.56	3020.07	884.40
r1gTH	x		quant	235	207	28	11.9	-89.92	85.38	-0.31	44.57
r1dT	x		quant	235	205	30	12.8	108.78	235.79	149.70	22.02
r1dCA	x		quant	235	205	30	12.8	48.62	143.41	96.90	15.89
r1dPC		x	quant	235	205	30	12.8	36.04	84.21	65.14	8.74
r1dlx	x		quant	235	205	30	12.8	772.07	3190.67	1547.35	466.18
r1dly	x		quant	235	205	30	12.8	831.06	3636.42	1639.66	494.29
r1dlxy		x	quant	235	205	30	12.8	0.49	1.45	0.96	0.16
r1dlma	x		quant	235	205	30	12.8	912.79	3644.22	1753.48	514.58
r1dlmi	x		quant	235	205	30	12.8	713.32	3182.87	1433.54	427.27
r1dlmm		x	quant	235	205	30	12.8	1.02	2.05	1.23	0.15
r1dJMM		x	quant	235	205	30	12.8	1626.10	6827.10	3187.02	921.41
r1dTH	x		quant	235	205	30	12.8	-86.77	89.16	-3.00	45.33
r1asT		x	quant	235	203	32	13.6	-12.81	28.08	2.86	7.45
r1asCA		x	quant	235	202	33	14.0	-29.87	40.57	1.65	8.94
r1asPC		x	quant	235	202	33	14.0	-29.07	38.96	-1.27	7.78
r1aslx		x	quant	235	201	34	14.5	-49.43	72.15	5.19	18.47
r1asly		x	quant	235	201	34	14.5	-46.76	41.32	5.02	15.33
r1aslxy		x	quant	235	201	34	14.5	-85.51	69.49	0.21	17.66
r1aslma		x	quant	235	202	33	14.0	-35.08	52.51	5.00	15.91
r1aslmi		x	quant	235	202	33	14.0	-31.67	67.65	5.43	15.70
r1aslmm		x	quant	235	202	33	14.0	-65.41	46.58	-0.43	12.83
r1asJMM		x	quant	235	202	33	14.0	-30.90	55.46	5.20	14.52
r2gT	x		quant	235	209	26	11.1	91.67	186.39	135.33	18.12
r2gCA	x		quant	235	208	27	11.5	43.69	146.38	106.93	16.10
r2gPC		x	quant	235	208	27	11.5	35.09	93.39	79.32	8.29
r2glx	x		quant	235	206	29	12.3	533.53	2003.39	1091.83	297.39
r2gly	x		quant	235	206	29	12.3	842.38	4282.11	2115.07	626.21
r2glxy		x	quant	235	206	29	12.3	0.30	0.88	0.53	0.11
r2glma	x		quant	235	208	27	11.5	844.22	4282.44	2151.38	626.40
r2glmi	x		quant	235	208	27	11.5	532.08	1899.19	1052.98	282.34
r2glmm		x	quant	235	208	27	11.5	1.17	3.34	2.06	0.37
r2gJMM		x	quant	235	208	27	11.5	1456.77	5835.20	3204.35	869.11
r2gTH	x		quant	235	206	29	12.3	-37.48	23.52	-5.45	10.11
r2dT	x		quant	235	207	28	11.9	94.86	207.98	141.40	19.41
r2dCA	x		quant	235	207	28	11.9	58.44	161.11	110.20	16.65
r2dPC		x	quant	235	207	28	11.9	39.28	92.53	78.27	8.45
r2dlx	x		quant	235	207	28	11.9	554.25	2177.40	1199.67	332.88
r2dly	x		quant	235	207	28	11.9	992.93	4673.71	2290.39	686.61
r2dlxy		x	quant	235	207	28	11.9	0.32	0.90	0.54	0.10
r2dlma	x		quant	235	207	28	11.9	1004.01	4704.02	2351.90	697.52
r2dlmi	x		quant	235	207	28	11.9	543.17	2157.49	1138.16	317.34
r2dlmm		x	quant	235	207	28	11.9	1.20	3.51	2.09	0.38
r2dJMM		x	quant	235	207	28	11.9	1547.20	6851.10	3490.06	972.44

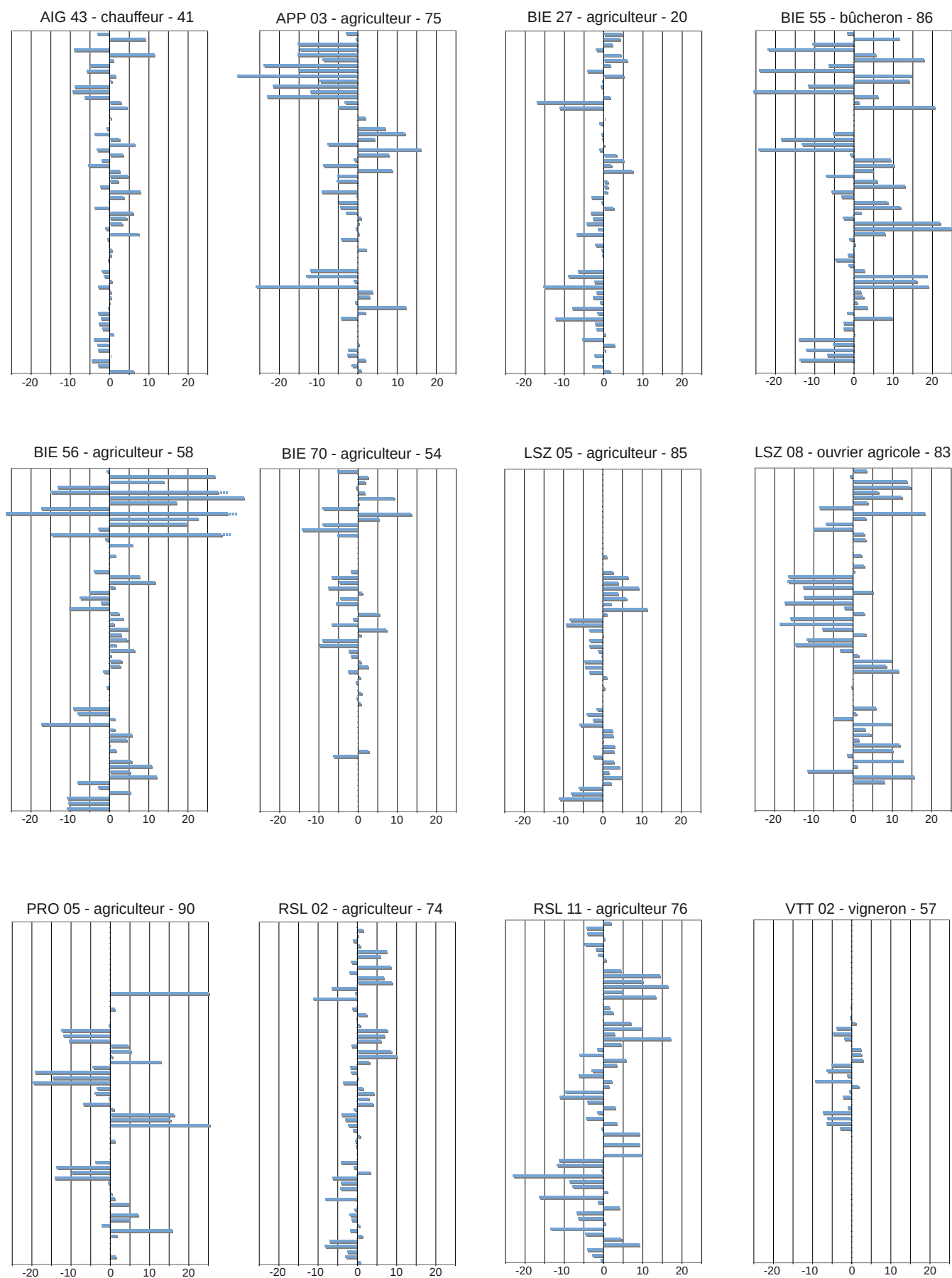
Annexe 5.8b. Statistiques descriptives des variables mesurées sur le radius. Voir le système d'abréviation des variables (planche MEMO) - miss = données manquantes.

	var. type I	var. type II	type de var.	n tot	n	n miss	% miss	min	max	moy	ds
r2dTH	x		quant	235	207	28	11.9	-15.73	37.56	9.64	9.69
r2asT		x	quant	235	205	30	12.8	-11.17	20.14	4.36	5.62
r2asCA		x	quant	235	204	31	13.2	-24.98	28.88	3.16	6.73
r2asPC		x	quant	235	204	31	13.2	-31.89	19.52	-1.23	4.84
r2aslx		x	quant	235	202	33	14.0	-29.19	46.74	9.45	14.72
r2asly		x	quant	235	202	33	14.0	-23.93	57.79	8.04	13.60
r2aslxy		x	quant	235	202	33	14.0	-44.91	47.74	1.41	15.91
r2aslma		x	quant	235	204	31	13.2	-23.00	57.63	8.97	13.79
r2aslmi		x	quant	235	204	31	13.2	-24.63	37.39	7.55	12.56
r2aslmm		x	quant	235	204	31	13.2	-38.26	46.44	1.44	13.81
r2asJMM		x	quant	235	204	31	13.2	-20.48	48.93	8.53	11.79
r3gT	x		quant	235	207	28	11.9	77.17	187.68	128.17	17.51
r3gCA	x		quant	235	206	29	12.3	43.67	137.01	97.03	14.53
r3gPC		x	quant	235	206	29	12.3	39.03	93.26	76.15	8.93
r3glx	x		quant	235	204	31	13.2	495.34	1908.02	1011.85	265.80
r3gly	x		quant	235	204	31	13.2	465.81	3356.86	1585.57	469.03
r3glxy		x	quant	235	204	31	13.2	0.38	1.11	0.65	0.11
r3glma	x		quant	235	206	29	12.3	575.00	3428.00	1603.85	469.39
r3glmi	x		quant	235	206	29	12.3	386.53	1862.65	988.27	261.41
r3glmm		x	quant	235	206	29	12.3	1.04	2.93	1.63	0.25
r3gJMM		x	quant	235	206	29	12.3	961.15	5264.88	2592.12	704.84
r3gTH	x		quant	235	205	30	12.8	-76.00	49.50	3.99	13.75
r3dT	x		quant	235	207	28	11.9	87.90	198.32	132.44	18.40
r3dCA	x		quant	235	207	28	11.9	55.03	143.62	99.64	14.91
r3dPC		x	quant	235	207	28	11.9	39.09	91.91	75.64	8.85
r3dlx	x		quant	235	207	28	11.9	506.45	2204.04	1068.59	288.80
r3dly	x		quant	235	207	28	11.9	625.52	3589.57	1700.60	499.31
r3dlxy		x	quant	235	207	28	11.9	0.37	1.01	0.64	0.10
r3dlma	x		quant	235	207	28	11.9	667.81	3594.68	1719.42	498.94
r3dlmi	x		quant	235	207	28	11.9	505.22	2182.76	1049.77	286.49
r3dlmm		x	quant	235	207	28	11.9	1.08	2.74	1.65	0.25
r3dJMM		x	quant	235	207	28	11.9	1192.10	5731.40	2769.19	762.20
r3dTH	x		quant	235	208	27	11.5	-44.60	47.00	-3.14	11.35
r3asT		x	quant	235	204	31	13.2	-14.16	20.88	3.44	5.63
r3asCA		x	quant	235	203	32	13.6	-19.75	26.96	2.94	6.87
r3asPC		x	quant	235	203	32	13.6	-18.94	25.07	-0.54	4.92
r3aslx		x	quant	235	201	34	14.5	-35.95	33.67	5.98	12.08
r3asly		x	quant	235	201	34	14.5	-33.88	48.07	7.49	14.59
r3aslxy		x	quant	235	201	34	14.5	-56.00	42.86	-1.52	14.23
r3aslma		x	quant	235	203	32	13.6	-35.60	49.69	7.32	14.03
r3aslmi		x	quant	235	203	32	13.6	-36.14	49.35	6.36	12.01
r3aslmm		x	quant	235	203	32	13.6	-35.93	44.89	0.96	13.11
r3asJMM		x	quant	235	203	32	13.6	-29.49	40.45	6.94	11.76
r4gT	x		quant	235	204	31	13.2	107.36	273.79	180.95	29.09
r4gCA	x		quant	235	202	33	14.0	41.74	139.98	89.99	14.19
r4gPC		x	quant	235	202	33	14.0	24.67	72.20	50.51	8.52
r4glx	x		quant	235	201	34	14.5	610.27	2775.83	1424.18	412.95
r4gly	x		quant	235	201	34	14.5	1039.78	5571.80	2765.79	828.73
r4glxy		x	quant	235	201	34	14.5	0.36	0.74	0.52	0.08
r4glma	x		quant	235	202	33	14.0	1083.25	5572.54	2779.99	828.95
r4glmi	x		quant	235	202	33	14.0	589.04	2775.58	1405.38	409.35
r4glmm		x	quant	235	202	33	14.0	1.41	3.08	2.00	0.29
r4gJMM		x	quant	235	202	33	14.0	1709.90	8050.40	4185.37	1203.46
r4gTH	x		quant	235	201	34	14.5	-23.96	18.93	-2.24	6.85
r4dT	x		quant	235	207	28	11.9	121.20	283.20	186.24	29.46

Annexe 5.8c. Statistiques descriptives des variables mesurées sur le radius. Voir le système d'abréviation des variables (planche MEMO) - miss = données manquantes.

	var. type I	var. type II	type de var.	n tot	n	n miss	% miss	min	max	moy	ds
r4dCA	x		quant	235	205	30	12.8	46.31	127.65	92.46	13.34
r4dPC		x	quant	235	205	30	12.8	24.81	74.00	50.48	8.47
r4dlx	x		quant	235	205	30	12.8	664.56	2998.17	1501.39	413.22
r4dly	x		quant	235	205	30	12.8	1222.89	5551.59	2909.12	833.52
r4dlxy		x	quant	235	205	30	12.8	0.36	0.75	0.52	0.08
r4dlma	x		quant	235	205	30	12.8	1223.17	5569.12	2932.13	836.19
r4dlmi	x		quant	235	205	30	12.8	664.41	2980.64	1478.38	408.75
r4dlmm		x	quant	235	205	30	12.8	1.33	2.87	2.00	0.28
r4dJMM		x	quant	235	205	30	12.8	1983.04	8549.76	4410.51	1214.27
r4dTH	x		quant	235	205	30	12.8	-20.02	25.43	3.45	6.76
r4asT		x	quant	235	200	35	14.9	-18.21	23.92	3.16	5.94
r4asCA		x	quant	235	197	38	16.2	-32.80	54.14	3.19	8.72
r4asPC		x	quant	235	197	38	16.2	-29.55	46.68	0.05	7.83
r4aslx		x	quant	235	196	39	16.6	-42.66	58.61	6.17	14.05
r4asly		x	quant	235	196	39	16.6	-30.13	51.14	6.00	12.99
r4aslxy		x	quant	235	196	39	16.6	-31.44	31.15	0.17	11.34
r4aslma		x	quant	235	197	38	16.2	-30.48	51.20	6.17	12.80
r4aslmi		x	quant	235	197	38	16.2	-41.95	58.51	5.91	13.94
r4aslmm		x	quant	235	197	38	16.2	-26.83	29.04	0.26	10.55
r4asJMM		x	quant	235	197	38	16.2	-33.87	53.82	6.08	12.24
r5g	x		quant	235	209	26	11.1	212.50	271.00	241.23	12.15
r5d	x		quant	235	214	21	8.9	214.50	275.00	243.45	12.07
r6g	x		quant	235	228	7	3.0	14.60	22.50	17.99	1.47
r6d	x		quant	235	221	14	6.0	12.80	22.60	18.41	1.61
r7g	x		quant	235	225	10	4.3	10.20	36.00	12.62	1.83
r7d	x		quant	235	217	18	7.7	10.80	35.00	12.89	1.80
r8g	x		quant	235	181	54	23.0	25.00	67.00	34.07	3.20
r8d	x		quant	235	186	49	20.9	29.00	40.00	33.74	1.90
r9g	x		quant	235	137	98	41.7	20.00	29.50	25.48	1.74
r9d	x		quant	235	153	82	34.9	21.70	30.40	25.60	1.78
r10g	x		quant	235	152	83	35.3	20.00	28.50	24.26	1.45
r10d	x		quant	235	155	80	34.0	0.00	29.80	24.37	2.46
r11g	x		quant	235	130	105	44.7	18.70	26.40	22.70	1.40
r11d	x		quant	235	130	105	44.7	20.10	27.20	23.09	1.43
r12g	x		quant	235	139	96	40.9	61.00	89.00	74.04	4.45
r12d	x		quant	235	151	84	35.7	65.00	91.00	74.73	4.51
r13g	x		quant	235	138	97	41.3	20.00	29.50	25.38	1.78
r13d	x		quant	235	152	83	35.3	21.20	30.40	25.47	1.88
r5as		x	quant	235	172	63	26.8	-5.29	7.99	1.05	2.35
r6as		x	quant	235	154	81	34.5	-41.37	-23.56	-32.58	3.88
r7as		x	quant	235	150	85	36.2	-5.86	13.66	1.57	3.09
r8as		x	quant	235	144	91	38.7	-10.36	15.64	2.49	4.81
r9as		x	quant	235	147	88	37.4	-6.16	10.33	0.74	2.13
r10as		x	quant	235	119	116	49.4	-38.81	-15.57	-26.93	5.03
r11as		x	quant	235	119	116	49.4	-7.76	16.10	2.16	3.64
r12as		x	quant	235	140	95	40.4	137.23	152.31	145.48	2.97
r13as		x	quant	235	196	39	16.6	-3.28	3.91	0.85	1.15

ANNEXES au chapitre 6



Annexe 6.1. Ensemble des profils d'asymétries des mesures linéaires et des propriétés géométriques qui mélangent dans des proportions variables les caractéristiques des deux principaux types de profils reconnus. Sous-groupe appelé "cas limites".

Annexe 6.2. Liste des individus dont le profil d'asymétrie des mesures linéaires et des propriétés géométriques est inversé ou atypique par rapport aux valeurs moyennes de l'ensemble de la population.

Sous-groupe des "profils inversés"

no inv	dominance	groupe activité	âge au décès	profession	Liens de parenté
AIG35	9	A	67	agriculteur	frère de AIG 34
BOU02	9	A	73	agriculteur	
ETA09	9	A	55	ouvrier agricole	
LAV11	9	A	31	ouvrier agricole	
PAM07	9	A	68	agriculteur	
PRO06	prob g	A	61	ouvrier agricole	frère de PRO 5
VAL17	9	A	76	ouvrier agricole	cousin germain de VAL 3
VLD01	9	A	48	agriculteur	cousin de VLD 2
AIG23	prob g	SL	58	vigneron	frère de AIG 22
MOI10	prob g	SL	57	fromager	
AIG46	prob g	NA	81	ptt	frère de AIG 47
LAU58	9	NA	57	chauffeur de taxis	
STP01	9	NA	79	CFF retraite	frère de STP 13
STP19	9	NA	74	gendarme (ancien)	père de STP 10
VSR06	prob g	NA	38	négociant	
BIE61	9	G	52	manœuvre	demi-frère de BIE 65
CRA02	9	sans	72	magasinier en retraite	
LAU07	9	sans	59	pensionné	
VSR01	prob g	sans	58	inconnue	
TRE35	9	G	27	manœuvre	

Sous-échantillon des "cas limites"

APP03	??	A	75	agriculteur	
BIE27	?	A	20	agriculteur	frère de BIE 28
BIE56	prob dr	A	58	agriculteur	
BIE70	?	A	54	agriculteur	
LSZ05	prob dr - effet âge ?	A	85	agriculteur	frère de LSZ 20
LSZ08	prob dr	A	83	ouvrier agricole	
PRO05	effet âge ?	A	90	agriculteur	père de PRO 6
RSL02	??	A	74	agriculteur	
RSL11	??	A	76	agriculteur	frère de RSL 9, oncle de RSL 5
BIE55	?	SL	86	bûcheron (ancien)	
AIG43	prob dr	NA	41	chauffeur	
VTT02	peut-être g	SL	57	vigneron	

Abréviations : g : gauchers ; prob. g : probablement gauchers ; A : agriculteurs ; SL : spécialistes lourds ; NA : non-actifs ; G: généralistes.

Annexe 6.3. Variables utilisées pour explorer la dominance. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie des mesures linéaires de la clavicule de la population totale, de la population sans "gauchers" et du sous-groupe des "gauchers".

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
aire totale à 40% de la diaphyse - c1asT						
ens pop	177	6.71	8.77	75.7	7.9	16.4
pop sg	163	7.10	8.75	77.3	8.0	14.7
"gauchers"	14	2.26	8.01	57.1	7.1	35.7
aire totale à 50% de la diaphyse - c2asT						
ens pop	179	6.88	8.73	73.2	7.8	19.0
pop sg	166	7.31	8.49	81.3	0.0	18.7
"gauchers"	13	1.37	10.20	23.1	7.7	69.2
aire totale à 60% de la diaphyse - c3asT						
ens pop	176	7.37	9.87	74.4	4.0	21.6
pop sg	163	8.09	9.29	77.9	4.3	17.8
"gauchers"	13	-1.70	12.59	30.8	0.0	69.2
longueur max - c4as						
ens pop	186	-1.32	2.64	26.7	4.8	68.4
pop sg	172	-1.36	2.65	25.6	5.2	69.2
"gauchers"	14	-0.79	2.60	35.7	0.0	64.3
profondeur de la courbe latérale - c5as						
ens pop	151	2.71	14.60	52.3	12.6	35.1
pop sg	141	2.85	15.06	53.2	11.3	35.5
"gauchers"	10	0.67	4.84	40.0	30.0	30.0
profondeur de la courbe médiale - c6as						
ens pop	183	2.14	12.50	55.7	8.2	36.1
pop sg	168	2.28	12.36	56.5	2.4	41.1
"gauchers"	15	0.48	14.29	53.3	6.7	40.0
somme des courbures (c5 +c6) - c56as						
ens pop	143	1.41	9.58	50.3	7.7	42.0
pop sg	134	1.70	9.63	51.5	7.5	41.0
"gauchers"	9	-2.87	8.19	33.3	11.1	55.6

Annexe 6.4. Variables utilisées pour explorer la dominance. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie des mesures linéaires de l'humérus de la population totale, de la population sans "gauchers" et du sous-groupe des "gauchers".

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
aire totale de la section 1 (h1asT)						
ens pop	216	4.15	5.42	73.1	9.7	17.1
pop sg	196	5.07	4.62	80.1	10.2	9.7
"gauchers"	20	-4.88	4.44	5.0	5.0	90.0
aire totale de la section 2 (h2asT)						
ens pop	214	5.55	5.10	82.7	6.5	10.7
pop sg	194	6.49	4.25	90.7	5.2	4.1
"gauchers"	20	-3.59	3.27	5.0	20.0	75.0
aire totale de la section 3 (h3asT)						
ens pop	214	4.50	4.37	84.6	6.1	9.3
pop sg	194	5.31	3.52	91.2	6.2	2.6
"gauchers"	20	-3.28	4.27	20.0	5.0	75.0
aire totale de la section 4 (h4asT)						
ens pop	215	3.79	4.41	79.1	10.7	10.2
pop sg	195	4.65	3.48	86.7	10.3	3.1
"gauchers"	20	-4.52	3.93	5.0	15.0	80.0
aire totale de la section 5 (h5asT)						
ens pop	212	3.23	4.65	69.8	14.6	15.6
pop sg	192	4.06	3.96	76.6	15.6	7.8
"gauchers"	20	-4.69	3.09	5.0	5.0	90.0
longueur (h6as)						
ens pop	213	0.71	1.05	74.2	5.6	20.2
pop sg	194	0.76	1.05	76.3	5.2	18.6
"gauchers"	19	0.20	0.87	52.6	10.5	36.8
largeur bicondyalaire (h7as)						
ens pop	172	1.03	2.34	50.6	31.4	18.0
pop sg	159	1.22	2.27	54.1	30.2	15.7
"gauchers"	13	-1.38	1.94	7.7	46.2	46.2
largeur articulaire (h8as)						
ens pop	150	1.59	3.09	59.3	24.0	16.7
pop sg	139	1.81	3.03	62.6	24.5	12.9
"gauchers"	11	-1.28	2.30	18.2	18.2	63.6
diamètre vert de la tête (h9as)						
ens pop	147	0.74	2.13	44.2	36.7	19.0
pop sg	132	0.83	2.15	46.2	34.8	18.9
"gauchers"	15	-0.05	1.76	26.7	53.3	20.0
largeur du tubercule majeur (h10as)						
ens pop	119	2.16	3.64	60.5	22.7	16.8
pop sg	107	2.40	3.58	64.5	19.6	15.9
"gauchers"	12	-0.01	3.63	25.0	50.0	25.0

Annexe 6.5. Variables utilisées pour explorer la dominance. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie des mesures linéaires du radius de la population totale, de la population sans "gauchers" et du sous-groupe des "gauchers".

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
aire totale de la section 1 (r1asT)						
ens pop	201	2.90	7.45	62.2	10.0	27.9
pop sg	185	3.57	7.22	66.5	10.8	22.7
"gauchers"	16	-4.91	5.49	12.5	0.0	87.5
aire totale de la section 2 (r2asT)						
ens pop	203	4.34	5.63	73.4	9.4	17.2
pop sg	187	4.88	5.35	77.5	8.6	13.9
"gauchers"	16	-1.95	5.16	25.0	18.8	56.3
aire totale de la section 3 (r3asT)						
ens pop	202	3.39	5.60	66.8	13.9	19.3
pop sg	186	3.81	5.29	69.4	14.5	16.1
"gauchers"	16	-1.50	6.88	37.5	6.3	56.3
aire totale de la section 4 (r4asT)						
ens pop	198	3.24	5.77	65.2	13.6	21.2
pop sg	182	3.44	5.71	67.6	12.6	19.8
"gauchers"	16	0.99	6.06	37.5	25.0	37.5
longueur (r5as)						
ens pop	194	0.85	1.16	75.8	5.2	19.1
pop sg	16	0.99	6.06	37.5	25.0	37.5
"gauchers"	16	-0.12	1.53	37.5	6.3	56.3
diam max médio-latéral (r6as)						
ens pop	215	2.11	4.48	65.6	6.5	27.9
pop sg	178	0.94	1.08	79.2	5.1	15.7
"gauchers"	18	-1.65	5.63	33.3	5.6	61.1
diam max antéro-postérieur (r7as)						
ens pop	212	2.05	5.54	64.2	4.7	31.1
pop sg	194	2.36	5.45	61.3	12.9	25.8
"gauchers"	18	-1.37	5.59	33.3	5.6	61.1
diam médio-lat de l'épiphyse distale (r8as)						
ens pop	148	-0.54	2.98	32.4	21.6	45.9
pop sg	137	-0.47	2.99	32.8	22.6	44.5
"gauchers"	11	-1.48	2.74	27.3	9.1	63.6
diam antéro-post de l'épiphyse distale (r9as)						
ens pop	104	0.39	4.16	53.8		
pop sg	93	0.29	4.11	45.2	22.6	32.3
"gauchers"	11	1.24	4.71	54.5	9.1	36.4
diamètre max de la tête (r10as)						
ens pop	119	0.80	3.24	58.8	3.4	37.8
pop sg	110	1.16	3.04	47.3	31.8	20.9
"gauchers"	9	-3.62	2.32	0.0	22.2	77.8
diamètre min de la tête (r11as)						
ens pop	95	1.19	3.70	58.9	10.5	30.5
pop sg						15.1
"gauchers"	9	-2.16	3.03	22.2	11.1	66.7
périmètre de la tête (r12as)						
ens pop	109	1.01	3.12	48.6	24.8	26.6
pop sg	100	1.25	2.91	49.0	31.0	20.0
"gauchers"	9	-1.64	4.21	11.1	22.2	66.7

Annexe 6.6. Variables utilisées pour explorer la dominance. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie de CA des sections transverses de la population totale, de la population sans "gauchers" et du sous-groupe identifié comme "gauchers".

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
c1asCA						
pop tot	172	1.48	10.74	52.3	7.6	40.1
pop sg	158	1.70	10.94	52.5	7.6	39.9
"gauchers"	13	-2.07	7.17	46.2	7.7	46.2
c2asCA						
pop tot	177	2.65	9.37	57.6	11.3	31.1
pop sg	163	3.05	9.51	59.5	11.7	28.8
"gauchers"	13	-2.35	6.02	30.8	7.7	61.5
c3asCA						
pop tot	171	4.56	11.26	64.3	9.9	25.7
pop sg	157	4.91	11.23	65.6	10.2	24.2
"gauchers"	13	-1.17	9.47	46.2	7.7	46.2
h1asCA						
pop tot	213	0.83	7.15	50.7	12.2	37.1
pop sg	192	1.15	6.65	53.6	13.5	32.8
"gauchers"	20	-4.13	4.80	20.0	0.0	80.0
h2asCA						
pop tot	214	2.00	7.67	60.3	9.3	30.4
pop sg	193	2.28	7.00	64.2	9.3	26.4
"gauchers"	20	-2.87	6.17	20.0	10.0	70.0
h3asCA						
pop tot	213	2.08	8.07	55.4	13.1	31.5
pop sg	192	2.54	6.77	60.4	13.5	26.0
"gauchers"	20	-5.34	4.23	5.0	10.0	85.0
h4asCA						
pop tot	215	3.03	7.28	63.7	11.6	24.7
pop sg	194	3.59	6.27	69.1	12.4	18.6
"gauchers"	20	-4.70	4.35	10.0	5.0	85.0
h5asCA						
pop tot	212	3.58	8.69	61.8	13.7	24.5
pop sg	191	4.28	6.85	68.1	14.7	17.3
"gauchers"	20	-6.47	4.55	0.0	5.0	95.0
r1asCA						
pop tot	200	1.72	8.94	51.0	14.0	35.0
pop sg	183	2.17	8.42	54.6	14.2	31.1
"gauchers"	16	-5.75	6.15	6.3	12.5	81.3
r2asCA						
pop tot	202	3.13	6.74	63.4	14.4	22.3
pop sg	185	3.59	6.38	66.5	14.6	18.9
"gauchers"	16	-3.54	5.16	25.0	12.5	62.5
r3asCA						
pop tot	201	2.96	6.89	64.7	9.0	26.4
pop sg	184	3.10	6.70	66.3	8.7	25.0
"gauchers"	16	-0.10	6.25	43.8	12.5	43.8
r4asCA						
pop tot	195	3.17	8.75	61.0	10.8	28.2
pop sg	178	3.20	8.15	62.4	10.7	27.0
"gauchers"	16	-0.37	4.44	43.8	12.5	43.8

Annexe 6.7. Variables utilisées pour explorer la dominance. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie de PC des sections transverses de la population totale, de la population sans "gauchers" et du sous-groupe identifié comme "gauchers".

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
c1asPC						
pop tot	172	-5.08	9.15	26.2	8.7	65.1
pop sg	158	-5.29	9.13	24.7	9.5	65.8
"gauchers"	13	-3.56	9.13	38.5	0.0	61.5
c2asPC						
pop tot	177	-4.19	8.17	23.2	13.0	63.8
pop sg	163	-4.22	8.25	22.7	12.9	64.4
"gauchers"	13	-3.73	7.74	30.8	15.4	53.8
c3asPC						
pop tot	171	-2.44	9.34	38.6	9.4	52.0
pop sg	157	-2.77	9.35	38.2	8.3	53.5
"gauchers"	13	0.51	8.43	38.5	23.1	38.5
h1asPC						
pop tot	213	-3.31	7.91	25.4	9.4	65.3
pop sg	192	-3.93	7.48	22.4	9.9	67.7
"gauchers"	20	0.74	6.41	50.0	5.0	45.0
h2asPC						
pop tot	214	-3.54	8.30	22.0	8.9	69.2
pop sg	193	-4.20	7.74	18.7	8.3	73.1
"gauchers"	20	0.72	7.14	50.0	15.0	35.0
h3asPC						
pop tot	213	-2.37	7.83	23.0	16.9	60.1
pop sg	192	-2.71	6.80	21.4	16.7	62.0
"gauchers"	20	-2.06	5.92	35.0	20.0	45.0
h4asPC						
pop tot	215	-0.76	6.77	32.1	20.0	47.9
pop sg	194	-1.05	6.02	30.4	20.1	49.5
"gauchers"	20	-0.18	6.40	45.0	20.0	35.0
h5asPC						
pop tot	212	0.36	7.34	34.0	21.7	44.3
pop sg	191	0.24	5.84	33.5	22.5	44.0
"gauchers"	20	-1.78	5.64	35.0	15.0	50.0
r1asPC						
pop tot	200	-1.23	7.81	34.0	14.5	51.5
pop sg	183	-1.42	7.46	31.7	14.8	53.6
"gauchers"	16	-0.84	8.83	56.3	12.5	31.3
r2asPC						
pop tot	202	-1.24	4.86	23.3	23.3	53.5
pop sg	185	-1.28	4.74	21.1	24.3	54.6
"gauchers"	16	-1.59	5.51	43.8	12.5	43.8
r3asPC						
pop tot	201	-0.46	4.88	33.8	22.4	43.8
pop sg	184	-0.72	4.44	31.0	24.5	44.6
"gauchers"	16	1.39	7.14	62.5	0.0	37.5
r4asPC						
pop tot	195	-0.04	7.62	38.5	19.5	42.1
pop sg	178	-0.19	7.00	38.2	19.7	42.1
"gauchers"	16	-1.36	5.02	37.5	18.8	43.8

Annexe 6.8. Variables utilisées pour explorer la dominance. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie de J des sections transverses de la population totale, de la populations sans "gauchers" et du sous-groupe identifié comme "gauchers".

	n	moy	ds	$d >$	$d \approx g$	$g >$
c1asJMM						
pop tot	172	10.10	16.68	73.3	4.1	22.7
pop sg	13	0.77	12.61	53.8	0.0	46.2
"gauchers"	158	10.86	16.83	74.7	4.4	20.9
c2asJMM						
pop tot	177	11.70	16.44	73.4	5.6	20.9
pop sg	13	1.84	16.34	23.1	7.7	69.2
"gauchers"	163	12.49	16.29	77.3	5.5	17.2
c3asJMM						
pop tot	171	12.85	19.20	73.7	2.3	24.0
pop sg	13	-2.61	27.04	30.8	0.0	69.2
"gauchers"	157	14.00	17.94	77.1	2.5	20.4
h1asJMM						
pop tot	213	5.62	9.78	70.9	5.6	23.5
pop sg	20	-8.99	6.66	5.0	0.0	95.0
"gauchers"	192	6.95	8.41	77.6	6.3	16.1
h2asJMM						
pop tot	214	8.95	9.70	83.6	3.3	13.1
pop sg	20	-6.72	5.63	10.0	5.0	85.0
"gauchers"	193	10.34	7.96	91.2	3.1	5.7
h3asJMM						
pop tot	213	7.82	9.55	80.8	5.6	13.6
pop sg	20	-7.81	7.17	20.0	0.0	80.0
"gauchers"	192	9.18	7.38	87.0	6.3	6.8
h4asJMM						
pop tot	215	7.09	9.19	76.7	5.1	18.1
pop sg	20	-9.42	5.63	0.0	0.0	100.0
"gauchers"	194	8.59	7.22	84.5	5.7	9.8
h5asJMM						
pop tot	212	6.68	11.94	70.3	4.2	25.5
pop sg	20	-11.77	4.87	0.0	0.0	100.0
"gauchers"	191	8.28	9.86	77.5	4.7	17.8
r1asJMM						
pop tot	200	5.30	14.52	65.0	4.0	31.0
pop sg	16	-11.27	6.83	6.3	0.0	93.8
"gauchers"	183	6.50	13.77	69.9	4.4	25.7
r2asJMM						
pop tot	202	8.51	11.83	75.7	5.4	18.8
pop sg	16	-5.56	10.17	25.0	6.3	68.8
"gauchers"	185	9.57	11.03	80.0	5.4	14.6
r3asJMM						
pop tot	201	6.84	11.75	72.1	6.0	21.9
pop sg	16	-2.01	12.52	43.8	0.0	56.3
"gauchers"	184	7.48	11.28	74.5	6.5	19.0
r4asJMM						
pop tot	195	6.13	12.19	66.7	7.7	25.6
pop sg	16	0.51	10.41	43.8	6.3	50.0
"gauchers"	178	6.37	11.75	68.5	7.9	23.6

Annexe 6.9. Evaluation de l'influence de l'âge (pour 3 classes de 25 ans et par classes décennales) sur l'asymétrie des mesures linéaires. Statistiques descriptives et analyse de variances (anova) : résultats significatifs au seuil $\alpha = 0.05$. Echantillons sans "gauchers".

propriété	cl âge	n	moyenne	sd	se	min	max	anova
h1asT	20-45	56	4.43	4.70	0.63	-4.73	18.09	0.034
	46-70	87	4.62	4.59	0.49	-8.11	18.47	
	71-93	53	6.46	4.36	0.60	-5.38	17.04	
	Total	196	5.07	4.62	0.33	-8.11	18.47	
h2asT	20-45	57	6.04	3.71	0.49	-2.29	15.98	0.01
	46-70	86	5.88	4.22	0.46	-5.33	19.07	
	71-93	51	8.03	4.55	0.64	-2.97	16.67	
	Total	194	6.49	4.25	0.31	-5.33	19.07	
h4asT	20-45	58	4.28	2.95	0.39	-3.77	10.81	0.017
	46-70	87	4.20	3.19	0.34	-3.67	13.40	
	71-93	50	5.85	4.26	0.60	-3.45	16.02	
	Total	195	4.52	4.08	0.29	-25.22	16.02	
h5asT	20-45	58	3.52	3.58	0.47	-3.92	11.39	0.012
	46-70	86	3.60	3.67	0.40	-3.19	13.39	
	71-93	48	5.52	4.56	0.66	-2.79	21.90	
	Total	192	4.06	3.96	0.29	-3.92	21.90	
h6as	20-45	55	0.47	0.99	0.13	-2.20	2.57	0.042
	46-70	87	0.84	1.12	0.12	-2.72	3.52	
	71-93	52	0.93	0.95	0.13	-1.34	3.48	
	Total	194	0.76	1.05	0.08	-2.72	3.52	
h7as	20-45	46	0.91	1.57	0.23	-2.15	4.30	0.033
	46-70	70	0.96	2.18	0.26	-5.29	5.64	
	71-93	43	1.99	2.83	0.43	-4.22	7.99	
	Total	159	1.22	2.27	0.18	-5.29	7.99	
h8as	20-45	38	0.90	2.80	0.45	-5.86	10.40	0.045
	46-70	65	1.88	2.96	0.37	-4.69	13.66	
	71-93	36	2.64	3.22	0.54	-3.15	11.18	
	Total	139	1.81	3.03	0.26	-5.86	13.66	
r5as	20-45	54	0.56	1.18	0.16	-2.59	2.81	0.003
	46-70	80	1.20	0.91	0.10	-1.51	3.91	
	71-93	44	0.93	1.12	0.17	-1.37	3.19	
	Total	178	0.94	1.08	0.08	-2.59	3.91	
r10as	20-45	34	1.15	2.52	0.43	-3.89	6.87	0.029
	46-70	47	0.45	3.32	0.48	-9.30	7.63	
	71-93	29	2.34	2.85	0.53	-1.63	9.16	
	Total	110	1.16	3.04	0.29	-9.30	9.16	
c4as	20-45	52	-2.05	2.68	0.37	-7.54	4.67	0.018
	46-70	78	-1.36	2.43	0.27	-6.01	5.68	
	71-93	42	-0.50	2.82	0.43	-6.75	5.83	
	Total	172	-1.36	2.65	0.20	-7.54	5.83	
c6as	20-45	52	-1.19	11.79	1.63	-35.44	30.03	0.029
	46-70	77	3.01	11.78	1.34	-30.41	39.77	
	71-93	39	5.50	13.41	2.15	-28.57	46.51	
	Total	168	2.28	12.36	0.95	-35.44	46.51	
h1asT	20-29	20	5.41	4.08	0.91	-1.39	15.12	0.035
	30-39	20	4.20	5.07	1.13	-4.73	18.09	
	40-49	29	3.49	4.42	0.82	-3.94	12.33	
	50-59	43	4.46	4.26	0.65	-3.94	16.61	
	60-69	31	5.33	5.29	0.95	-8.11	18.47	
	70-79	38	7.20	3.90	0.63	-1.96	13.80	
	80 et plus	15	4.59	5.02	1.30	-5.38	17.04	
	Total	196	5.07	4.62	0.33	-8.11	18.47	
c4as	20-29	17	-1.43	3.15	0.76	-6.90	4.67	0.006
	30-39	21	-2.64	2.27	0.50	-7.54	0.72	
	40-49	26	-1.93	2.66	0.52	-6.01	3.97	
	50-59	37	-1.68	2.20	0.36	-5.34	3.82	
	60-69	29	-0.74	2.49	0.46	-5.29	5.68	
	70-79	29	-1.10	2.62	0.49	-6.75	4.11	
	80 et plus	13	0.84	2.88	0.80	-4.11	5.83	
	Total	172	-1.36	2.65	0.20	-7.54	5.83	

Annexe 6.10. Asymétrie des mesures linéaires de la clavicule de la population totale : moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
aire totale à 40% de la diaphyse (c1asT)							asymétrie de la long max (c4as)						
ens pop	163	7.10	8.7	77.3	8.0	14.7	ens pop	172	-1.36	2.6	25.6	5.2	69.2
gr A	57	5.35	9.4	66.7	12.3	21.1	gr A	55	-0.76	3.0	40.0	1.8	58.2
gr SL	33	9.49	8.7	84.8	6.1	9.1	gr SL	37	-1.53	2.7	27.0	0	73.0
gr SI	21	5.19	7.8	85.7	4.8	9.5	gr SI	24	-2.17	2.0	4.2	12.5	83.3
gr NA	30	7.84	8.3	76.7	6.7	16.7	gr NA	29	-2.54	2.1	10.3	3.4	86.2
gr G	66	6.04	9.2	71.2	10.6	18.2	gr G	64	-0.69	2.9	39.1	4.7	56.3
gr S	54	7.82	8.5	85.2	5.6	9.3	gr S	61	-1.78	2.4	18.0	4.9	77.0
gr MA	51	6.75	8.1	80.4	5.9	13.7	gr MA	53	-2.37	2.1	7.5	7.5	84.9
aire totale au milieu de la diaphyse (c2asT)							prof courb latérale (c5as)						
ens pop	166	7.31	8.5	77.1	7.8	15.1	ens pop	141	2.85	15.1	53.2	11.3	35.5
gr A	55	5.34	9.6	76.4	3.6	20.0	gr A	49	5.09	17.6	57.1	8.2	34.7
gr SL	33	9.57	8.7	75.8	12.1	12.1	gr SL	30	4.18	15.0	53.3	6.7	40.0
gr SI	23	8.20	6.8	87.0	0.0	13.0	gr SI	19	-0.83	10.8	42.1	15.8	42.1
gr NA	31	8.04	7.0	77.4	9.7	12.9	gr NA	24	1.32	8.5	54.2	16.7	29.2
gr G	64	5.90	9.6	76.6	6.3	17.2	gr G	57	5.18	16.9	57.9	3.5	38.6
gr S	56	9.00	7.9	80.4	7.1	12.5	gr S	49	2.24	13.6	57.9	8.8	33.3
gr MA	54	8.10	6.9	81.5	5.6	13.0	gr MA	43	0.37	9.5	48.8	16.3	34.9
aire totale à 60% de la diaphyse (c3asT)							prof courb médiale (c6as)						
ens pop	163	8.09	9.3	77.9	4.3	17.8	ens pop	168	2.28	12.4	57.1	8.6	34.3
gr A	53	6.44	10.2	66.0	5.7	28.3	gr A	55	2.84	13.2	58.2	5.5	36.4
gr SL	35	7.89	11.1	77.1	2.9	20.0	gr SL	35	3.28	12.2	60.0	0.0	40.0
gr SI	22	9.24	7.1	86.4	9.1	4.5	gr SI	23	1.41	8.7	56.5	4.3	39.1
gr NA	28	10.71	7.2	92.9	3.6	3.6	gr NA	28	1.27	11.0	53.6	14.3	32.1
gr G	62	6.88	10.1	67.7	4.8	27.4	gr G	64	2.53	12.7	56.3	7.8	35.9
gr S	57	8.41	9.7	80.7	5.3	14.0	gr S	58	2.54	10.9	56.9	6.9	36.2
gr MA	50	10.06	7.1	90.0	6.0	4.0	gr MA	51	1.33	9.9	54.9	9.8	35.3
							somme des courbures (asym de c6 + c5)						
							ens pop	134	1.70	9.6	51.5	7.5	41.0
							gr A	46	3.40	11.9	54.3	10.9	34.8
							gr SL	27	1.47	8.4	55.6	3.7	40.7
							gr SI	18	-0.90	6.1	44.4	0.0	55.6
							gr NA	24	0.92	6.5	50.0	12.5	37.5
							gr G	54	3.11	11.4	53.7	11.1	35.2
							gr S	45	0.52	7.6	51.1	2.2	46.7
							gr MA	42	0.14	6.4	47.6	7.1	45.2

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes "lourds" ; SI = spécialistes "légers" ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs

d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1;+1. En gris : effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.11. Evolution de l'asymétrie des mesures linéaires de la clavicule avec l'âge (classes d'âge décennales). Population sans "gauchers"

		n	moy	ds	min	max
AGE	20-29	14	24.43	3.44	20	29
	30-39	18	35.61	2.93	30	39
	40-49	29	44.76	3.23	40	49
	50-59	42	54.88	2.96	50	59
	60-69	32	64.41	2.63	60	69
	70-79	37	74.38	2.76	70	79
	80 et +	14	85.43	4.11	80	93
	Total	186	56.96	17.01	20	93
c1asT	20-29	14	7.05	12.84	-26.56	24.98
	30-39	20	5.42	7.76	-10.44	17.63
	40-49	26	8.20	7.25	-6.48	26.32
	50-59	38	8.25	9.66	-14.70	26.86
	60-69	28	6.62	8.77	-5.73	23.95
	70-79	29	6.83	8.12	-9.23	26.18
	80 et +	8	4.92	5.75	-5.28	11.51
	Total	163	7.10	8.75	-26.56	26.86
c2asT	20-29	15	5.24	11.60	-27.58	21.61
	30-39	19	5.63	6.89	-6.38	16.14
	40-49	25	7.79	8.20	-7.22	21.78
	50-59	38	8.56	8.13	-8.86	34.24
	60-69	30	6.66	9.84	-11.44	24.57
	70-79	27	8.45	7.55	-8.94	25.12
	80 et +	12	6.68	7.24	-7.20	17.73
	Total	166	7.31	8.49	-27.58	34.24
c3asT	20-29	15	6.67	10.64	-19.71	24.33
	30-39	19	6.03	8.60	-6.06	24.05
	40-49	26	7.51	8.65	-6.44	30.00
	50-59	36	9.86	8.68	-8.50	29.13
	60-69	27	5.38	10.75	-11.30	31.04
	70-79	29	10.74	9.21	-9.67	34.39
	80 et +	11	8.82	7.34	-4.44	22.53
	Total	163	8.09	9.29	-19.71	34.39
c4as	20-29	17	-1.43	3.15	-6.90	4.67
	30-39	21	-2.64	2.27	-7.54	0.72
	40-49	26	-1.93	2.66	-6.01	3.97
	50-59	37	-1.68	2.20	-5.34	3.82
	60-69	29	-0.74	2.49	-5.29	5.68
	70-79	29	-1.10	2.62	-6.75	4.11
	80 et +	13	0.84	2.88	-4.11	5.83
	Total	172	-1.36	2.65	-7.54	5.83
c5as	20-29	13	9.46	13.11	-14.66	26.73
	30-39	17	4.64	15.01	-29.74	30.59
	40-49	25	3.85	12.41	-19.63	29.06
	50-59	32	1.80	12.13	-20.00	32.84
	60-69	22	4.27	13.80	-18.35	30.42
	70-79	23	0.94	19.86	-29.92	72.80
	80 et +	9	-7.70	20.40	-46.31	20.51
	Total	141	2.85	15.06	-46.31	72.80
c6as	20-29	17	-3.18	13.90	-29.33	27.13
	30-39	19	0.22	13.27	-35.44	30.03
	40-49	27	-0.26	12.09	-20.81	34.54
	50-59	37	2.28	7.43	-14.01	18.29
	60-69	29	4.90	13.74	-30.41	39.77
	70-79	28	5.83	14.93	-28.57	46.51
	80 et +	11	4.64	8.95	-3.82	25.16
	Total	168	2.28	12.36	-35.44	46.51

Annexe 6.12. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie des mesures linéaires de la clavicule de la sous-population identifiée comme "gauchers".

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
aire totale à 40% de la diaphyse (c1asT)						
gauchers	14	2.26	8.01	57.1	7.1	35.7
aire totale au milieu de la diaphyse (c2asT)						
gauchers	13	1.37	10.20	23.1	7.7	69.2
aire totale à 60% de la diaphyse (c3asT)						
gauchers	13	-1.70	12.59	30.8	0.0	69.2
longueur max (c4as)						
gauchers	14	-0.79	2.60	35.7	0.0	64.3
prof courb latérale (c5as)						
gauchers	10	0.67	4.84	40.0	30.0	30.0
prof courb médiale (c6as)						
gauchers	15	0.48	14.29	53.3	6.7	40.0
somme des courbures (asym de c6 + c5)						
gauchers	9	-2.87	8.19	33.3	11.1	55.6

Annexe 6.13. Mesures linéaires de l'humérus. Population non sélectionnée. Moyennes (%) de l'asymétrie et répartition bilatérale (%) par groupes d'activités.

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
aire totale de la section 1 (h1asT)							longueur (h6as)						
ens pop	216	4.15	5.42	73.1	9.7	17.1	ens pop	213	0.71	1.05	74.2	5.6	20.2
gr A	68	3.64	6.27	69.1	8.8	22.1	gr A	68	0.79	0.96	79.4	4.4	16.2
gr SL	45	5.12	4.53	80.0	11.1	8.89	gr SL	45	0.82	1.23	68.9	6.7	24.4
gr SI	26	4.92	4.22	84.6	7.7	7.7	gr SI	26	0.82	1.05	80.8	3.8	15.4
gr NA	40	3.36	5.53	60.0	12.5	27.5	gr NA	38	0.38	1.05	65.8	10.5	23.7
gr G	80	3.64	6.08	70.0	7.5	22.5	gr G	80	0.77	0.98	77.5	3.8	18.8
gr S	71	5.04	4.39	81.7	9.9	8.5	gr S	71	0.82	1.16	73.2	5.6	21.1
aire totale de la section 2 (h2asT)							largeur bicondytaire (h7as)						
ens pop	214	5.55	5.10	82.7	6.5	10.7	ens pop	172	1.03	2.34	50.6	31.4	18.0
gr A	69	5.18	5.88	79.7	4.3	15.9	gr A	53	0.18	2.31	37.7	32.1	30.2
gr SL	44	6.20	4.44	86.4	11.4	2.3	gr SL	38	1.47	2.58	55.3	31.6	13.2
gr SI	26	6.98	3.66	96.2	3.8	0.0	gr SI	22	1.93	2.25	59.1	31.8	9.1
gr NA	39	4.55	5.07	71.8	12.8	15.4	gr NA	32	1.05	2.09	62.5	25.0	12.5
gr G	81	4.95	5.73	80.2	3.7	16.0	gr G	63	0.15	2.17	34.9	34.9	30.2
gr S	70	6.49	4.16	90.0	8.6	1.4	gr S	60	1.64	2.46	56.7	31.7	11.7
aire totale de la section 3 (h3asT)							largeur articulaire (h8as)						
ens pop	214	4.50	4.37	84.6	6.1	9.3	ens pop	150	1.59	3.09	59.3	24.0	16.7
gr A	68	4.17	4.94	79.4	5.9	14.7	gr A	46	1.59	3.61	58.7	21.7	19.6
gr SL	43	4.92	4.25	90.7	2.3	7.0	gr SL	33	1.82	2.90	60.6	24.2	15.2
gr SI	26	5.99	3.33	96.2	3.8	0.0	gr SI	19	1.75	2.36	73.7	10.5	15.8
gr NA	40	4.26	3.68	82.5	12.5	5.0	gr NA	29	1.00	2.18	55.2	31.0	13.8
gr G	80	3.90	4.97	78.8	6.3	15.0	gr G	54	1.35	3.50	57.4	22.2	20.4
gr S	69	5.32	3.94	92.8	2.9	4.3	gr S	52	1.79	2.69	65.4	19.2	15.4
aire totale de la section 4 (h4asT)							diamètre vert de la tête (h9as)						
ens pop	215	3.79	4.41	79.1	10.7	10.2	ens pop	147	0.74	2.13	44.2	36.7	19.0
gr A	67	3.48	4.63	73.1	14.9	11.9	gr A	41	1.22	2.01	58.5	26.8	14.6
gr SL	44	4.18	4.59	81.8	13.6	4.5	gr SL	34	0.96	2.49	38.2	44.1	17.6
gr SI	26	4.92	3.05	92.3	3.8	3.8	gr SI	20	-0.05	2.34	55.0	5.0	40.0
gr NA	40	3.04	4.17	77.5	12.5	10.0	gr NA	29	0.40	1.80	37.9	41.4	20.7
gr G	80	3.31	4.66	73.8	12.5	13.8	gr G	54	1.17	1.90	57.4	29.6	13.0
gr S	70	4.46	4.08	85.7	10.0	4.3	gr S	54	0.59	2.46	35.2	42.6	22.2
							gr MA	48	0.23	2.05	35.4	39.6	25.0
aire totale de la section 5 (h5asT)							largeur du tubercule majeur (h10as)						
ens pop	212	3.23	4.65	69.8	14.6	15.6	ens pop	119	2.16	3.64	60.5	22.7	16.8
gr A	65	2.95	4.81	63.1	15.4	21.5	gr A	36	3.09	3.60	66.7	30.6	2.8
gr SL	44	4.19	4.82	81.8	11.4	6.8	gr SL	24	2.04	3.67	54.2	25.0	20.8
gr SI	26	4.08	3.76	80.8	11.5	7.7	gr SI	17	2.71	4.27	70.6	11.8	17.6
gr NA	40	2.22	4.46	60.0	22.5	17.5	gr NA	23	1.35	3.40	60.9	13.0	26.1
gr G	78	2.77	4.80	64.1	14.1	21.8	gr G	45	2.69	3.42	62.2	31.1	6.7
gr S	70	4.15	4.43	81.4	11.4	7.1	gr S	41	2.32	3.89	61.0	19.5	19.5

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.14. Statistiques descriptives de l'asymétrie des mesures linéaires de l'humérus en fonction de l'âge (classes décennales). Population sans "gauchers".

	âge	n	moy	ds	min	max		âge	n	moy	ds	min	max
AGE	20-29	14	24.43	3.44	20	29	h6as	20-29	19	0.50	0.86	-1.86	1.57
	30-39	18	35.61	2.93	30	39		30-39	20	0.37	0.87	-0.82	2.14
	40-49	29	44.76	3.23	40	53		40-49	29	0.48	1.31	-2.72	2.57
	50-59	42	54.88	2.96	50	59		50-59	44	0.89	1.20	-2.06	3.52
	60-69	32	64.41	2.63	60	69		60-69	30	0.96	0.81	-0.61	2.74
	70-79	37	74.38	2.76	70	79		70-79	38	0.95	1.05	-1.34	3.48
	80 et +	14	85.43	4.11	80	93		80 et +	14	0.88	0.63	-0.33	2.01
	Total	186	56.96	17.01	20	93		Total	194	0.76	1.05	-2.72	3.52
h1asT	20-29	20	5.41	4.08	-1.39	15.12	h7as	20-29	20	1.24	1.90	-2.15	4.30
	30-39	20	4.20	5.07	-4.73	18.09		30-39	15	0.19	1.00	-1.46	1.86
	40-49	29	3.49	4.42	-3.94	12.33		40-49	20	1.45	1.35	-0.63	4.67
	50-59	43	4.46	4.26	-3.94	16.61		50-59	35	0.94	2.03	-3.48	5.64
	60-69	31	5.33	5.29	-8.11	18.47		60-69	26	0.75	2.58	-5.29	4.58
	70-79	38	7.20	3.90	-1.96	13.80		70-79	33	1.70	2.81	-4.22	7.59
	80 et +	15	4.59	5.02	-5.38	17.04		80 et +	10	2.95	2.84	-1.10	7.99
	Total	196	5.07	4.62	-8.11	18.47		Total	159	1.22	2.27	-5.29	7.99
h2asT	20-29	20	5.74	3.93	-2.29	15.98	h8as	20-29	14	1.30	2.16	-2.16	6.88
	30-39	21	6.06	3.57	0.49	14.76		30-39	13	0.91	3.80	-5.86	10.40
	40-49	28	6.41	3.87	-1.06	14.02		40-49	21	1.50	3.50	-4.46	13.66
	50-59	42	5.61	4.09	-5.33	13.76		50-59	31	1.58	2.70	-4.15	7.97
	60-69	32	6.02	4.53	-3.18	19.07		60-69	24	1.92	2.68	-4.69	7.01
	70-79	37	8.13	4.63	-2.97	16.67		70-79	26	2.44	3.11	-3.15	9.16
	80 et +	14	7.78	4.50	-0.93	16.12		80 et +	10	3.18	3.59	-0.63	11.18
	Total	194	6.49	4.25	-5.33	19.07		Total	139	1.81	3.03	-5.86	13.66
h3asT	20-29	19	4.52	3.01	-0.69	10.89	h9as	20-29	15	0.24	1.55	-2.32	2.61
	30-39	21	4.29	2.76	-0.30	8.66		30-39	15	0.58	3.50	-6.16	10.33
	40-49	28	5.28	2.79	-0.65	11.34		40-49	25	0.75	1.58	-2.77	3.58
	50-59	43	5.15	3.38	-5.15	11.89		50-59	41	0.70	2.08	-3.94	5.27
	60-69	31	5.40	3.02	0.29	11.58		60-69	15	1.31	2.26	-3.34	4.64
	70-79	37	6.48	4.01	-5.08	13.64		70-79	16	1.88	2.04	-3.71	4.99
	80 et +	15	5.13	5.63	-7.14	15.55		80 et +	5	-0.07	0.80	-1.03	0.86
	Total	194	5.31	3.52	-7.14	15.55		Total	132	0.83	2.15	-6.16	10.33
h4asT	20-29	20	4.36	3.25	-3.12	9.52	h10as	20-29	12	1.68	4.10	-3.91	7.81
	30-39	21	4.29	2.58	-0.56	10.81		30-39	12	1.60	2.60	-2.67	6.72
	40-49	29	4.34	3.06	-3.77	8.70		40-49	19	1.99	2.07	-2.67	5.46
	50-59	43	3.83	3.00	-3.67	11.89		50-59	26	2.92	3.80	-2.92	16.10
	60-69	32	4.58	3.51	-1.00	13.40		60-69	17	3.84	4.89	-3.99	15.11
	70-79	35	6.31	4.13	-0.27	16.02		70-79	13	2.75	2.51	-0.98	6.95
	80 et +	15	4.80	4.51	-3.45	11.14		80 et +	8	0.36	3.88	-5.36	4.86
	Total	195	4.65	3.48	-3.77	16.02		Total	107	2.40	3.58	-5.36	16.10
h5asT	20-29	20	3.75	4.01	-3.92	11.39							
	30-39	21	3.02	3.15	-1.96	9.16							
	40-49	28	3.77	3.31	-3.80	9.83							
	50-59	43	3.25	3.46	-2.49	10.87							
	60-69	32	4.08	4.22	-3.19	13.39							
	70-79	34	5.92	4.71	-1.32	21.90							
	80 et +	14	4.56	4.16	-2.79	13.40							
	Total	192	4.06	3.96	-3.92	21.90							

Annexe 6.15. Moyenne (%) et répartition bilatérale (%) de l'asymétrie des mesures linéaires de l'humérus de la sous-population identifiée comme "gauchers".

	n	moy	ds	d >	d $\approx$ g	g >
aire totale de la section 1 (h1asT)						
gauchers	20	-4.88	4.44	5.0	5.0	90.0
aire totale de la section 2 (h2asT)						
gauchers	20	-3.59	3.27	5.0	20.0	75.0
aire totale de la section 3 (h3asT)						
gauchers	20	-3.28	4.27	20.0	5.0	75.0
aire totale de la section 4 (h4asT)						
gauchers	20	-4.52	3.93	5.0	15.0	80.0
aire totale de la section 5 (h5asT)						
gauchers	20	-4.69	3.09	5.0	5.0	90.0
longueur (h6as)						
gauchers	19	0.20	0.87	52.6	10.5	36.8
largeur bicondyalaire (h7as)						
gauchers	13	-1.38	1.94	7.7	46.2	46.2
largeur articulaire (h8as)						
gauchers	11	-1.28	2.30	18.2	18.2	63.6
diamètre vert de la tête (h9as)						
gauchers	15	-0.05	1.76	26.7	53.3	20.0
largeur du tubercule majeur (h10as)						
gauchers	12	-0.01	3.63	25.0	50.0	25.0

Annexe 6.16. Mesures linéaires du radius. Population non sélectionnée. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupes d'activités.

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
Aire totale de la section 1 (r1asT)							diam max antéro-postérieur (r7as)						
pop T	201	2.90	7.4	62.2	10.0	27.9	pop T	212	2.05	5.5	59.0	12.3	28.8
gr A	63	2.94	7.8	63.5	7.9	28.6	gr A	69	1.43	5.2	55.1	18.8	26.1
gr SL	41	4.17	6.7	68.3	9.8	22.0	gr SL	44	1.08	4.7	59.1	11.4	29.5
gr SI	25	3.01	8.1	60.0	12.0	28.0	gr SI	26	3.22	7.0	61.5	3.8	34.6
gr NA	35	3.27	6.3	62.9	17.1	20.0	gr NA	36	2.51	5.0	61.1	13.9	25.0
gr G	77	2.25	7.8	61.0	7.8	31.2	gr G	81	1.59	5.7	55.6	16.0	28.4
gr S	66	3.73	7.2	65.2	10.6	24.2	gr S	70	1.88	5.8	60.0	8.6	31.4
Aire totale de la section 2 (r2asT)							diam médio-lat de l'ép. dist. (r8as)						
pop T	203	4.34	5.6	73.4	9.4	17.2	pop T	148	-0.54	3.0	32.4	21.6	45.9
gr A	65	4.54	5.8	73.8	7.7	18.5	gr A	54	-1.19	3.5	22.2	25.9	51.9
gr SL	42	4.38	6.0	78.6	4.8	16.7	gr SL	29	0.01	3.0	44.8	17.2	37.9
gr SI	25	5.02	5.7	68.0	20.0	12.0	gr SI	16	-0.94	3.1	31.3	25.0	43.8
gr NA	35	4.06	4.7	74.3	14.3	11.4	gr NA	27	-0.76	2.1	22.2	14.8	63.0
gr G	78	4.07	5.8	71.8	6.4	21.8	gr G	62	-1.06	3.3	22.6	27.4	50.0
gr S	67	4.62	5.8	74.6	10.4	14.9	gr S	45	-0.33	3.1	40.0	20.0	40.0
Aire totale de la section 3 (r3asT)							diam antéro-post de l'ép. dist. (r9as)						
pop T	202	3.39	5.6	66.8	13.9	19.3	pop T	104	0.39	4.2	46.2	21.2	32.7
gr A	64	2.95	5.2	60.9	20.3	18.8	gr A	36	1.76	4.3	61.1	19.4	19.4
gr SL	42	4.76	5.3	71.4	14.3	14.3	gr SL	23	-0.88	3.6	34.8	26.1	39.1
gr SI	24	2.32	7.0	58.3	16.7	25.0	gr SI	10	-0.21	3.7	40.0	20.0	40.0
gr NA	35	2.56	5.7	74.3	2.9	22.9	gr NA	20	0.38	4.6	40.0	20.0	40.0
gr G	78	2.86	5.4	60.3	19.2	20.5	gr G	43	1.22	4.2	58.1	16.3	25.6
gr S	66	3.87	6.0	66.7	15.2	18.2	gr S	33	-0.68	3.6	36.4	24.2	39.4
Aire totale de la section 4 (r4asT)							diamètre max de la tête (r10as)						
pop T	198	3.24	5.8	65.2	13.6	21.2	pop T	119	0.80	3.2	43.7	31.1	25.2
gr A	63	2.53	5.6	60.3	19.0	20.6	gr A	42	1.22	3.7	40.5	40.5	19.0
gr SL	42	3.17	6.0	64.3	11.9	23.8	gr SL	26	0.42	3.4	46.2	19.2	34.6
gr SI	23	4.45	5.8	69.6	8.7	21.7	gr SI	14	0.67	2.9	50.0	14.3	35.7
gr NA	35	2.75	5.9	62.9	11.4	25.7	gr NA	22	0.81	3.2	45.5	31.8	22.7
gr G	76	2.62	5.8	61.8	17.1	21.1	gr G	51	1.08	3.4	41.2	41.2	17.6
gr S	65	3.62	5.9	66.2	10.8	23.1	gr S	40	0.51	3.2	47.5	17.5	35.0
longueur (r5as)							diamètre min de la tête (r11as)						
pop T	194	0.85	1.2	75.8	5.2	19.1	pop T	95	1.19	3.7	49.5	30.5	20.0
gr A	64	0.81	1.1	75	4.7	20.31	gr A	33	1.66	3.4	51.5	36.4	12.1
gr SL	41	0.95	1.0	75.6	9.8	14.6	gr SL	19	0.82	4.6	42.1	26.3	31.6
gr SI	23	1.02	0.9	78.3	8.7	13.0	gr SI	12	1.03	3.8	50.0	25.0	25.0
gr NA	33	0.80	1.1	78.8	3.0	18.2	gr NA	18	0.20	3.3	50.0	27.8	22.2
gr G	75	0.77	1.2	73.3	4.0	22.7	gr G	42	1.60	3.3	50.0	38.1	11.9
gr S	64	0.97	1.0	76.6	9.4	14.1	gr S	31	0.9	4.3	45.2	25.8	29.0
diam max médio-latéral (r6as)							périmètre de la tête (r12as)						
pop T	215	2.11	4.5	61.4	13.0	25.6	pop T	109	1.01	3.1	45.9	30.3	23.9
gr A	69	1.99	4.8	60.9	13.0	26.1	gr A	37	1.60	3.4	48.6	32.4	18.9
gr SL	45	2.52	3.8	64.4	8.9	26.7	gr SL	22	1.35	3.3	50.0	18.2	31.8
gr SI	26	2.43	5.1	57.7	19.2	23.1	gr SI	12	0.15	3.6	33.3	33.3	33.3
gr NA	36	1.44	3.7	52.8	16.7	30.6	gr NA	22	0.64	2.6	50.0	27.3	22.7
gr G	83	1.79	4.7	60.2	14.5	25.3	gr G	46	1.29	3.2	45.7	34.8	19.6
gr S	71	2.49	4.3	62.0	12.7	25.4	gr S	34	0.93	3.4	44.1	23.5	32.4

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe.6.17. Evolution de l'asymétrie des mesures linéaires du radius avec l'âge (classes d'âge décennales). Population sans "gauchers".

	âge	n	moy	ds	min	max		âge	n	moy	ds	min	max
AGE	20-29	14	24.43	3.44	20	29	r7as	20-29	20	0.48	6.58	-12.4	12.7
	30-39	18	35.61	2.93	30	39		30-39	21	3.82	5.69	-8.4	14.6
	40-49	29	44.76	3.23	40	53		40-49	28	2.26	4.65	-8.2	11.0
	50-59	42	54.88	2.96	50	59		50-59	40	2.16	5.25	-9.0	17.1
	60-69	32	64.41	2.63	60	69		60-69	33	2.01	6.10	-10.0	21.1
	70-79	37	74.38	2.76	70	79		70-79	36	2.17	4.82	-7.5	11.1
	80 et +	14	85.43	4.11	80	93		80 et +	16	4.66	5.08	-2.4	13.6
	Total	186	56.96	17.01	20	93		Total	194	2.36	5.45	-12.4	21.1
r1asT	20-29	19	1.66	6.37	-11.8	11.0	r8as	20-29	15	-0.23	2.10	-3.4	4.7
	30-39	21	3.57	7.15	-9.2	21.4		30-39	13	-1.47	2.41	-6.3	1.5
	40-49	26	3.24	4.95	-8.8	13.3		40-49	20	-0.33	3.00	-8.5	4.5
	50-59	39	2.56	7.39	-12.5	21.6		50-59	32	-0.97	3.34	-10.5	5.1
	60-69	30	4.22	8.08	-12.8	18.0		60-69	25	-0.05	3.25	-5.9	10.7
	70-79	35	4.54	8.20	-12.1	28.1		70-79	23	-0.88	3.01	-7.4	6.8
	80 et +	15	5.68	7.25	-6.3	18.0		80 et +	9	1.94	1.97	-3.0	3.1
	Total	185	3.57	7.22	-12.8	28.1		Total	137	-0.47	2.99	-10.5	10.7
r2asT	20-29	19	4.83	5.89	-6.2	16.0	r9as	20-29	9	1.45	3.80	-4.0	5.8
	30-39	21	5.10	5.29	-5.1	13.9		30-39	9	0.21	5.38	-9.1	8.4
	40-49	26	4.69	4.48	-8.7	13.4		40-49	16	-1.90	3.80	-7.4	6.1
	50-59	40	3.46	4.85	-6.7	15.1		50-59	23	-0.14	4.10	-10.8	5.1
	60-69	30	5.26	4.87	-2.2	20.1		60-69	17	2.07	4.91	-6.6	14.0
	70-79	36	5.48	6.52	-8.7	17.5		70-79	14	0.90	2.10	-4.1	4.3
	80 et +	15	6.56	5.36	-3.1	14.3		80 et +	5	-0.40	2.31	-4.1	2.1
	Total	187	4.88	5.35	-8.7	20.1		Total	93	0.29	4.11	-10.8	14.0
r3asT	20-29	20	4.60	6.78	-10.8	14.2	r10as	20-29	13	1.78	3.16	-2.7	6.9
	30-39	21	4.30	5.16	-4.6	16.5		30-39	13	0.58	2.04	-3.9	3.3
	40-49	26	4.08	5.18	-3.3	14.4		40-49	14	0.18	2.58	-3.9	4.7
	50-59	39	3.11	4.80	-5.8	15.3		50-59	24	0.37	3.70	-9.3	7.3
	60-69	30	2.42	4.97	-13.6	13.3		60-69	17	1.05	2.88	-3.5	7.6
	70-79	35	4.11	5.26	-7.7	20.9		70-79	22	2.78	2.89	-0.5	9.2
	80 et +	15	5.48	5.57	-3.8	15.9		80 et +	7	0.98	2.39	-1.6	5.0
	Total	186	3.81	5.29	-13.6	20.9		Total	110	1.16	3.04	-9.3	9.2
r4asT	20-29	20	4.32	5.59	-7.1	12.7	r11as	20-29	11	2.19	4.33	-3.5	10.1
	30-39	21	4.00	8.14	-10.5	23.9		30-39	6	1.43	1.95	-0.9	4.5
	40-49	25	3.68	4.74	-8.8	13.3		40-49	12	0.79	3.43	-4.8	6.4
	50-59	38	3.14	5.97	-13.8	13.4		50-59	19	0.81	4.26	-7.6	11.1
	60-69	30	0.94	4.98	-8.1	12.9		60-69	12	1.36	2.12	-4.0	4.4
	70-79	34	4.45	4.72	-4.6	18.7		70-79	20	2.02	3.63	-4.7	11.0
	80 et +	14	4.61	5.61	-5.3	12.5		80 et +	6	2.97	4.45	-4.8	8.5
	Total	182	3.44	5.71	-13.8	23.9		Total	86	1.54	3.60	-7.6	11.1
r5as	20-29	20	0.58	1.42	-2.2	2.8	r12as	20-29	11	1.73	3.23	-1.9	8.0
	30-39	21	0.55	1.13	-2.6	2.6		30-39	10	0.06	1.30	-2.5	1.9
	40-49	24	0.81	0.98	-1.0	3.0		40-49	14	0.31	2.80	-5.3	5.6
	50-59	38	1.09	0.98	-1.5	3.9		50-59	22	0.78	3.43	-6.3	9.3
	60-69	31	1.35	0.80	-0.2	3.0		60-69	13	1.46	2.48	-2.7	7.5
	70-79	32	0.86	1.12	-1.4	3.2		70-79	23	2.41	3.00	-3.7	9.9
	80 et +	12	1.11	1.14	-0.4	3.0		80 et +	7	1.32	2.34	-1.3	5.8
	Total	178	0.94	1.08	-2.6	3.9		Total	100	1.25	2.91	-6.3	9.9
r6as	20-29	21	1.89	3.02	-3.4	6.9	r13as	20-29	9	1.61	4.03	-4.3	5.8
	30-39	21	2.40	4.85	-4.7	15.2		30-39	8	1.74	3.90	-3.6	8.4
	40-49	28	1.92	3.88	-7.5	7.8		40-49	17	-1.45	3.80	-7.4	6.1
	50-59	41	1.15	2.48	-3.2	6.1		50-59	24	-0.10	4.03	-10.8	5.1
	60-69	33	3.40	4.90	-7.9	13.8		60-69	16	1.85	5.26	-6.6	14.0
	70-79	37	2.56	5.16	-7.3	14.5		70-79	14	0.24	1.98	-4.1	4.3
	80 et +	16	5.35	3.69	-1.7	11.4		80 et +	5	-0.40	2.31	-4.1	2.1
	Total	197	2.45	4.22	-7.9	15.2		Total	93	0.35	3.98	-10.8	14.0

Annexe 6.18. Moyenne (%) et répartition bilatérale (%) de l'asymétrie des mesures linéaires du radius de la sous-population identifiée comme "gauchers".

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
aire totale de la section 1 (r1asT)						
gauchers	16	-4.91	5.49	12.5	0.0	87.5
aire totale de la section 2 (r2asT)						
gauchers	16	-1.95	5.16	25.0	18.8	56.3
aire totale de la section 3 (r3asT)						
gauchers	16	-1.50	6.88	37.5	6.3	56.3
aire totale de la section 4 (r4asT)						
gauchers	16	0.99	6.06	37.5	25.0	37.5
longueur (r5as)						
gauchers	16	-0.12	1.53	37.5	6.3	56.3
diamètre max médio-latéral (r6as)						
gauchers	18	-1.65	5.63	33.3	5.6	61.1
diamètre max antéro-postérieur (r7as)						
gauchers	18	-1.37	5.59	33.3	5.6	61.1
diamètre médio-lat de l'épiphyse distale (r8as)						
gauchers	11	-1.48	2.74	27.3	9.1	63.6
diamètre antéro-post de l'épiphyse distale (r9as)						
gauchers	11	1.24	4.71	54.5	9.1	36.4
diamètre max de la tête (r10as)						
gauchers	9	-3.62	2.32	0.0	22.2	77.8
diamètre min de la tête (r11as)						
gauchers	9	-2.16	3.03	22.2	11.1	66.7
périmètre de la tête (r12as)						
gauchers	9	-1.64	4.21	11.1	22.2	66.7

abréviations : d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.19. Aire corticale (CA) et pourcentage d'aire corticale (PC) de la clavicule. Échantillon sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupe d'activités.

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
c1asCA							c1asPC						
ens pop	158	1.70	10.9	52.5	7.6	39.9	ens pop	158	-5.29	9.1	24.7	9.5	65.8
gr A	57	0.39	9.5	50.9	10.5	38.6	gr A	57	-4.28	8.7	29.8	10.5	59.6
gr SL	32	3.69	13.6	56.3	0.0	43.8	gr SL	32	-5.93	11.4	25.0	3.1	71.9
gr SI	20	-0.12	14.0	50.0	5.0	45.0	gr SI	20	-5.12	8.5	25.0	15.0	60.0
gr NA	30	0.81	8.9	43.3	13.3	43.3	gr NA	30	-7.03	8.5	16.7	10.0	73.3
gr G	66	1.44	9.9	54.5	9.1	36.4	gr G	66	-4.02	8.5	28.8	10.6	60.6
gr S	52	2.22	13.7	53.8	1.9	44.2	gr S	52	-5.62	10.3	25.0	7.7	67.3
gr MA	50	0.44	11.1	46.0	10.0	44.0	gr MA	50	-6.27	8.5	20.0	12.0	68.0
c2asCA							c2asPC						
ens pop	163	3.05	9.5	59.5	11.7	28.8	ens pop	163	-4.22	8.2	22.7	12.9	64.4
gr A	60	2.67	10.4	63.3	11.7	25.0	gr A	60	-2.52	9.1	28.3	13.3	58.3
gr SL	32	2.46	9.1	46.9	25.0	28.1	gr SL	32	-7.20	8.2	12.5	12.5	75.0
gr SI	22	3.72	10.0	63.6	4.5	31.8	gr SI	22	-4.18	9.1	18.2	22.7	59.1
gr NA	31	3.04	8.2	58.1	6.5	35.5	gr NA	31	-5.00	5.9	22.6	6.5	71.0
gr G	69	3.27	10.3	65.2	10.1	24.6	gr G	69	-2.46	8.6	29.0	13.0	58.0
gr S	54	2.97	9.4	53.7	16.7	29.6	gr S	54	-5.97	8.6	14.8	16.7	68.5
gr MA	53	3.32	8.9	60.4	5.7	34.0	gr MA	53	-4.66	7.3	20.8	13.2	66.0
c3asCA							c3asPC						
ens pop	157	4.91	11.2	65.6	10.2	24.2	ens pop	157	-2.77	9.4	38.2	8.3	53.5
gr A	57	4.34	10.3	61.4	15.8	22.8	gr A	57	-1.73	8.3	38.6	8.8	52.6
gr SL	32	4.30	13.4	59.4	12.5	28.1	gr SL	32	-3.16	9.7	43.8	3.1	53.1
gr SI	21	6.14	11.8	71.4	4.8	23.8	gr SI	21	-2.45	10.9	38.1	14.3	47.6
gr NA	28	5.88	10.4	71.4	3.6	25.0	gr NA	28	-4.82	7.8	21.4	14.3	64.3
gr G	65	4.83	10.5	64.6	13.8	21.5	gr G	65	-1.42	8.2	40.0	7.7	52.3
gr S	53	5.03	12.7	64.2	9.4	26.4	gr S	53	-2.88	10.1	41.5	7.5	50.9
gr MA	49	5.99	10.9	71.4	4.1	24.5	gr MA	49	-3.81	9.2	28.6	14.3	57.1

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris : effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.20. Aire corticale (CA) et pourcentage d'aire corticale (PC) de l'humérus. Échantillon sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupe d'activités.

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
h1asC							h1asPC						
ens pop	192	1.15	6.6	53.6	13.5	32.8	ens pop	192	-3.93	7.5	22.4	9.9	67.7
gr A	67	0.62	7.0	52.2	13.4	34.3	gr A	67	-4.19	7.7	25.4	10.4	64.2
gr SL	42	0.46	6.5	42.9	14.3	42.9	gr SL	42	-5.09	5.6	7.1	11.9	81.0
gr SI	26	2.60	7.0	61.5	11.5	26.9	gr SI	26	-2.32	7.0	30.8	7.7	61.5
gr NA	33	1.70	7.4	63.6	12.1	24.2	gr NA	33	-2.39	10.0	33.3	12.1	54.5
gr G	77	0.75	6.6	53.2	14.3	32.5	gr G	77	-4.14	7.4	24.7	9.1	66.2
gr S	68	1.28	6.7	50.0	13.2	36.8	gr S	68	-4.03	6.3	16.2	10.3	73.5
gr MA	59	2.10	7.1	62.7	11.9	25.4	gr MA	59	-2.36	8.7	32.2	10.2	57.6
h2asC							h2asPC						
ens pop	193	2.28	7.0	64.2	9.3	26.4	ens pop	193	-4.20	7.7	18.7	8.3	73.1
gr A	69	2.34	7.5	63.8	8.7	27.5	gr A	69	-4.20	8.0	20.3	15.9	63.8
gr SL	41	0.52	7.4	53.7	17.1	29.3	gr SL	41	-5.96	8.1	12.2	2.4	85.4
gr SI	26	2.19	6.2	61.5	7.7	30.8	gr SI	26	-4.78	6.7	11.5	3.8	84.6
gr NA	34	4.74	6.0	82.4	8.8	8.8	gr NA	34	-0.88	7.4	35.3	2.9	61.8
gr G	79	2.21	7.2	62.0	7.6	30.4	gr G	79	-4.19	7.6	19.0	13.9	67.1
gr S	67	1.17	6.9	56.7	13.4	29.9	gr S	67	-5.50	7.6	11.9	3.0	85.1
gr MA	60	3.64	6.1	73.3	8.3	18.3	gr MA	60	-2.57	7.3	25.0	3.3	71.7
h3asC							h3asPC						
ens pop	192	2.54	6.8	60.4	13.5	26.0	ens pop	192	-2.71	6.8	21.4	16.7	62.0
gr A	67	2.20	7.0	56.7	13.4	29.9	gr A	67	-2.95	6.4	20.9	19.4	59.7
gr SL	40	1.28	5.7	50.0	20.0	30.0	gr SL	40	-3.87	6.7	12.5	10.0	77.5
gr SI	26	2.98	6.1	69.2	11.5	19.2	gr SI	26	-3.01	5.8	19.2	11.5	69.2
gr NA	35	5.48	6.6	74.3	14.3	11.4	gr NA	35	0.55	6.8	40.0	17.1	42.9
gr G	77	1.95	6.7	55.8	13.0	31.2	gr G	77	-3.08	6.1	18.2	20.8	61.0
gr S	66	1.95	5.9	57.6	16.7	25.8	gr S	66	-3.53	6.3	15.2	10.6	74.2
gr MA	61	4.41	6.5	72.1	13.1	14.8	gr MA	61	-0.96	6.6	31.1	14.8	54.1
h4asC							h4asPC						
ens pop	194	3.59	6.3	69.1	12.4	18.6	ens pop	194	-1.05	6.0	30.4	20.1	49.5
gr A	67	2.79	6.5	70.1	7.5	22.4	gr A	67	-1.80	5.8	26.9	26.9	46.3
gr SL	41	3.32	6.9	61.0	19.5	19.5	gr SL	41	-1.32	7.3	24.4	19.5	56.1
gr SI	26	3.47	4.6	69.2	11.5	19.2	gr SI	26	-1.45	3.6	23.1	15.4	61.5
gr NA	35	5.46	7.0	68.6	17.1	14.3	gr NA	35	1.53	7.1	45.7	20.0	34.3
gr G	78	2.91	6.4	70.5	7.7	21.8	gr G	78	-1.60	5.5	30.8	23.1	46.2
gr S	67	3.38	6.1	64.2	16.4	19.4	gr S	67	-1.37	6.1	23.9	17.9	58.2
gr MA	61	4.61	6.1	68.9	14.8	16.4	gr MA	61	0.26	6.0	36.1	18.0	45.9
h5asC							h5asPC						
ens pop	191	4.28	6.8	68.1	14.7	17.3	ens pop	191	0.24	5.8	33.5	22.5	44.0
gr A	64	3.96	6.1	64.1	17.2	18.8	gr A	64	0.04	4.1	34.4	20.3	45.3
gr SL	41	5.31	9.4	73.2	12.2	14.6	gr SL	41	0.82	9.1	34.1	14.6	51.2
gr SI	26	3.82	5.7	65.4	11.5	23.1	gr SI	26	-0.26	4.5	30.8	30.8	38.5
gr NA	35	3.93	5.0	68.6	22.9	8.6	gr NA	35	0.69	4.3	37.1	28.6	34.3
gr G	75	3.77	6.2	65.3	16.0	18.7	gr G	75	-0.08	4.3	33.3	22.7	44.0
gr S	67	4.73	8.1	70.1	11.9	17.9	gr S	67	0.40	7.6	32.8	20.9	46.3
gr MA	61	3.88	5.3	67.2	18.0	14.8	gr MA	61	0.29	4.4	34.4	29.5	36.1

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris : effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.21. Aire corticale (CA) et pourcentage d'aire corticale (PC) du radius. Échantillon sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupe d'activités.

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
r1asCA							r1asPC						
ens pop	183	2.17	8.4	54.6	14.2	31.1	ens pop	183	-1.42	7.5	31.7	14.8	53.6
gr A	67	1.06	8.3	53.7	13.4	32.8	gr A	67	-2.54	6.5	28.4	11.9	59.7
gr SL	38	3.10	7.5	57.9	10.5	31.6	gr SL	38	-1.11	6.2	34.2	21.1	44.7
gr SI	25	2.28	11.8	52.0	12.0	36.0	gr SI	25	-0.74	13.1	32.0	8.0	60.0
gr NA	30	4.53	6.5	60.0	16.7	23.3	gr NA	30	0.12	6.1	40.0	16.7	43.3
gr G	78	1.08	7.9	51.3	16.7	32.1	gr G	78	-2.19	6.3	29.5	12.8	57.7
gr S	63	2.77	9.4	55.6	11.1	33.3	gr S	63	-0.96	9.4	33.3	15.9	50.8
gr MA	55	3.51	9.2	56.4	14.5	29.1	gr MA	55	-0.27	9.8	36.4	12.7	50.9
r2asCA							r2asPC						
ens pop	185	3.59	6.4	66.5	14.6	18.9	ens pop	185	-1.28	4.7	21.1	24.3	54.6
gr A	69	3.63	6.0	69.6	13.0	17.4	gr A	69	-1.41	5.0	21.7	27.5	50.7
gr SL	39	2.86	6.7	53.8	17.9	28.2	gr SL	39	-1.25	3.2	17.9	23.1	59.0
gr SI	25	4.82	7.8	60.0	16.0	24.0	gr SI	25	-0.20	6.2	24.0	24.0	52.0
gr NA	30	4.40	3.8	76.7	20.0	3.3	gr NA	30	-0.79	1.9	16.7	33.3	50.0
gr G	79	3.31	6.5	69.6	12.7	17.7	gr G	79	-1.57	5.5	24.1	25.3	50.6
gr S	64	3.63	7.1	56.3	17.2	26.6	gr S	64	-0.84	4.6	20.3	23.4	56.3
gr MA	55	4.59	5.9	69.1	18.2	12.7	gr MA	55	-0.52	4.4	20.0	29.1	50.9
r3asCA							r3asPC						
ens pop	184	3.10	6.7	66.3	8.7	25.0	ens pop	184	-0.72	4.4	31.0	24.5	44.6
gr A	68	2.73	6.0	66.2	8.8	25.0	gr A	68	-0.81	4.0	33.8	19.1	47.1
gr SL	39	3.33	6.5	64.1	12.8	23.1	gr SL	39	-1.32	3.6	20.5	38.5	41.0
gr SI	24	3.77	10.0	66.7	8.3	25.0	gr SI	24	1.46	6.7	54.2	12.5	33.3
gr NA	30	3.27	5.8	70.0	6.7	23.3	gr NA	30	-0.39	3.7	30.0	30.0	40.0
gr G	79	2.60	6.3	65.8	7.6	26.6	gr G	79	-1.06	4.4	32.9	17.7	49.4
gr S	63	3.50	7.9	65.1	11.1	23.8	gr S	63	-0.26	5.1	33.3	28.6	38.1
gr MA	54	3.50	7.8	68.5	7.4	24.1	gr MA	54	0.43	5.3	40.7	22.2	37.0
r4asCA							r4asPC						
ens pop	178	3.20	8.2	62.4	10.7	27.0	ens pop	178	-0.19	7.0	38.2	19.7	42.1
gr A	65	2.35	6.7	60.0	7.7	32.3	gr A	65	-0.45	5.7	41.5	15.4	43.1
gr SL	39	1.33	7.0	48.7	17.9	33.3	gr SL	39	-1.96	7.4	25.6	20.5	53.8
gr SI	23	5.87	13.3	73.9	13.0	13.0	gr SI	23	1.44	11.2	47.8	17.4	34.8
gr NA	30	4.43	6.9	73.3	6.7	20.0	gr NA	30	1.20	5.4	43.3	30.0	26.7
gr G	75	2.83	7.3	60.0	9.3	30.7	gr G	75	-0.20	5.7	40.0	17.3	42.7
gr S	62	3.01	10.0	58.1	16.1	25.8	gr S	62	-0.70	9.1	33.9	19.4	46.8
gr MA	53	5.05	10.1	73.6	9.4	17.0	gr MA	53	1.30	8.3	45.3	24.5	30.2

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.22 (suite). Évolution de l'asymétrie des propriétés géométriques (CA, PC, $I_x, I_y, I_{max}, I_{min}$) avec l'âge (classes de 25 ans). Population sans "gauchers".

	âge	n	moy	ds	min	max		âge	n	moy	ds	min	max
h5asCA	20-45	58	3.73	4.17	-4.76	16.82	r1asCA	20-45	54	2.19	6.48	-14.66	14.41
	46-70	86	3.42	5.94	-15.92	18.38		46-70	80	2.04	8.22	-29.87	20.11
	71-93	48	7.87	13.55	-7.19	70.69		71-95	50	3.12	11.75	-20.16	40.57
	Total	192	4.63	8.34	-15.92	70.69		Total	184	2.37	8.86	-29.87	40.57
h5asPC	20-45	58	0.21	3.44	-8.91	11.34	r1asPC	20-45	54	-0.67	3.89	-8.83	9.14
	46-70	86	-0.18	3.96	-13.44	12.72		46-70	80	-1.36	7.66	-22.49	25.36
	71-93	48	2.38	13.40	-11.36	65.10		71-95	50	-1.76	10.59	-28.05	38.96
	Total	192	0.58	7.47	-13.44	65.10		Total	184	-1.27	7.74	-28.05	38.96
h5aslx	20-45	58	4.19	9.44	-21.79	39.23	r1aslx	20-45	54	7.50	15.38	-33.49	51.19
	46-70	86	4.66	6.84	-17.92	19.12		46-70	79	6.01	16.68	-28.38	41.48
	71-93	48	10.75	13.99	-12.22	64.90		71-95	50	8.20	21.61	-49.43	72.15
	Total	192	6.04	10.15	-21.79	64.90		Total	183	7.05	17.74	-49.43	72.15
h5asly	20-45	58	9.01	11.21	-19.70	36.79	r1asly	20-45	54	3.39	12.98	-34.15	27.17
	46-70	86	7.88	12.85	-23.24	41.94		46-70	79	5.72	15.21	-46.76	41.32
	71-93	48	15.74	15.97	-9.68	70.81		71-95	50	9.89	16.54	-24.76	41.09
	Total	192	10.19	13.57	-23.24	70.81		Total	183	6.17	15.10	-46.76	41.32
h5aslma	20-45	58	3.73	4.17	-4.76	16.82	r1aslma	20-45	54	5.37	14.13	-26.97	48.59
	46-70	86	3.42	5.94	-15.92	18.38		46-70	80	5.70	14.15	-35.08	36.77
	71-93	48	7.87	13.55	-7.19	70.69		71-95	50	10.23	17.38	-29.82	52.51
	Total	192	4.63	8.34	-15.92	70.69		Total	184	6.83	15.15	-35.08	52.51
h5aslmi	20-45	58	0.21	3.44	-8.91	11.34	r1aslmi	20-45	54	5.57	12.90	-24.93	33.21
	46-70	86	-0.18	3.96	-13.44	12.72		46-70	80	6.40	15.03	-31.67	39.24
	71-93	48	2.38	13.40	-11.36	65.10		71-95	50	7.97	18.27	-28.09	67.65
	Total	192	0.58	7.47	-13.44	65.10		Total	184	6.58	15.36	-31.67	67.65
r2asCA	20-45	54	4.12	4.85	-4.56	13.74	r3asCA	20-45	55	3.71	6.69	-12.46	17.66
	46-70	81	2.82	5.80	-24.98	17.90		46-70	80	2.49	6.31	-19.75	18.45
	71-93	51	4.66	8.83	-14.58	28.88		71-95	50	3.85	7.97	-14.77	26.96
	Total	186	3.70	6.56	-24.98	28.88		Total	185	3.22	6.89	-19.75	26.96
r2asPC	20-45	54	-1.02	3.01	-11.48	7.99	r3asPC	20-45	55	-0.94	2.75	-7.61	5.67
	46-70	81	-1.39	4.46	-22.51	15.79		46-70	80	-0.38	4.35	-18.01	10.38
	71-93	51	-1.12	6.65	-31.89	19.52		71-95	50	-0.67	6.41	-18.94	21.04
	Total	186	-1.21	4.81	-31.89	19.52		Total	185	-0.62	4.62	-18.94	21.04
r2aslx	20-45	54	11.12	14.74	-27.61	45.57	r3aslx	20-45	55	7.92	12.86	-20.53	32.20
	46-70	79	9.65	14.38	-29.19	46.74		46-70	78	5.33	10.66	-35.95	29.18
	71-93	51	11.16	13.74	-16.28	38.72		71-95	50	8.21	10.76	-12.12	33.67
	Total	184	10.50	14.26	-29.19	46.74		Total	183	6.90	11.41	-35.95	33.67
r2asly	20-45	54	9.48	12.21	-19.29	37.20	r3asly	20-45	55	10.09	15.70	-27.62	47.56
	46-70	79	7.32	11.18	-22.55	37.35		46-70	78	5.66	12.88	-26.54	48.07
	71-93	51	12.24	15.83	-21.13	57.79		71-95	50	9.22	14.75	-30.05	47.08
	Total	184	9.32	13.00	-22.55	57.79		Total	183	7.97	14.35	-30.05	48.07
r2aslma	20-45	54	10.31	12.85	-23.00	44.44	r3aslma	20-45	55	9.92	15.57	-27.61	49.69
	46-70	81	8.46	11.13	-18.60	44.66		46-70	80	5.98	12.26	-23.89	38.50
	71-93	51	13.02	16.18	-21.85	57.63		71-95	50	8.58	13.66	-27.07	38.50
	Total	186	10.25	13.24	-23.00	57.63		Total	185	7.86	13.72	-27.61	49.69
r2aslmi	20-45	54	9.28	12.09	-19.37	35.42	r3aslmi	20-45	55	8.23	12.32	-18.52	31.43
	46-70	81	7.51	12.22	-21.63	32.60		46-70	80	5.25	10.56	-36.14	28.10
	71-93	51	9.47	12.34	-14.53	37.39		71-95	50	9.18	11.76	-12.12	49.35
	Total	186	8.56	12.18	-21.63	37.39		Total	185	7.20	11.50	-36.14	49.35

suite page suivante...

Annexe 6.22 (suite). Évolution de l'asymétrie des propriétés géométriques (CA, PC, Ix,Iy,I_{max},I_{min}) avec l'âge (classes de 25 ans). Population sans "gauchers".

	âge	n	moy	ds	min	max		âge	n	moy	ds	min	max
r4asCA	20-45	54	3.39	7.07	-11.10	18.85	c1asCA	20-45	48	1.46	9.34	-23.65	20.79
	46-70	79	3.09	8.00	-32.80	26.25		46-70	75	1.97	11.28	-47.15	29.24
	71-93	46	4.27	12.17	-16.00	54.14		71-95	36	1.78	12.41	-20.01	43.65
	Total	179	3.48	8.98	-32.80	54.14		Total	159	1.77	10.94	-47.15	43.65
r4asPC	20-45	54	-0.64	6.71	-29.55	13.91	c1asPC	20-45	48	-4.80	7.86	-24.41	8.03
	46-70	79	0.72	6.52	-26.97	19.54		46-70	75	-5.77	8.46	-33.03	9.42
	71-93	46	-0.19	10.64	-14.56	46.68		71-95	36	-4.58	12.00	-33.05	29.76
	Total	179	0.08	7.81	-29.55	46.68		Total	159	-5.21	9.17	-33.05	29.76
r4asIx	20-45	54	7.50	13.72	-32.07	36.25	c1asIx	20-45	48	9.87	18.33	-41.63	43.18
	46-70	78	3.73	13.35	-42.66	29.98		46-70	75	13.85	22.50	-57.57	64.21
	71-93	46	10.77	14.64	-16.27	58.61		71-95	36	10.05	18.57	-17.97	44.83
	Total	178	6.69	14.03	-42.66	58.61		Total	159	11.79	20.43	-57.57	64.21
r4asIy	20-45	54	7.70	12.21	-22.31	32.10	c1asIy	20-45	48	10.71	25.81	-67.75	74.84
	46-70	78	5.97	12.26	-30.13	50.56		46-70	75	8.90	21.15	-41.59	72.10
	71-93	46	6.27	15.08	-17.06	51.14		71-95	36	8.13	21.34	-39.13	73.87
	Total	178	6.57	12.98	-30.13	51.14		Total	159	9.27	22.57	-67.75	74.84
r4asI_{ma}	20-45	54	7.90	12.29	-21.02	32.14	c1asI_{ma}	20-45	48	12.50	19.93	-55.95	73.37
	46-70	79	6.15	12.00	-30.48	47.27		46-70	75	11.11	17.30	-34.06	43.31
	71-93	46	6.30	14.67	-19.56	51.20		71-95	36	8.81	15.83	-25.18	50.00
	Total	179	6.72	12.77	-30.48	51.20		Total	159	11.01	17.76	-55.95	73.37
r4asI_{mi}	20-45	54	7.13	13.24	-29.51	36.09	c1asI_{mi}	20-45	48	6.84	19.07	-51.57	46.55
	46-70	79	3.57	13.19	-41.95	31.81		46-70	75	12.51	22.07	-52.39	64.15
	71-93	46	10.76	14.93	-16.34	58.51		71-95	36	10.31	17.96	-24.72	55.82
	Total	179	6.49	13.91	-41.95	58.51		Total	159	10.30	20.34	-52.39	64.15
c2asCA	20-45	48	2.44	8.93	-27.37	19.60	c3asCA	20-45	48	5.35	9.67	-16.27	36.41
	46-70	79	3.70	9.90	-26.08	22.36		46-70	74	4.67	11.33	-29.67	36.16
	71-93	37	2.43	9.44	-23.98	21.05		71-95	36	5.33	13.37	-21.66	40.45
	Total	164	3.04	9.48	-27.37	22.36		Total	158	5.03	11.30	-29.67	40.45
c2asPC	20-45	48	-3.43	5.69	-15.92	7.16	c3asPC	20-45	48	-1.31	7.15	-21.44	14.78
	46-70	79	-4.20	8.18	-25.77	19.60		46-70	74	-2.95	9.22	-22.11	25.74
	71-93	37	-5.29	10.81	-29.78	16.29		71-95	36	-3.94	12.09	-28.27	12.79
	Total	164	-4.22	8.22	-29.78	19.60		Total	158	-2.68	9.40	-28.27	25.74
c2asIx	20-45	48	8.55	21.60	-52.70	49.76	c3asIx	20-45	48	8.79	20.56	-36.99	61.46
	46-70	79	14.54	22.29	-46.74	64.19		46-70	74	13.54	24.73	-37.36	68.64
	71-93	37	11.32	18.28	-32.60	52.11		71-95	36	13.06	22.88	-49.43	80.54
	Total	164	12.06	21.28	-52.70	64.19		Total	158	11.99	23.07	-49.43	80.54
c2asIy	20-45	48	12.73	24.20	-58.38	80.20	c3asIy	20-45	48	15.17	23.71	-40.25	79.40
	46-70	79	12.14	21.22	-39.29	64.49		46-70	74	14.42	20.89	-29.99	55.39
	71-93	37	11.89	21.45	-39.90	63.27		71-95	36	16.62	21.72	-20.70	90.28
	Total	164	12.25	22.05	-58.38	80.20		Total	158	15.15	21.85	-40.25	90.28
c2asI_{ma}	20-45	48	12.63	19.84	-56.63	62.70	c3asI_{ma}	20-45	48	13.49	20.26	-39.10	58.22
	46-70	79	13.75	18.08	-34.63	61.74		46-70	74	15.29	20.32	-29.06	72.32
	71-93	37	12.63	17.42	-40.61	52.58		71-95	36	15.63	17.69	-20.31	55.94
	Total	164	13.17	18.36	-56.63	62.70		Total	158	14.82	19.63	-39.10	72.32
c2asI_{mi}	20-45	48	7.50	17.77	-53.05	41.28	c3asI_{mi}	20-45	48	11.41	20.41	-38.81	71.47
	46-70	79	13.34	19.52	-38.43	56.99		46-70	74	11.36	21.87	-29.11	71.58
	71-93	37	10.90	15.25	-18.17	51.00		71-95	36	15.26	21.49	-29.20	85.87
	Total	164	11.08	18.19	-53.05	56.99		Total	158	12.26	21.28	-38.81	85.87

abréviations : voir planche MEMO

Annexe 6.23. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie de CA et PC des sections transverses de la sous-population identifiée comme "gauchers".

	n	moy	ds	d >	d < g	g >		n	moy	ds	d >	d < g	g >
c1asCA							c1asPC						
pop tot	172	1.48	10.74	52.3	7.6	40.1	pop tot	172	-5.08	9.15	26.16	8.7	65.1
pop sg	158	1.70	10.9	52.5	7.6	39.9	pop sg	158	-5.29	9.13	24.7	9.5	65.8
"gauchers"	13	-2.07	7.2	46.2	7.7	46.2	"gauchers"	13	-3.56	9.13	38.46	0.0	61.5
c2asCA							c2asPC						
pop tot	177	2.65	9.37	57.6	11.3	31.1	pop tot	177	-4.19	8.17	23.16	13.0	63.8
pop sg	163	3.05	9.5	59.5	11.7	28.8	pop sg	163	-4.22	8.25	22.7	12.9	64.4
"gauchers"	13	-2.35	6.02	30.8	7.7	61.5	"gauchers"	13	-3.73	7.74	30.77	15.4	53.8
c3asCA							c3asPC						
pop tot	171	4.56	11.26	64.3	9.9	25.7	pop tot	171	-2.44	9.34	38.60	9.4	52.0
pop sg	157	4.91	11.2	65.6	10.2	24.2	pop sg	157	-2.77	9.35	38.2	8.3	53.5
"gauchers"	13	-1.17	9.47	46.2	7.7	46.2	"gauchers"	13	0.51	8.43	38.46	23.1	38.5
h1asCA							h1asPC						
pop tot	213	0.83	7.15	50.7	12.2	37.1	pop tot	213	-3.31	7.91	25.35	9.4	65.3
pop sg	192	1.15	6.6	53.6	13.5	32.8	pop sg	192	-3.93	7.48	22.4	9.9	67.7
"gauchers"	20	-4.13	4.80	20.0	0.0	80.0	"gauchers"	20	0.74	6.41	50.00	5.0	45.0
h2asCA							h2asPC						
pop tot	214	2.00	7.67	60.3	9.3	30.4	pop tot	214	-3.54	8.30	21.96	8.9	69.2
pop sg	193	2.28	7.0	64.2	9.3	26.4	pop sg	193	-4.20	7.74	18.7	8.3	73.1
"gauchers"	20	-2.87	6.17	20.0	10.0	70.0	"gauchers"	20	0.72	7.14	50.00	15.0	35.0
h3asCA							h3asPC						
pop tot	213	2.08	8.07	55.4	13.1	31.5	pop tot	213	-2.37	7.83	23.00	16.9	60.1
pop sg	192	2.54	6.8	60.4	13.5	26.0	pop sg	192	-2.71	6.80	21.4	16.7	62.0
"gauchers"	20	-5.34	4.23	5.0	10.0	85.0	"gauchers"	20	-2.06	5.92	35.00	20.0	45.0
h4asCA							h4asPC						
pop tot	215	3.03	7.28	63.7	11.6	24.7	pop tot	215	-0.76	6.77	32.09	20.0	47.9
pop sg	194	3.59	6.3	69.1	12.4	18.6	pop sg	194	-1.05	6.02	30.4	20.1	49.5
"gauchers"	20	-4.70	4.35	10.0	5.0	85.0	"gauchers"	20	-0.18	6.40	45.00	20.0	35.0
h5asCA							h5asPC						
pop tot	212	3.58	8.69	61.8	13.7	24.5	pop tot	212	0.36	7.34	33.96	21.7	44.3
pop sg	191	4.28	6.8	68.1	14.7	17.3	pop sg	191	0.24	5.84	33.5	22.5	44.0
"gauchers"	20	-6.47	4.55	0.0	5.0	95.0	"gauchers"	20	-1.78	5.64	35.00	15.0	50.0
r1asCA							r1asPC						
pop tot	200	1.72	8.94	51.0	14.0	35.0	pop tot	200	-1.23	7.81	34.00	14.5	51.5
pop sg	183	2.17	8.4	54.6	14.2	31.1	pop sg	183	-1.42	7.46	31.7	14.8	53.6
"gauchers"	16	-5.75	6.15	6.3	12.5	81.3	"gauchers"	16	-0.84	8.83	56.25	12.5	31.3
r2asCA							r2asPC						
pop tot	202	3.13	6.74	63.4	14.4	22.3	pop tot	202	-1.24	4.86	23.27	23.3	53.5
pop sg	185	3.59	6.4	66.5	14.6	18.9	pop sg	185	-1.28	4.74	21.1	24.3	54.6
"gauchers"	16	-3.54	5.16	25.0	12.5	62.5	"gauchers"	16	-1.59	5.51	43.75	12.5	43.8
r3asCA							r3asPC						
pop tot	201	2.96	6.89	64.7	9.0	26.4	pop tot	201	-0.46	4.88	33.83	22.4	43.8
pop sg	184	3.10	6.7	66.3	8.7	25.0	pop sg	184	-0.72	4.44	31.0	24.5	44.6
"gauchers"	16	-0.10	6.25	43.8	12.5	43.8	"gauchers"	16	1.39	7.14	62.50	0.0	37.5
r4asCA							r4asPC						
pop tot	195	3.17	8.75	61.0	10.8	28.2	pop tot	195	-0.04	7.62	38.46	19.5	42.1
pop sg	178	3.20	8.2	62.4	10.7	27.0	pop sg	178	-0.19	7.00	38.2	19.7	42.1
"gauchers"	16	-0.37	4.44	43.8	12.5	43.8	"gauchers"	16	-1.36	5.02	37.50	18.8	43.8

Annexe 6.24. Asymétrie des seconds moments de l'aire Ix et Iy mesurée sur la clavicule. Échantillons sans gauchers. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
c1aslx							c1asly						
ens pop	158	11.77	20.5	69.0	4.4	26.6	ens pop	158	9.27	22.6	67.1	3.2	29.7
gr A	57	9.60	21.1	70.2	3.5	26.3	gr A	57	4.11	21.4	59.6	1.8	38.6
gr SL	32	12.43	23.1	62.5	6.3	31.3	gr SL	32	15.16	23.3	75.0	9.4	15.6
gr SI	20	8.82	20.3	65.0	10.0	25.0	gr SI	20	6.15	20.1	65.0	0.0	35.0
gr NA	30	15.09	19.7	73.3	3.3	23.3	gr NA	30	8.49	24.6	70.0	3.3	26.7
gr G	66	11.12	20.2	74.2	3.0	22.7	gr G	66	6.02	21.8	60.6	1.5	37.9
gr S	52	11.04	21.9	63.5	7.7	28.8	gr S	52	11.69	22.3	71.2	5.8	23.1
gr MA	50	12.58	20.0	70.0	6.0	24.0	gr MA	50	7.55	22.7	68.0	2.0	30.0
c2aslx							c2asly						
ens pop	163	12.15	21.3	74.8	4.3	20.9	ens pop	163	12.19	22.1	67.5	4.3	28.2
gr A	60	9.53	22.0	70.0	5.0	25.0	gr A	60	8.18	21.5	58.3	6.7	35.0
gr SL	32	14.77	22.9	71.9	6.3	21.9	gr SL	32	15.04	20.2	75.0	6.3	18.8
gr SI	22	11.35	19.7	77.3	0.0	22.7	gr SI	22	15.35	20.4	81.8	0.0	18.2
gr NA	31	16.16	19.3	83.9	3.2	12.9	gr NA	31	11.44	25.6	61.3	3.2	35.5
gr G	69	10.52	21.2	73.9	4.3	21.7	gr G	69	9.47	21.8	59.4	5.8	34.8
gr S	54	13.37	21.5	74.1	3.7	22.2	gr S	54	15.16	20.1	77.8	3.7	18.5
gr MA	53	14.16	19.4	81.1	1.9	17.0	gr MA	53	13.07	23.4	69.8	1.9	28.3
c3aslx							c3asly						
ens pop	157	11.90	23.1	68.2	5.1	26.8	ens pop	157	15.00	21.8	73.9	3.2	22.9
gr A	57	9.78	22.0	70.2	5.3	24.6	gr A	57	12.43	20.2	70.2	5.3	24.6
gr SL	32	13.81	26.9	62.5	3.1	34.4	gr SL	32	11.68	21.4	68.8	3.1	28.1
gr SI	21	11.30	20.1	66.7	4.8	28.6	gr SI	21	19.06	20.7	85.7	4.8	9.5
gr NA	28	19.26	20.3	78.6	7.1	14.3	gr NA	28	18.90	23.3	75.0	0.0	25.0
gr G	65	9.83	21.5	69.2	6.2	24.6	gr G	65	13.29	19.8	72.3	4.6	23.1
gr S	53	12.82	24.3	64.2	3.8	32.1	gr S	53	14.60	21.2	75.5	3.8	20.8
gr MA	49	15.85	20.4	73.5	6.1	20.4	gr MA	49	18.97	22.0	79.6	2.0	18.4

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris : effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.25. Asymétrie des seconds moments de l'aire Ix et Iy mesurée pour l'humérus. Échantillons sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
h1aslx							h1asly						
ens pop	192	7.50	9.4	80.7	4.2	15.1	ens pop	192	6.36	9.4	72.4	7.3	20.3
gr A	67	6.49	9.2	77.6	4.5	17.9	gr A	67	5.88	10.3	67.2	3.0	29.9
gr SL	42	6.68	11.3	76.2	7.1	16.7	gr SL	42	7.31	9.4	76.2	7.1	16.7
gr SI	26	8.80	10.9	84.6	3.8	11.5	gr SI	26	6.77	9.3	76.9	11.5	11.5
gr NA	33	7.72	7.5	84.8	0.0	15.2	gr NA	33	4.69	9.2	66.7	12.1	21.2
gr G	77	6.71	8.9	77.9	5.2	16.9	gr G	77	6.06	9.8	70.1	3.9	26.0
gr S	68	7.49	11.1	79.4	5.9	14.7	gr S	68	7.10	9.3	76.5	8.8	14.7
gr MA	59	8.19	9.1	84.7	1.7	13.6	gr MA	59	5.61	9.2	71.2	11.9	16.9
h2aslx							h2asly						
ens pop	193	10.67	9.0	87.0	5.7	7.3	ens pop	193	9.94	9.8	83.9	4.1	11.9
gr A	69	10.46	9.6	85.5	5.8	8.7	gr A	69	10.09	10.3	79.7	5.8	14.5
gr SL	41	7.95	10.4	78.0	7.3	14.6	gr SL	41	10.41	9.1	90.2	2.4	7.3
gr SI	26	11.46	8.6	84.6	7.7	7.7	gr SI	26	10.11	7.7	92.3	0.0	7.7
gr NA	34	13.07	6.8	94.1	5.9	0.0	gr NA	34	9.09	10.6	82.4	2.9	14.7
gr G	79	10.10	9.1	87.3	5.1	7.6	gr G	79	9.95	9.9	81.0	5.1	13.9
gr S	67	9.31	9.8	80.6	7.5	11.9	gr S	67	10.29	8.5	91.0	1.5	7.5
gr MA	60	12.37	7.6	90.0	6.7	3.3	gr MA	60	9.53	9.4	86.7	1.7	11.7
h3aslx							h3asly						
ens pop	192	9.34	8.4	84.9	7.3	7.8	ens pop	192	9.07	9.5	80.7	3.1	16.1
gr A	67	9.14	8.8	86.6	7.5	6.0	gr A	67	8.39	10.5	73.1	4.5	22.4
gr SL	40	8.41	9.4	82.5	5.0	12.5	gr SL	40	8.63	9.4	82.5	5.0	12.5
gr SI	26	9.51	7.5	88.5	3.8	7.7	gr SI	26	11.48	9.3	92.3	0.0	7.7
gr NA	35	11.56	7.7	88.6	8.6	2.9	gr NA	35	9.96	8.4	85.7	2.9	11.4
gr G	77	8.43	8.6	83.1	9.1	7.8	gr G	77	8.42	10.0	75.3	3.9	20.8
gr S	66	8.84	8.6	84.8	4.5	10.6	gr S	66	9.76	9.4	86.4	3.0	10.6
gr MA	61	10.69	7.6	88.5	6.6	4.9	gr MA	61	10.61	8.7	88.5	1.6	9.8
h4aslx							h4asly						
ens pop	194	6.57	7.5	77.8	7.2	14.9	ens pop	194	10.98	9.4	85.1	6.2	8.8
gr A	67	6.12	7.0	79.1	7.5	13.4	gr A	67	10.54	10.7	77.6	6.0	16.4
gr SL	41	5.96	9.1	63.4	12.2	24.4	gr SL	41	11.03	9.1	85.4	7.3	7.3
gr SI	26	6.14	7.7	80.8	7.7	11.5	gr SI	26	12.01	7.5	92.3	7.7	0.0
gr NA	35	7.86	6.8	85.7	5.7	8.6	gr NA	35	9.75	7.6	88.6	5.7	5.7
gr G	78	5.84	7.0	78.2	6.4	15.4	gr G	78	10.52	10.7	79.5	5.1	15.4
gr S	67	6.03	8.5	70.1	10.4	19.4	gr S	67	11.41	8.4	88.1	7.5	4.5
gr MA	61	7.13	7.2	83.6	6.6	9.8	gr MA	61	10.71	7.6	90.2	6.6	3.3
h5aslx							h5asly						
ens pop	191	5.73	9.2	70.2	8.9	20.9	ens pop	191	9.87	12.9	76.4	4.7	18.8
gr A	64	4.89	7.8	68.8	10.9	20.3	gr A	64	10.59	13.0	76.6	3.1	20.3
gr SL	41	7.82	13.2	65.9	9.8	24.4	gr SL	41	11.08	14.3	82.9	2.4	14.6
gr SI	26	6.24	7.3	80.8	3.8	15.4	gr SI	26	6.75	11.6	61.5	11.5	26.9
gr NA	35	3.72	8.0	62.9	11.4	25.7	gr NA	35	8.58	11.4	77.1	2.9	20.0
gr G	75	4.78	7.6	68.0	10.7	21.3	gr G	75	9.94	13.2	76.0	4.0	20.0
gr S	67	7.20	11.3	71.6	7.5	20.9	gr S	67	9.40	13.4	74.6	6.0	19.4
gr MA	61	4.79	7.7	70.5	8.2	21.3	gr MA	61	7.80	11.4	70.5	6.6	23.0

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris : effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.26. Asymétrie des seconds moments de l'aire Ix et Iy mesurée pour le radius. Échantillons sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
r1aslx							r1asly						
ens pop	182	6.76	17.4	67.0	4.9	28.0	ens pop	182	5.98	14.9	63.7	5.5	30.8
gr A	67	5.02	19.1	64.2	4.5	31.3	gr A	67	6.49	16.1	70.1	6.0	23.9
gr SL	38	7.42	17.8	68.4	0.0	31.6	gr SL	38	8.02	11.4	63.2	7.9	28.9
gr SI	25	7.56	16.7	64.0	4.0	32.0	gr SI	25	4.72	17.8	60.0	4.0	36.0
gr NA	29	9.71	11.2	75.9	13.8	10.3	gr NA	29	7.70	11.8	62.1	6.9	31.0
gr G	78	4.91	18.4	64.1	5.1	30.8	gr G	78	5.81	15.7	66.7	5.1	28.2
gr S	63	7.47	17.2	66.7	1.6	31.7	gr S	63	6.71	14.2	61.9	6.3	31.7
gr MA	54	8.71	13.9	70.4	9.3	20.4	gr MA	54	6.32	14.8	61.1	5.6	33.3
r2aslx							r2asly						
ens pop	183	10.37	14.2	74.9	1.6	23.5	ens pop	183	9.16	12.9	72.1	8.7	19.1
gr A	69	9.58	13.8	76.8	0.0	23.2	gr A	69	10.33	13.4	76.8	7.2	15.9
gr SL	39	8.21	16.6	59.0	2.6	38.5	gr SL	39	8.41	12.9	74.4	0.0	25.6
gr SI	24	11.14	14.2	79.2	0.0	20.8	gr SI	24	9.96	15.0	62.5	12.5	25.0
gr NA	29	14.06	9.4	93.1	3.4	3.4	gr NA	29	7.31	8.7	69.0	20.7	10.3
gr G	79	9.42	13.9	75.9	0.0	24.1	gr G	79	9.91	13.1	74.7	8.9	16.5
gr S	63	9.33	15.7	66.7	1.6	31.7	gr S	63	9.00	13.7	69.8	4.8	25.4
gr MA	53	12.74	11.8	86.8	1.9	11.3	gr MA	53	8.51	11.9	66.0	17.0	17.0
r3aslx							r3asly						
ens pop	182	6.81	11.4	69.2	4.9	25.8	ens pop	182	7.80	14.2	73.1	5.5	21.4
gr A	68	6.70	9.6	70.6	5.9	23.5	gr A	68	6.47	13.8	75.0	2.9	22.1
gr SL	39	7.44	12.6	69.2	5.1	25.6	gr SL	39	10.42	13.1	82.1	5.1	12.8
gr SI	23	3.88	15.8	56.5	4.3	39.1	gr SI	23	6.28	18.4	60.9	4.3	34.8
gr NA	29	7.36	10.3	75.9	3.4	20.7	gr NA	29	7.02	12.5	65.5	13.8	20.7
gr G	79	6.54	9.6	68.4	5.1	26.6	gr G	79	6.84	14.0	74.7	3.8	21.5
gr S	62	6.12	13.9	64.5	4.8	30.6	gr S	62	8.88	15.2	74.2	4.8	21.0
gr MA	52	5.82	13.0	67.3	3.8	28.8	gr MA	52	6.70	15.2	63.5	9.6	26.9
r4aslx							r4asly						
ens pop	177	6.40	13.5	68.9	3.4	27.7	ens pop	177	6.32	12.6	66.7	5.1	28.2
gr A	65	5.16	12.5	64.6	4.6	30.8	gr A	65	4.89	11.2	64.6	4.6	30.8
gr SL	39	5.37	11.1	64.1	5.1	30.8	gr SL	39	4.72	12.8	56.4	7.7	35.9
gr SI	23	10.28	18.9	69.6	0.0	30.4	gr SI	23	8.86	16.1	73.9	8.7	17.4
gr NA	29	6.39	14.7	79.3	3.4	17.2	gr NA	29	6.92	10.3	75.9	0.0	24.1
gr G	75	5.46	12.6	66.7	4.0	29.3	gr G	75	5.94	12.5	66.7	4.0	29.3
gr S	62	7.19	14.5	66.1	3.2	30.6	gr S	62	6.26	14.1	62.9	8.1	29.0
gr MA	52	8.11	16.6	75.0	1.9	23.1	gr MA	52	7.78	13.0	75.0	3.8	21.2

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris : effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.27. Asymétrie des seconds moments de l'aire Ix et Iy - moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) - de l'ensemble des sections transverses de la sous-population identifiée comme « gauchers ».

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
c1aslx							c1asly						
pop tot	172	10.85	21.21	67.4	4.7	27.9	pop tot	172	8.89	22.47	66.28	2.9	30.8
pop sg	158	11.77	20.5	69.0	4.4	26.6	pop sg	158	9.27	22.64	67.1	3.2	29.7
"gauchers"	13	-0.57	27.6	46.2	7.7	46.2	"gauchers"	13	4.29	21.51	53.85	0.0	46.2
c2aslx							c2asly						
pop tot	177	11.15	21.73	71.8	4.0	24.3	pop tot	177	11.62	22.44	66.67	4.5	28.8
pop sg	163	12.15	21.3	74.8	4.3	20.9	pop sg	163	12.19	22.10	67.5	4.3	28.2
"gauchers"	13	-0.33	24.90	38.5	0.0	61.5	"gauchers"	13	3.59	26.55	53.85	7.7	38.5
c3aslx							c3asly						
pop tot	171	11.31	22.66	66.7	5.8	27.5	pop tot	171	13.60	23.89	70.76	2.9	26.3
pop sg	157	11.90	23.1	68.2	5.1	26.8	pop sg	157	15.00	21.84	73.9	3.2	22.9
"gauchers"	13	3.02	15.16	46.2	15.4	38.5	"gauchers"	13	-5.19	37.74	30.77	0.0	69.2
h1aslx							H1asly						
pop tot	213	6.04	10.91	73.7	3.8	22.5	pop tot	213	5.15	10.48	66.20	7.0	26.8
pop sg	192	7.50	9.4	80.7	4.2	15.1	pop sg	192	6.36	9.39	72.4	7.3	20.3
"gauchers"	20	-9.88	8.31	5.0	0.0	95.0	"gauchers"	20	-8.09	9.18	5.00	5.0	90.0
h2aslx							h2asly						
pop tot	214	9.39	10.74	81.3	5.6	13.1	pop tot	214	8.41	11.06	77.10	3.7	19.2
pop sg	193	10.67	9.0	87.0	5.7	7.3	pop sg	193	9.94	9.81	83.9	4.1	11.9
"gauchers"	20	-5.64	7.77	25.0	5.0	70.0	"gauchers"	20	-7.81	6.94	10.00	0.0	90.0
h3aslx							h3asly						
pop tot	213	8.21	9.79	80.3	8.0	11.7	pop tot	213	7.49	12.15	73.71	3.3	23.0
pop sg	192	9.34	8.4	84.9	7.3	7.8	pop sg	192	9.07	9.53	80.7	3.1	16.1
"gauchers"	20	-4.33	10.51	35.0	15.0	50.0	"gauchers"	20	-11.33	8.05	5.00	5.0	90.0
h4aslx							h4asly						
pop tot	215	5.19	9.20	70.7	6.5	22.8	pop tot	215	9.32	11.12	78.14	6.0	15.8
pop sg	194	6.57	7.5	77.8	7.2	14.9	pop sg	194	10.98	9.39	85.1	6.2	8.8
"gauchers"	20	-10.17	5.43	0.0	0.0	100.0	"gauchers"	20	-8.62	7.61	10.00	5.0	85.0
h5aslx							h5asly						
pop tot	212	4.46	11.21	64.6	8.5	26.9	pop tot	212	8.07	14.62	69.81	4.2	25.9
pop sg	191	5.73	9.2	70.2	8.9	20.9	pop sg	191	9.87	12.88	76.4	4.7	18.8
"gauchers"	20	-10.71	9.50	10.0	5.0	85.0	"gauchers"	20	-12.27	6.51	5.00	0.0	95.0
r1aslx							r1asly						
pop tot	199	5.41	18.37	62.3	5.0	32.7	pop tot	199	5.01	15.40	60.30	5.0	34.7
pop sg	182	6.76	17.4	67.0	4.9	28.0	pop sg	182	5.98	14.92	63.7	5.5	30.8
"gauchers"	16	-13.39	15.04	6.3	6.3	87.5	"gauchers"	16	-8.27	12.56	18.75	0.0	81.3
R2aslx							r2asly						
pop tot	200	9.55	14.62	72.5	2.0	25.5	pop tot	200	7.95	13.64	68.00	8.5	23.5
pop sg	183	10.37	14.2	74.9	1.6	23.5	pop sg	183	9.16	12.85	72.1	8.7	19.1
"gauchers"	16	-1.40	14.80	43.8	6.3	50.0	"gauchers"	16	-7.85	10.77	18.75	6.3	75.0
r3aslx							r3asly						
pop tot	199	5.99	12.00	66.8	5.0	28.1	pop tot	199	7.31	14.55	71.86	5.5	22.6
pop sg	182	6.81	11.4	69.2	4.9	25.8	pop sg	182	7.80	14.21	73.1	5.5	21.4
"gauchers"	16	-4.33	14.05	37.5	6.3	56.3	"gauchers"	16	-0.17	15.23	56.25	6.3	37.5
r4aslx							r4asly						
pop tot	194	6.35	13.84	67.5	4.1	28.4	pop tot	194	6.00	12.99	64.95	5.2	29.9
pop sg	177	6.40	13.5	68.9	3.4	27.7	pop sg	177	6.32	12.57	66.7	5.1	28.2
"gauchers"	16	2.56	11.18	50.0	12.5	37.5	"gauchers"	16	-0.38	11.70	43.75	6.3	50.0

abréviations : d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1.

Annexe 6.22. Évolution de l'asymétrie des propriétés géométriques (CA, PC, $I_x, I_y, I_{max}, I_{min}$) avec l'âge (classes de 25 ans). Population sans "gauchers".

	âge	n	moy	ds	min	max		âge	n	moy	ds	min	max
h1asCA	20-45	56	1.87	4.30	-12.22	13.04	h2asCA	20-45	57	3.04	4.20	-11.43	12.18
	46-70	86	1.64	6.41	-22.91	16.66		46-70	86	2.65	6.23	-10.14	21.50
	71-93	51	0.26	10.24	-23.88	38.76		71-95	51	1.64	11.77	-30.27	45.72
	Total	193	1.34	7.16	-23.88	38.76		Total	194	2.50	7.64	-30.27	45.72
h1asPC	20-45	56	-2.56	6.26	-30.14	8.92	h2asPC	20-45	57	-2.99	4.67	-22.12	4.27
	46-70	86	-3.06	7.45	-40.95	17.74		46-70	86	-3.22	6.90	-20.82	20.27
	71-93	51	-6.15	9.85	-34.76	34.14		71-95	51	-6.37	12.37	-40.34	38.66
	Total	193	-3.73	7.95	-40.95	34.14		Total	194	-3.98	8.31	-40.34	38.66
h1asIx	20-45	56	7.43	7.89	-13.10	27.21	h2asIx	20-45	57	9.86	8.10	-18.08	27.91
	46-70	86	7.27	8.54	-13.94	25.76		46-70	86	10.87	8.77	-12.24	35.32
	71-93	51	8.70	13.15	-27.83	45.35		71-95	51	12.26	12.71	-19.38	63.53
	Total	193	7.69	9.77	-27.83	45.35		Total	194	10.94	9.77	-19.38	63.53
h1asIy	20-45	56	6.31	8.15	-10.23	27.53	h2asIy	20-45	57	11.02	8.79	-18.04	34.68
	46-70	86	6.59	9.17	-18.51	28.78		46-70	86	8.83	9.45	-12.27	34.61
	71-93	51	6.63	11.83	-19.91	37.73		71-95	51	11.17	11.99	-20.24	39.26
	Total	193	6.52	9.63	-19.91	37.73		Total	194	10.09	10.01	-20.24	39.26
h1asI_{ma}	20-45	56	6.95	8.41	-10.10	26.71	h2asI_{ma}	20-45	57	9.99	7.88	-13.22	30.46
	46-70	86	6.86	8.96	-15.77	28.22		46-70	86	10.33	8.39	-8.47	32.32
	71-93	51	8.65	13.64	-28.55	48.57		71-95	51	11.74	13.20	-12.65	63.55
	Total	193	7.36	10.24	-28.55	48.57		Total	194	10.60	9.73	-13.22	63.55
h1asI_{mi}	20-45	56	6.82	6.65	-8.29	20.85	h2asI_{mi}	20-45	57	10.91	8.60	-20.92	33.94
	46-70	86	6.97	8.60	-16.61	26.39		46-70	86	9.32	9.24	-15.33	30.41
	71-93	51	6.71	10.62	-18.92	33.26		71-95	51	11.76	11.14	-14.63	39.22
	Total	193	6.86	8.65	-18.92	33.26		Total	194	10.43	9.61	-20.92	39.22
h3asCA	20-45	56	2.51	3.99	-7.94	11.99	h4asCA	20-45	58	3.56	3.46	-6.21	10.68
	46-70	86	3.42	6.23	-9.85	28.01		46-70	87	3.90	5.87	-9.12	25.98
	71-93	51	2.27	12.68	-24.92	61.93		71-95	50	3.99	11.07	-18.46	49.24
	Total	193	2.85	7.99	-24.92	61.93		Total	195	3.82	7.06	-18.46	49.24
h3asPC	20-45	56	-2.11	3.78	-15.04	4.92	h4asPC	20-45	58	-0.72	2.85	-5.96	7.51
	46-70	86	-1.85	6.05	-16.34	21.55		46-70	87	-0.30	5.68	-14.86	26.08
	71-93	51	-3.65	12.90	-35.59	56.52		71-95	50	-1.85	10.80	-25.29	44.17
	Total	193	-2.41	8.01	-35.59	56.52		Total	195	-0.82	6.82	-25.29	44.17
h3asIx	20-45	56	9.68	7.18	-6.98	26.22	h4asIx	20-45	58	6.42	6.80	-13.18	22.99
	46-70	86	9.30	8.28	-21.40	27.66		46-70	87	6.26	6.49	-14.95	19.90
	71-93	51	9.67	11.01	-25.25	42.47		71-95	50	8.06	11.04	-7.47	45.88
	Total	193	9.51	8.76	-25.25	42.47		Total	195	6.77	7.98	-14.95	45.88
h3asIy	20-45	56	7.23	8.54	-10.95	24.43	h4asIy	20-45	58	10.07	8.24	-10.04	32.70
	46-70	86	10.56	8.72	-8.43	32.08		46-70	87	10.37	8.67	-14.97	32.18
	71-93	51	9.96	15.07	-14.33	79.04		71-95	50	13.81	12.31	-6.41	50.47
	Total	193	9.44	10.76	-14.33	79.04		Total	195	11.16	9.70	-14.97	50.47
h3asI_{ma}	20-45	56	9.10	7.08	-9.23	24.08	h4asI_{ma}	20-45	58	7.15	6.94	-11.31	22.37
	46-70	86	10.58	7.91	-6.11	30.15		46-70	87	6.61	7.41	-14.84	25.28
	71-93	51	9.70	12.86	-30.10	49.81		71-95	50	9.21	11.20	-5.97	48.09
	Total	193	9.92	9.25	-30.10	49.81		Total	195	7.44	8.45	-14.84	48.09
h3asI_{mi}	20-45	56	7.41	6.53	-6.62	19.53	h4asI_{mi}	20-45	58	9.38	7.87	-11.88	23.42
	46-70	86	8.88	7.66	-19.93	30.59		46-70	87	10.22	8.16	-14.28	31.29
	71-93	51	10.00	12.83	-12.44	72.24		71-95	50	12.70	12.21	-15.01	50.62
	Total	193	8.75	9.05	-19.93	72.24		Total	195	10.61	9.33	-15.01	50.62

suite page suivante...

Annexe 6.28. Seconds moments de l'aire I_{max} et I_{min} et le moment polaire de l'aire J_{MM} mesurés sur la clavicule. Échantillons sans "gauchers". Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupe d'activités.

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
c1asI_{ma}							c1asI_{mi}						
ens pop	158	11.01	17.8	74.7	5.1	20.3	ens pop	158	10.28	20.4	66.5	1.9	31.6
gr A	57	7.54	18.1	70.2	3.5	26.3	gr A	57	6.54	20.7	57.9	1.8	40.4
gr SL	32	15.52	17.6	78.1	9.4	12.5	gr SL	32	13.96	21.8	71.9	0.0	28.1
gr SI	20	8.30	16.8	80.0	0.0	20.0	gr SI	20	6.04	24.8	50.0	10.0	40.0
gr NA	30	11.41	18.9	70.0	3.3	26.7	gr NA	30	11.15	15.7	73.3	0.0	26.7
gr G	66	8.89	17.9	72.7	4.5	22.7	gr G	66	8.56	20.7	62.1	1.5	36.4
gr S	52	12.74	17.5	78.8	5.8	15.4	gr S	52	10.91	23.1	63.5	3.8	32.7
gr MA	50	10.17	18.0	74.0	2.0	24.0	gr MA	50	9.11	19.8	64.0	4.0	32.0
c1asJ_{MM}							c2asI_{ma}						
ens pop	158	10.86	16.8	74.7	4.4	20.9	ens pop	163	13.13	18.4	76.7	4.3	19.0
gr A	57	7.20	17.0	59.6	8.8	31.6	gr A	60	10.04	18.7	76.7	3.3	20.0
gr SL	32	14.78	17.6	84.4	0.0	15.6	gr SL	32	16.01	18.1	75.0	9.4	15.6
gr SI	19	12.53	15.8	84.2	10.5	5.3	gr SI	22	13.83	18.8	81.8	0.0	18.2
gr NA	30	11.67	16.0	76.7	0.0	23.3	gr NA	31	13.86	18.8	74.2	3.2	22.6
gr G	66	8.85	17.0	65.2	7.6	27.3	gr G	69	11.15	18.8	76.8	2.9	20.3
gr S	52	12.10	17.6	82.7	3.8	13.5	gr S	54	15.12	18.3	77.8	5.6	16.7
gr MA	50	10.12	16.4	78.0	4.0	18.0	gr MA	53	13.85	18.6	77.4	1.9	20.8
c2asI_{mi}							c2asJ_{MM}						
ens pop	163	11.15	18.2	71.8	1.8	26.4	ens pop	163	12.49	16.3	77.3	5.5	17.2
gr A	60	7.67	20.2	65.0	1.7	33.3	gr A	60	9.28	17.8	73.3	6.7	20.0
gr SL	32	14.47	18.8	78.1	3.1	18.8	gr SL	32	15.36	16.1	78.1	6.3	15.6
gr SI	22	13.31	17.5	68.2	0.0	31.8	gr SI	21	12.04	15.6	76.2	4.8	19.0
gr NA	31	12.69	13.1	83.9	0.0	16.1	gr NA	31	13.64	14.6	77.4	3.2	19.4
gr G	69	8.86	20.0	66.7	2.9	30.4	gr G	69	10.39	17.9	73.9	8.7	17.4
gr S	54	14.00	18.1	74.1	1.9	24.1	gr S	54	14.69	15.3	81.5	3.7	14.8
gr MA	53	12.95	15.0	77.4	0.0	22.6	gr MA	53	13.67	14.4	81.1	1.9	17.0
c3asI_{ma}							c3asI_{mi}						
ens pop	157	14.68	19.6	75.8	2.5	21.7	ens pop	157	12.17	21.3	70.1	4.5	25.5
gr A	57	12.84	18.9	73.7	0.0	26.3	gr A	57	9.11	23.4	59.6	5.3	35.1
gr SL	32	12.39	21.9	65.6	9.4	25.0	gr SL	32	12.57	24.3	71.9	0.0	28.1
gr SI	21	16.59	21.4	81.0	0.0	19.0	gr SI	21	13.76	16.6	71.4	9.5	19.0
gr NA	28	19.60	18.9	82.1	3.6	14.3	gr NA	28	17.67	17.8	82.1	7.1	10.7
gr G	65	13.39	18.3	75.4	0.0	24.6	gr G	65	9.73	23.5	61.5	4.6	33.8
gr S	53	14.05	21.6	71.7	5.7	22.6	gr S	53	13.04	21.4	71.7	3.8	24.5
gr MA	49	18.31	19.9	81.6	2.0	16.3	gr MA	49	16.00	17.3	77.6	8.2	14.3
c3asJ_{MM}													
ens pop	157	14.00	17.9	77.1	2.5	20.4							
gr A	57	11.80	18.1	68.4	3.5	28.1							
gr SL	32	12.39	21.5	78.1	0.0	21.9							
gr SI	22	10.58	20.9	72.7	4.5	22.7							
gr NA	28	19.35	16.1	85.7	3.6	10.7							
gr G	65	12.30	17.8	70.8	3.1	26.2							
gr S	53	13.65	19.4	81.1	1.9	17.0							
gr MA	49	17.73	16.1	85.7	4.1	10.2							

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.29. Seconds moments de l'aire I_{max} et I_{min} et le moment polaire de l'aire JMM mesurés sur l'humérus. Échantillons sans "gauchers". Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupe d'activités.

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
h1asI_{ma}							h1asI_{mi}						
ens pop	192	7.14	9.8	74.5	3.1	22.4	ens pop	192	6.72	8.5	76.0	7.8	16.1
gr A	67	6.58	9.8	73.1	3.0	23.9	gr A	67	5.79	9.3	73.1	4.5	22.4
gr SL	42	6.93	11.5	71.4	7.1	21.4	gr SL	42	7.09	8.0	81.0	7.1	11.9
gr SI	26	7.59	11.0	65.4	3.8	30.8	gr SI	26	8.19	9.1	84.6	3.8	11.5
gr NA	33	6.24	8.6	72.7	0.0	27.3	gr NA	33	6.02	7.8	69.7	12.1	18.2
gr G	77	6.54	9.3	75.3	2.6	22.1	gr G	77	6.27	9.0	74.0	6.5	19.5
gr S	68	7.19	11.2	69.1	5.9	25.0	gr S	68	7.51	8.4	82.4	5.9	11.8
gr MA	59	6.83	9.7	69.5	1.7	28.8	gr MA	59	6.98	8.4	76.3	8.5	15.3
h2asI_{ma}							h2asI_{mi}						
ens pop	193	10.33	9.0	86.5	6.2	7.3	ens pop	193	10.28	9.4	85.0	6.7	8.3
gr A	69	10.53	9.5	85.5	7.2	7.2	gr A	69	10.10	10.1	79.7	8.7	11.6
gr SL	41	7.95	9.4	80.5	4.9	14.6	gr SL	41	10.46	9.6	85.4	7.3	7.3
gr SI	26	10.64	8.7	92.3	3.8	3.8	gr SI	26	10.95	7.6	88.5	7.7	3.8
gr NA	34	11.66	8.3	88.2	5.9	5.9	gr NA	34	10.35	8.0	97.1	0.0	2.9
gr G	79	10.44	9.0	87.3	6.3	6.3	gr G	79	9.64	9.9	78.5	8.9	12.7
gr S	67	9.00	9.1	85.1	4.5	10.4	gr S	67	10.65	8.8	86.6	7.5	6.0
gr MA	60	11.22	8.4	90.0	5.0	5.0	gr MA	60	10.61	7.8	93.3	3.3	3.3
h3asI_{ma}							h3asI_{mi}						
ens pop	192	9.71	8.8	85.4	3.1	11.5	ens pop	192	8.42	7.8	87.0	5.2	7.8
gr A	67	8.88	9.1	88.1	0.0	11.9	gr A	67	8.55	8.7	82.1	6.0	11.9
gr SL	40	8.93	8.8	80.0	5.0	15.0	gr SL	40	7.91	8.5	87.5	5.0	7.5
gr SI	26	10.83	8.6	84.6	7.7	7.7	gr SI	26	9.73	7.3	92.3	3.8	3.8
gr NA	35	12.48	8.5	88.6	2.9	8.6	gr NA	35	8.08	6.6	91.4	2.9	5.7
gr G	77	8.68	8.6	88.3	1.3	10.4	gr G	77	8.09	8.4	81.8	7.8	10.4
gr S	66	9.68	8.7	81.8	6.1	12.1	gr S	66	8.63	8.0	89.4	4.5	6.1
gr MA	61	11.78	8.5	86.9	4.9	8.2	gr MA	61	8.78	6.9	91.8	3.3	4.9
h4asI_{ma}							h4asI_{mi}						
ens pop	194	7.23	7.9	78.4	7.2	14.4	ens pop	194	10.44	9.0	87.1	3.1	9.8
gr A	67	7.18	7.8	76.1	7.5	16.4	gr A	67	9.41	10.2	82.1	3.0	14.9
gr SL	41	6.27	8.8	73.2	12.2	14.6	gr SL	41	11.02	9.0	87.8	4.9	7.3
gr SI	26	6.95	8.0	73.1	7.7	19.2	gr SI	26	11.35	8.2	88.5	3.8	7.7
gr NA	35	7.35	7.1	85.7	2.9	11.4	gr NA	35	10.61	7.5	91.4	2.9	5.7
gr G	78	6.79	7.8	76.9	6.4	16.7	gr G	78	9.58	10.0	83.3	2.6	14.1
gr S	67	6.53	8.5	73.1	10.4	16.4	gr S	67	11.15	8.6	88.1	4.5	7.5
gr MA	61	7.18	7.4	80.3	4.9	14.8	gr MA	61	10.93	7.7	90.2	3.3	6.6
h5asI_{ma}							h5asI_{mi}						
ens pop	191	8.33	12.5	73.3	4.2	22.5	ens pop	191	8.24	7.9	83.8	5.2	11.0
gr A	64	8.83	12.3	70.3	4.7	25.0	gr A	64	7.63	7.5	82.8	3.1	14.1
gr SL	41	10.26	14.5	82.9	2.4	14.6	gr SL	41	8.67	9.3	85.4	7.3	7.3
gr SI	26	5.12	10.5	65.4	3.8	30.8	gr SI	26	9.51	7.9	88.5	3.8	7.7
gr NA	35	6.62	10.9	71.4	2.9	25.7	gr NA	35	6.92	7.5	77.1	8.6	14.3
gr G	75	8.13	12.4	70.7	5.3	24.0	gr G	75	7.75	7.3	82.7	4.0	13.3
gr S	67	8.26	13.2	76.1	3.0	20.9	gr S	67	9.00	8.7	86.6	6.0	7.5
gr MA	61	5.98	10.7	68.9	3.3	27.9	gr MA	61	8.02	7.7	82.0	6.6	11.5

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.30. Seconds moments de l'aire I_{max} et I_{min} et le moment polaire de l'aire J_{MM} mesurés sur le radius. Échantillons sans "gauchers". Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupe d'activités.

	n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	d >	d ≈ g	g >
r1asllma							r1asllmi						
ens pop	183	6.58	14.8	62.8	8.7	28.4	ens pop	183	6.35	15.1	65.0	6.6	28.4
gr A	67	5.86	15.2	65.7	3.0	31.3	gr A	67	5.78	16.1	64.2	6.0	29.9
gr SL	38	8.40	12.1	65.8	10.5	23.7	gr SL	38	6.98	16.2	65.8	7.9	26.3
gr SI	25	7.44	16.4	64.0	4.0	32.0	gr SI	25	4.77	15.2	56.0	4.0	40.0
gr NA	30	7.90	11.5	66.7	13.3	20.0	gr NA	30	10.09	11.1	73.3	10.0	16.7
gr G	78	5.51	15.2	62.8	7.7	29.5	gr G	78	5.31	15.2	64.1	6.4	29.5
gr S	63	8.02	13.9	65.1	7.9	27.0	gr S	63	6.10	15.7	61.9	6.3	31.7
gr MA	55	7.69	13.8	65.5	9.1	25.5	gr MA	55	7.67	13.2	65.5	7.3	27.3
r2asllma							r2asllmi						
ens pop	185	10.09	13.1	77.3	5.4	17.3	ens pop	185	8.44	12.1	74.1	2.2	23.8
gr A	69	10.93	13.4	78.3	2.9	18.8	gr A	69	8.32	12.4	75.4	1.4	23.2
gr SL	39	9.90	14.0	79.5	2.6	17.9	gr SL	39	5.26	12.1	64.1	2.6	33.3
gr SI	25	11.48	14.9	72.0	12.0	16.0	gr SI	25	8.19	12.7	68.0	8.0	24.0
gr NA	30	8.17	8.9	76.7	13.3	10.0	gr NA	30	11.97	8.8	90.0	0.0	10.0
gr G	79	10.52	13.1	78.5	2.5	19.0	gr G	79	8.14	12.5	74.7	1.3	24.1
gr S	64	10.52	14.3	76.6	6.3	17.2	gr S	64	6.40	12.3	65.6	4.7	29.7
gr MA	55	9.68	12.0	74.5	12.7	12.7	gr MA	55	10.25	10.8	80.0	3.6	16.4
r3asllma							r3asllmi						
ens pop	184	7.69	13.6	73.9	4.3	21.7	ens pop	184	7.12	11.5	70.1	5.4	24.5
gr A	68	6.06	13.1	73.5	2.9	23.5	gr A	68	7.32	9.9	76.5	4.4	19.1
gr SL	39	10.28	12.6	82.1	5.1	12.8	gr SL	39	7.63	12.7	66.7	5.1	28.2
gr SI	24	6.91	17.9	62.5	4.2	33.3	gr SI	24	4.15	15.2	58.3	4.2	37.5
gr NA	30	7.18	12.1	73.3	6.7	20.0	gr NA	30	7.24	10.1	70.0	10.0	20.0
gr G	79	6.33	13.2	73.4	3.8	22.8	gr G	79	7.27	10.0	74.7	3.8	21.5
gr S	63	9.00	14.8	74.6	4.8	20.6	gr S	63	6.31	13.7	63.5	4.8	31.7
gr MA	54	7.06	14.8	68.5	5.6	25.9	gr MA	54	5.86	12.6	64.8	7.4	27.8
r4asllma							r4asllmi						
ens pop	178	6.47	12.4	68.0	5.6	26.4	ens pop	178	6.20	13.4	69.1	4.5	26.4
gr A	65	4.98	10.7	66.2	4.6	29.2	gr A	65	4.97	12.7	64.6	6.2	29.2
gr SL	39	4.84	12.9	56.4	10.3	33.3	gr SL	39	5.17	11.0	64.1	7.7	28.2
gr SI	23	9.21	15.8	78.3	4.3	17.4	gr SI	23	9.60	18.4	73.9	0.0	26.1
gr NA	30	7.13	10.5	73.3	3.3	23.3	gr NA	30	6.45	14.0	80.0	3.3	16.7
gr G	75	5.94	11.9	68.0	4.0	28.0	gr G	75	5.42	12.9	66.7	5.3	28.0
gr S	62	6.46	14.1	64.5	8.1	27.4	gr S	62	6.82	14.3	67.7	4.8	27.4
gr MA	53	8.03	13.0	75.5	3.8	20.8	gr MA	53	7.82	16.0	77.4	1.9	20.8

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.31. Asymétrie des seconds moments de l'aire I_{max} et I_{min} et le moment polaire de l'aire JMM - moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) - de l'ensemble des sections transverses de la sous-population identifiée comme « gauchers ».

	n	moy	ds	d >	$d \approx g$	g >		n	moy	ds	d >	$d \approx g$	g >
c1as_{lma}							c1as_{lmi}						
pop tot	172	10.15	17.73	72.1	5.2	22.7	pop tot	172	9.76	20.03	66.28	2.3	31.4
pop sg	158	11.01	17.8	74.7	5.1	20.3	pop sg	158	10.28	20.41	66.5	1.9	31.6
gauchers	13	-0.36	13.9	38.5	7.7	53.8	gauche	13	3.11	14.65	61.54	7.7	30.8
c2as_{lma}							c2as_{lmi}						
pop tot	177	12.49	18.56	74.6	5.6	19.8	pop tot	177	10.08	18.76	68.36	2.3	29.4
pop sg	163	13.13	18.4	76.7	4.3	19.0	pop sg	163	11.15	18.22	71.8	1.8	26.4
gauchers	13	3.83	19.66	46.2	23.1	30.8	gauche	13	-2.53	21.86	30.77	0.0	69.2
c3as_{lma}							c3as_{lmi}						
pop tot	171	13.55	21.53	72.5	2.9	24.6	pop tot	171	11.13	21.31	67.25	4.7	28.1
pop sg	157	14.68	19.6	75.8	2.5	21.7	pop sg	157	12.17	21.32	70.1	4.5	25.5
gauchers	13	-1.89	35.26	30.8	7.7	61.5	gauche	13	-2.66	17.02	30.77	7.7	61.5
h1as_{lma}							h1as_{lmi}						
pop tot	213	5.90	11.01	68.5	2.8	28.6	pop tot	213	5.29	9.85	69.95	7.0	23.0
pop sg	192	7.14	9.8	74.5	3.1	22.4	pop sg	192	6.72	8.46	76.0	7.8	16.1
gauchers	20	-8.16	7.98	10.0	0.0	90.0	gauche	20	-9.85	7.74	10.00	0.0	90.0
h2as_{lma}							h2as_{lmi}						
pop tot	214	9.03	10.66	79.9	7.0	13.1	pop tot	214	8.78	10.76	78.50	6.5	15.0
pop sg	193	10.33	9.0	86.5	6.2	7.3	pop sg	193	10.28	9.40	85.0	6.7	8.3
gauchers	20	-6.19	6.68	15.0	15.0	70.0	gauche	20	-7.22	8.01	15.00	5.0	80.0
h3as_{lma}							h3as_{lmi}						
pop tot	213	8.28	10.58	78.9	3.3	17.8	pop tot	213	7.16	10.19	80.75	4.7	14.6
pop sg	192	9.71	8.8	85.4	3.1	11.5	pop sg	192	8.42	7.82	87.0	5.2	7.8
gauchers	20	-7.58	9.65	15.0	5.0	80.0	gauche	20	-8.21	7.54	20.00	0.0	80.0
h4as_{lma}							h4as_{lmi}						
pop tot	215	5.75	9.79	71.2	6.5	22.3	pop tot	215	8.91	10.64	80.47	3.7	15.8
pop sg	194	7.23	7.9	78.4	7.2	14.4	pop sg	194	10.44	9.05	87.1	3.1	9.8
gauchers	20	-10.75	5.85	0.0	0.0	100.0	gauche	20	-7.59	8.39	15.00	10.0	75.0
h5as_{lma}							h5as_{lmi}						
pop tot	212	6.60	14.26	66.5	3.8	29.7	pop tot	212	6.94	10.00	77.36	4.7	17.9
pop sg	191	8.33	12.5	73.3	4.2	22.5	pop sg	191	8.24	7.85	83.8	5.2	11.0
gauchers	20	-13.18	5.30	0.0	0.0	100.0	gauche	20	-8.24	8.44	15.00	0.0	85.0
r1as_{lma}							r1as_{lmi}						
pop tot	200	5.19	15.83	58.5	8.0	33.5	pop tot	200	5.44	15.75	61.50	6.0	32.5
pop sg	183	6.58	14.8	62.8	8.7	28.4	pop sg	183	6.35	15.09	65.0	6.6	28.4
gauchers	16	-13.74	10.50	6.3	0.0	93.8	gauche	16	-7.68	14.54	18.75	0.0	81.3
r2as_{lma}							r2as_{lmi}						
pop tot	202	8.95	13.85	73.8	5.0	21.3	pop tot	202	7.54	12.57	70.79	3.0	26.2
pop sg	185	10.09	13.1	77.3	5.4	17.3	pop sg	185	8.44	12.09	74.1	2.2	23.8
gauchers	16	-6.18	12.00	31.3	0.0	68.8	gauche	16	-4.35	11.12	31.25	12.5	56.3
r3as_{lma}							r3as_{lmi}						
pop tot	201	7.15	14.00	72.1	5.0	22.9	pop tot	201	6.37	11.91	68.16	5.0	26.9
pop sg	184	7.69	13.6	73.9	4.3	21.7	pop sg	184	7.12	11.48	70.1	5.4	24.5
gauchers	16	-1.01	14.97	50.0	12.5	37.5	gauche	16	-3.17	12.83	43.75	0.0	56.3
r4as_{lma}							r4as_{lmi}						
pop tot	195	6.17	12.79	66.7	5.1	28.2	pop tot	195	6.09	13.75	68.21	4.6	27.2
pop sg	178	6.47	12.4	68.0	5.6	26.4	pop sg	178	6.20	13.38	69.1	4.5	26.4
gauchers	16	0.08	11.69	50.0	0.0	50.0	gauche	16	1.59	11.19	56.25	6.3	37.5

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SL = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris : effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.32. Rapport Ix/Iy (Ixy) mesurés sur la clavicule (valeurs à gauche et à droite). Population sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

	n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >
c1glxy									c1dlxy								
ens pop	162	0.94	0.33	0.30	1.9	37.7	62.3	0.0	ens pop	168	0.98	0.38	0.40	2.4	39.9	60.1	0.0
gr A	60	0.92	0.31	0.40	1.8	33.3	66.7	0.0	gr A	59	1.00	0.39	0.43	2.0	42.4	57.6	0.0
gr SL	33	0.90	0.29	0.32	1.8	36.4	63.6	0.0	gr SL	36	0.91	0.38	0.42	1.8	36.1	63.9	0.0
gr SI	20	0.97	0.37	0.49	1.9	45.0	55.0	0.0	gr SI	22	0.99	0.45	0.43	2.4	31.8	68.2	0.0
gr NA	30	0.97	0.38	0.30	1.8	36.7	63.3	0.0	gr NA	31	1.02	0.38	0.40	1.9	45.2	54.8	0.0
gr G	69	0.93	0.31	0.40	1.8	34.8	65.2	0.0	gr G	68	1.01	0.38	0.43	2.0	44.1	55.9	0.0
gr S	53	0.92	0.32	0.32	1.9	39.6	60.4	0.0	gr S	58	0.94	0.41	0.42	2.4	34.5	65.5	0.0
gr MA	50	0.97	0.37	0.30	1.9	40.0	60.0	0.0	gr MA	53	1.01	0.41	0.40	2.4	39.6	60.4	0.0
c2glxy									c2dlxy								
ens pop	168	0.80	0.29	0.31	2.3	22.6	77.4	0.0	ens pop	172	0.80	0.30	0.30	1.9	25.0	75.0	0.0
gr A	62	0.78	0.24	0.38	1.7	19.4	80.6	0.0	gr A	61	0.81	0.29	0.32	1.5	31.1	68.9	0.0
gr SL	34	0.79	0.32	0.31	2.3	11.8	88.2	0.0	gr SL	37	0.79	0.32	0.38	1.9	18.9	81.1	0.0
gr SI	22	0.83	0.32	0.45	1.5	31.8	68.2	0.0	gr SI	24	0.78	0.34	0.30	1.8	16.7	83.3	0.0
gr NA	31	0.79	0.35	0.32	1.8	22.6	77.4	0.0	gr NA	31	0.83	0.32	0.32	1.8	29.0	71.0	0.0
gr G	71	0.79	0.23	0.38	1.7	21.1	78.9	0.0	gr G	70	0.81	0.28	0.32	1.5	30.0	70.0	0.0
gr S	56	0.81	0.32	0.31	2.3	19.6	80.4	0.0	gr S	61	0.79	0.33	0.30	1.9	18.0	82.0	0.0
gr MA	53	0.81	0.33	0.32	1.8	26.4	73.6	0.0	gr MA	55	0.81	0.33	0.30	1.8	23.6	76.4	0.0
c3glxy									c3dlxy								
ens pop	167	0.61	0.24	0.24	1.9	6.0	94.0	0.0	ens pop	166	0.60	0.22	0.20	1.8	4.2	95.8	0.0
gr A	60	0.59	0.18	0.29	1.2	1.7	98.3	0.0	gr A	59	0.58	0.18	0.20	1.1	1.7	98.3	0.0
gr SL	35	0.62	0.27	0.24	1.9	5.7	94.3	0.0	gr SL	35	0.62	0.25	0.33	1.8	2.9	97.1	0.0
gr SI	22	0.67	0.29	0.34	1.4	13.6	86.4	0.0	gr SI	24	0.59	0.22	0.33	1.3	4.2	95.8	0.0
gr NA	30	0.59	0.24	0.35	1.3	6.7	93.3	0.0	gr NA	29	0.59	0.23	0.25	1.4	3.4	96.6	0.0
gr G	69	0.59	0.18	0.29	1.2	1.4	98.6	0.0	gr G	67	0.58	0.18	0.20	1.1	3.0	97.0	0.0
gr S	57	0.64	0.27	0.24	1.9	8.8	91.2	0.0	gr S	59	0.61	0.23	0.33	1.8	3.4	96.6	0.0
gr MA	52	0.62	0.26	0.34	1.4	9.6	90.4	0.0	gr MA	53	0.59	0.22	0.25	1.4	3.8	96.2	0.0

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.33. Rapport I_{max}/I_{min} (Imm) mesurés sur la clavicule (valeurs à gauche et à droite). Population sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

	n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >
c1gImm									c1dImm								
ens pop	162	1.74	0.44	1.02	3.5	100.0	0.0	0.0	ens pop	168	1.75	0.49	1.06	4.8	100.0	0.0	0.0
gr A	60	1.73	0.40	1.10	2.9	100.0	0.0	0.0	gr A	59	1.74	0.41	1.06	2.6	100.0	0.0	0.0
gr SL	33	1.79	0.51	1.14	3.2	100.0	0.0	0.0	gr SL	36	1.76	0.43	1.08	2.7	100.0	0.0	0.0
gr SI	20	1.75	0.52	1.17	3.3	100.0	0.0	0.0	gr SI	22	1.80	0.78	1.08	4.8	100.0	0.0	0.0
gr NA	30	1.83	0.45	1.02	3.5	100.0	0.0	0.0	gr NA	31	1.86	0.51	1.06	3.1	100.0	0.0	0.0
gr G	69	1.69	0.39	1.10	2.9	100.0	0.0	0.0	gr G	68	1.70	0.41	1.06	2.6	100.0	0.0	0.0
gr S	53	1.77	0.51	1.14	3.3	100.0	0.0	0.0	gr S	58	1.78	0.58	1.08	4.8	100.0	0.0	0.0
gr MA	50	1.80	0.47	1.02	3.5	100.0	0.0	0.0	gr MA	53	1.83	0.63	1.06	4.8	100.0	0.0	0.0
c2gImm									c2dImm								
ens pop	168	1.90	0.48	1.02	3.4	100.0	0.0	0.0	ens pop	172	1.93	0.49	1.06	4.0	100.0	0.0	0.0
gr A	62	1.85	0.44	1.02	3.2	100.0	0.0	0.0	gr A	61	1.89	0.47	1.06	3.4	100.0	0.0	0.0
gr SL	34	1.93	0.47	1.16	3.2	100.0	0.0	0.0	gr SL	37	1.89	0.42	1.07	2.8	100.0	0.0	0.0
gr SI	22	1.88	0.53	1.17	3.4	100.0	0.0	0.0	gr SI	24	1.91	0.58	1.07	4.0	100.0	0.0	0.0
gr NA	31	2.08	0.56	1.18	3.4	100.0	0.0	0.0	gr NA	31	2.12	0.59	1.14	3.3	100.0	0.0	0.0
gr G	71	1.82	0.43	1.02	3.2	100.0	0.0	0.0	gr G	70	1.86	0.45	1.06	3.4	100.0	0.0	0.0
gr S	56	1.91	0.49	1.16	3.4	100.0	0.0	0.0	gr S	61	1.90	0.48	1.07	4.0	100.0	0.0	0.0
gr MA	53	2.00	0.56	1.17	3.4	100.0	0.0	0.0	gr MA	55	2.03	0.59	1.07	4.0	100.0	0.0	0.0
c3gImm									c3dImm								
ens pop	167	2.19	0.60	1.20	4.4	100.0	0.0	0.0	ens pop	166	2.22	0.64	1.16	5.3	100.0	0.0	0.0
gr A	60	2.18	0.54	1.38	3.7	100.0	0.0	0.0	gr A	59	2.25	0.66	1.36	5.3	100.0	0.0	0.0
gr SL	35	2.08	0.52	1.40	4.2	100.0	0.0	0.0	gr SL	35	2.06	0.44	1.30	3.5	100.0	0.0	0.0
gr SI	22	2.11	0.60	1.22	3.3	100.0	0.0	0.0	gr SI	24	2.15	0.55	1.24	3.5	100.0	0.0	0.0
gr NA	30	2.46	0.72	1.34	4.4	100.0	0.0	0.0	gr NA	29	2.49	0.81	1.34	5.0	100.0	0.0	0.0
gr G	69	2.17	0.58	1.30	3.8	100.0	0.0	0.0	gr G	67	2.21	0.64	1.29	5.3	100.0	0.0	0.0
gr S	57	2.09	0.55	1.22	4.2	100.0	0.0	0.0	gr S	59	2.10	0.49	1.24	3.5	100.0	0.0	0.0
gr MA	52	2.31	0.69	1.22	4.4	100.0	0.0	0.0	gr MA	53	2.33	0.72	1.24	5.0	100.0	0.0	0.0

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.34. Rapport Ix/Iy (Ixy) mesurés sur l'humérus (valeurs à gauche et à droite). Population sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

	n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >
h1glxy									h1dlxy								
ens pop	194	1.00	0.13	0.66	1.5	44.8	55.2	0.0	ens pop	200	1.01	0.13	0.70	1.4	51.0	49.0	0.0
gr A	67	1.01	0.11	0.85	1.3	50.7	49.3	0.0	gr A	69	1.01	0.12	0.75	1.3	58.0	42.0	0.0
gr SL	43	0.99	0.12	0.79	1.3	41.9	58.1	0.0	gr SL	44	0.99	0.13	0.77	1.3	40.9	59.1	0.0
gr SI	26	1.02	0.12	0.84	1.4	50.0	50.0	0.0	gr SI	27	1.04	0.13	0.81	1.3	55.6	44.4	0.0
gr NA	34	0.99	0.14	0.80	1.5	41.2	58.8	0.0	gr NA	35	1.03	0.13	0.83	1.3	54.3	45.7	0.0
gr G	77	1.00	0.12	0.66	1.3	46.8	53.2	0.0	gr G	80	1.00	0.12	0.70	1.3	53.8	46.3	0.0
gr S	69	1.00	0.12	0.79	1.4	44.9	55.1	0.0	gr S	71	1.01	0.13	0.77	1.3	46.5	53.5	0.0
gr MA	60	1.00	0.13	0.80	1.5	45.0	55.0	0.0	gr MA	62	1.03	0.13	0.81	1.3	54.8	45.2	0.0
h2glxy									h2dlxy								
ens pop	195	1.14	0.17	0.71	1.8	80.5	19.5	0.0	ens pop	200	1.15	0.19	0.66	2.0	79.0	21.0	0.0
gr A	69	1.14	0.17	0.87	1.6	82.6	17.4	0.0	gr A	69	1.14	0.17	0.74	1.6	78.3	21.7	0.0
gr SL	43	1.18	0.15	0.86	1.5	86.0	14.0	0.0	gr SL	43	1.17	0.15	0.85	1.6	90.7	9.3	0.0
gr SI	26	1.08	0.14	0.77	1.3	73.1	26.9	0.0	gr SI	27	1.10	0.15	0.88	1.5	63.0	37.0	0.0
gr NA	34	1.13	0.20	0.74	1.8	79.4	20.6	0.0	gr NA	36	1.16	0.21	0.82	2.0	83.3	16.7	0.0
gr G	79	1.13	0.17	0.72	1.6	79.7	20.3	0.0	gr G	80	1.13	0.18	0.66	1.6	77.5	22.5	0.0
gr S	69	1.14	0.16	0.77	1.5	81.2	18.8	0.0	gr S	70	1.14	0.16	0.85	1.6	80.0	20.0	0.0
gr MA	60	1.11	0.18	0.74	1.8	76.7	23.3	0.0	gr MA	63	1.13	0.19	0.82	2.0	74.6	25.4	0.0
h3glxy									h3dlxy								
ens pop	195	1.05	0.17	0.66	1.5	57.4	42.6	0.0	ens pop	199	1.05	0.16	0.71	1.8	60.3	39.7	0.0
gr A	67	1.04	0.16	0.66	1.5	55.2	44.8	0.0	gr A	69	1.04	0.16	0.71	1.5	60.9	39.1	0.0
gr SL	43	1.07	0.16	0.81	1.4	65.1	34.9	0.0	gr SL	42	1.06	0.13	0.86	1.4	64.3	35.7	0.0
gr SI	26	1.09	0.19	0.76	1.4	69.2	30.8	0.0	gr SI	27	1.07	0.16	0.76	1.4	66.7	33.3	0.0
gr NA	35	1.04	0.18	0.77	1.5	54.3	45.7	0.0	gr NA	36	1.06	0.15	0.83	1.5	61.1	38.9	0.0
gr G	77	1.04	0.15	0.66	1.5	54.5	45.5	0.0	gr G	80	1.04	0.16	0.71	1.5	57.5	42.5	0.0
gr S	69	1.08	0.17	0.76	1.4	66.7	33.3	0.0	gr S	69	1.06	0.14	0.76	1.4	65.2	34.8	0.0
gr MA	61	1.06	0.18	0.76	1.5	60.7	39.3	0.0	gr MA	63	1.06	0.15	0.76	1.5	63.5	36.5	0.0
h4glxy									h4dlxy								
ens pop	196	1.20	0.16	0.79	1.6	91.3	8.7	0.0	ens pop	200	1.15	0.14	0.83	1.6	88.0	12.0	0.0
gr A	68	1.21	0.16	0.79	1.6	92.6	7.4	0.0	gr A	68	1.17	0.14	0.88	1.5	89.7	10.3	0.0
gr SL	42	1.18	0.15	0.88	1.6	90.5	9.5	0.0	gr SL	44	1.12	0.13	0.83	1.6	86.4	13.6	0.0
gr SI	26	1.20	0.16	0.90	1.6	92.3	7.7	0.0	gr SI	27	1.14	0.14	0.88	1.4	85.2	14.8	0.0
gr NA	35	1.20	0.16	0.94	1.6	85.7	14.3	0.0	gr NA	36	1.17	0.11	0.94	1.4	88.9	11.1	0.0
gr G	79	1.21	0.15	0.79	1.6	92.4	7.6	0.0	gr G	79	1.16	0.14	0.88	1.5	88.6	11.4	0.0
gr S	68	1.19	0.15	0.88	1.6	91.2	8.8	0.0	gr S	71	1.13	0.14	0.83	1.6	85.9	14.1	0.0
gr MA	61	1.20	0.16	0.90	1.6	88.5	11.5	0.0	gr MA	63	1.16	0.12	0.88	1.4	87.3	12.7	0.0
h5glxy									h5dlxy								
ens pop	194	0.62	0.13	0.23	1.1	0.5	99.5	0.0	ens pop	197	0.60	0.12	0.22	1.1	0.5	99.5	0.0
gr A	66	0.61	0.13	0.23	0.9	0.0	100.0	0.0	gr A	65	0.58	0.12	0.22	0.9	0.0	100.0	0.0
gr SL	42	0.62	0.13	0.33	0.9	0.0	100.0	0.0	gr SL	44	0.60	0.10	0.38	0.8	0.0	100.0	0.0
gr SI	26	0.63	0.11	0.37	0.8	0.0	100.0	0.0	gr SI	27	0.62	0.09	0.43	0.8	0.0	100.0	0.0
gr NA	35	0.66	0.13	0.40	1.1	2.9	97.1	0.0	gr NA	36	0.63	0.13	0.42	1.1	2.8	97.2	0.0
gr G	77	0.60	0.13	0.23	0.9	0.0	100.0	0.0	gr G	76	0.58	0.12	0.22	0.9	0.0	100.0	0.0
gr S	68	0.62	0.12	0.33	0.9	0.0	100.0	0.0	gr S	71	0.61	0.10	0.38	0.8	0.0	100.0	0.0
gr MA	61	0.65	0.13	0.37	1.1	1.6	98.4	0.0	gr MA	63	0.63	0.11	0.42	1.1	1.6	98.4	0.0

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.35. Rapport I_{max}/I_{min} (Imm) mesurés sur l'humérus (valeurs à gauche et à droite). Population sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

	n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >
h1glimm									h1dlmm								
ens pop	194	1.20	0.12	1.00	1.8	100.0	0.0	0.0	ens pop	200	1.20	0.12	1.01	1.7	100.0	0.0	0.0
gr A	67	1.18	0.11	1.03	1.6	100.0	0.0	0.0	gr A	69	1.19	0.12	1.01	1.6	100.0	0.0	0.0
gr SL	43	1.20	0.12	1.03	1.7	100.0	0.0	0.0	gr SL	44	1.21	0.11	1.05	1.5	100.0	0.0	0.0
gr SI	26	1.21	0.16	1.03	1.8	100.0	0.0	0.0	gr SI	27	1.20	0.13	1.03	1.5	100.0	0.0	0.0
gr NA	34	1.18	0.10	1.02	1.5	100.0	0.0	0.0	gr NA	35	1.19	0.12	1.01	1.7	100.0	0.0	0.0
gr G	77	1.19	0.12	1.00	1.6	100.0	0.0	0.0	gr G	80	1.19	0.12	1.01	1.6	100.0	0.0	0.0
gr S	69	1.21	0.14	1.03	1.8	100.0	0.0	0.0	gr S	71	1.20	0.12	1.03	1.5	100.0	0.0	0.0
gr MA	60	1.20	0.13	1.02	1.8	100.0	0.0	0.0	gr MA	62	1.20	0.12	1.01	1.7	100.0	0.0	0.0
h2glimm									h2dlmm								
ens pop	195	1.27	0.15	1.02	1.8	100.0	0.0	0.0	ens pop	200	1.28	0.17	1.01	2.0	100.0	0.0	0.0
gr A	69	1.27	0.16	1.03	1.8	100.0	0.0	0.0	gr A	69	1.28	0.15	1.04	1.6	100.0	0.0	0.0
gr SL	43	1.29	0.15	1.06	1.7	100.0	0.0	0.0	gr SL	43	1.28	0.16	1.07	1.8	100.0	0.0	0.0
gr SI	26	1.25	0.14	1.07	1.6	100.0	0.0	0.0	gr SI	27	1.25	0.15	1.03	1.6	100.0	0.0	0.0
gr NA	34	1.25	0.16	1.02	1.8	100.0	0.0	0.0	gr NA	36	1.28	0.20	1.01	2.0	100.0	0.0	0.0
gr G	79	1.27	0.16	1.03	1.8	100.0	0.0	0.0	gr G	80	1.28	0.15	1.04	1.6	100.0	0.0	0.0
gr S	69	1.27	0.15	1.06	1.7	100.0	0.0	0.0	gr S	70	1.26	0.16	1.03	1.8	100.0	0.0	0.0
gr MA	60	1.25	0.15	1.02	1.8	100.0	0.0	0.0	gr MA	63	1.26	0.18	1.01	2.0	100.0	0.0	0.0
h3glimm									h3dlmm								
ens pop	195	1.48	0.21	1.01	2.1	100.0	0.0	0.0	ens pop	199	1.50	0.21	1.04	2.3	100.0	0.0	0.0
gr A	67	1.52	0.21	1.05	2.0	100.0	0.0	0.0	gr A	69	1.53	0.21	1.04	2.2	100.0	0.0	0.0
gr SL	43	1.44	0.21	1.12	2.1	100.0	0.0	0.0	gr SL	42	1.45	0.17	1.11	1.9	100.0	0.0	0.0
gr SI	26	1.54	0.22	1.22	2.1	100.0	0.0	0.0	gr SI	27	1.55	0.23	1.24	2.3	100.0	0.0	0.0
gr NA	35	1.41	0.18	1.01	1.8	100.0	0.0	0.0	gr NA	36	1.48	0.21	1.05	2.0	100.0	0.0	0.0
gr G	77	1.51	0.21	1.05	2.0	100.0	0.0	0.0	gr G	80	1.52	0.22	1.04	2.2	100.0	0.0	0.0
gr S	69	1.48	0.22	1.12	2.1	100.0	0.0	0.0	gr S	69	1.49	0.20	1.11	2.3	100.0	0.0	0.0
gr MA	61	1.47	0.21	1.01	2.1	100.0	0.0	0.0	gr MA	63	1.51	0.22	1.05	2.3	100.0	0.0	0.0
h4glimm									h4dlmm								
ens pop	196	1.36	0.18	1.03	2.1	100.0	0.0	0.0	ens pop	200	1.31	0.17	1.02	2.1	100.0	0.0	0.0
gr A	68	1.38	0.18	1.03	1.9	100.0	0.0	0.0	gr A	68	1.34	0.18	1.02	2.1	100.0	0.0	0.0
gr SL	42	1.35	0.16	1.07	1.8	100.0	0.0	0.0	gr SL	44	1.28	0.15	1.06	1.9	100.0	0.0	0.0
gr SI	26	1.36	0.16	1.18	1.9	100.0	0.0	0.0	gr SI	27	1.30	0.14	1.06	1.6	100.0	0.0	0.0
gr NA	35	1.33	0.22	1.04	2.1	100.0	0.0	0.0	gr NA	36	1.28	0.15	1.08	1.8	100.0	0.0	0.0
gr G	79	1.38	0.18	1.03	1.9	100.0	0.0	0.0	gr G	79	1.33	0.18	1.02	2.1	100.0	0.0	0.0
gr S	68	1.36	0.16	1.07	1.9	100.0	0.0	0.0	gr S	71	1.29	0.15	1.06	1.9	100.0	0.0	0.0
gr MA	61	1.34	0.20	1.04	2.1	100.0	0.0	0.0	gr MA	63	1.29	0.15	1.06	1.8	100.0	0.0	0.0
h5glimm									h5dlmm								
ens pop	194	2.19	0.51	1.30	5.3	100.0	0.0	0.0	ens pop	197	2.17	0.47	1.42	5.4	100.0	0.0	0.0
gr A	66	2.26	0.61	1.37	5.3	100.0	0.0	0.0	gr A	65	2.24	0.55	1.42	5.4	100.0	0.0	0.0
gr SL	42	2.12	0.48	1.30	3.1	100.0	0.0	0.0	gr SL	44	2.16	0.47	1.42	3.7	100.0	0.0	0.0
gr SI	26	2.14	0.48	1.48	3.2	100.0	0.0	0.0	gr SI	27	2.02	0.37	1.53	3.1	100.0	0.0	0.0
gr NA	35	2.05	0.38	1.39	3.3	100.0	0.0	0.0	gr NA	36	2.03	0.32	1.42	2.7	100.0	0.0	0.0
gr G	77	2.27	0.59	1.37	5.3	100.0	0.0	0.0	gr G	76	2.24	0.54	1.42	5.4	100.0	0.0	0.0
gr S	68	2.13	0.48	1.30	3.2	100.0	0.0	0.0	gr S	71	2.11	0.44	1.42	3.7	100.0	0.0	0.0
gr MA	61	2.09	0.42	1.39	3.3	100.0	0.0	0.0	gr MA	63	2.02	0.34	1.42	3.1	100.0	0.0	0.0

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie positive plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris : effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.36. Rapport Ix/Iy (Ixy) mesurés sur le radius (valeurs à gauche et à droite). Population sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

	n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >
r1glxy									r1dlxy								
ens pop	154	0.96	0.14	0.64	1.5	39.0	61.0	0.0	ens pop	149	0.96	0.16	0.49	1.5	38.9	61.1	0.0
gr A	60	1.00	0.15	0.75	1.4	48.3	51.7	0.0	gr A	58	0.98	0.17	0.49	1.5	43.1	56.9	0.0
gr SL	32	0.97	0.10	0.80	1.2	34.4	65.6	0.0	gr SL	30	0.94	0.15	0.68	1.4	30.0	70.0	0.0
gr SI	17	0.89	0.14	0.64	1.1	29.4	70.6	0.0	gr SI	17	0.92	0.17	0.58	1.3	35.3	64.7	0.0
gr NA	28	0.93	0.17	0.68	1.5	28.6	71.4	0.0	gr NA	27	0.94	0.13	0.66	1.3	37.0	63.0	0.0
gr G	67	0.99	0.14	0.75	1.4	47.8	52.2	0.0	gr G	65	0.98	0.17	0.49	1.5	44.6	55.4	0.0
gr S	49	0.95	0.12	0.64	1.2	32.7	67.3	0.0	gr S	47	0.93	0.16	0.58	1.4	31.9	68.1	0.0
gr MA	45	0.91	0.15	0.64	1.5	28.9	71.1	0.0	gr MA	44	0.93	0.14	0.58	1.3	36.4	63.6	0.0
r2glxy									r2dlxy								
ens pop	153	0.53	0.11	0.30	0.9	0.0	100.0	0.0	ens pop	151	0.53	0.10	0.33	0.9	0.0	100.0	0.0
gr A	60	0.55	0.12	0.35	0.9	0.0	100.0	0.0	gr A	60	0.54	0.11	0.33	0.9	0.0	100.0	0.0
gr SL	32	0.54	0.09	0.41	0.8	0.0	100.0	0.0	gr SL	31	0.53	0.10	0.36	0.8	0.0	100.0	0.0
gr SI	16	0.50	0.08	0.32	0.6	0.0	100.0	0.0	gr SI	17	0.50	0.08	0.36	0.6	0.0	100.0	0.0
gr NA	28	0.50	0.10	0.30	0.7	0.0	100.0	0.0	gr NA	27	0.53	0.10	0.36	0.8	0.0	100.0	0.0
gr G	67	0.55	0.11	0.35	0.9	0.0	100.0	0.0	gr G	66	0.54	0.11	0.33	0.9	0.0	100.0	0.0
gr S	48	0.53	0.09	0.32	0.8	0.0	100.0	0.0	gr S	48	0.52	0.09	0.36	0.8	0.0	100.0	0.0
gr MA	44	0.50	0.09	0.30	0.7	0.0	100.0	0.0	gr MA	44	0.52	0.10	0.36	0.8	0.0	100.0	0.0
r3glxy									r3dlxy								
ens pop	151.00	0.65	0.11	0.5	1.1	1.3	98.7	0.0	ens pop	151	0.64	0.11	0.43	1.0	0.7	99.3	0.0
gr A	59	0.66	0.12	0.45	1.1	3.4	96.6	0.0	gr A	59	0.66	0.10	0.45	1.0	1.7	98.3	0.0
gr SL	32	0.66	0.11	0.48	0.9	0.0	100.0	0.0	gr SL	31	0.64	0.10	0.46	0.9	0.0	100.0	0.0
gr SI	15	0.63	0.08	0.52	0.8	0.0	100.0	0.0	gr SI	17	0.60	0.10	0.43	0.8	0.0	100.0	0.0
gr NA	28	0.63	0.10	0.50	0.9	0.0	100.0	0.0	gr NA	27	0.65	0.12	0.43	1.0	0.0	100.0	0.0
gr G	66	0.66	0.11	0.45	1.1	3.0	97.0	0.0	gr G	66	0.66	0.10	0.45	1.0	1.5	98.5	0.0
gr S	47	0.65	0.10	0.48	0.9	0.0	100.0	0.0	gr S	48	0.62	0.10	0.43	0.9	0.0	100.0	0.0
gr MA	43	0.63	0.09	0.50	0.9	0.0	100.0	0.0	gr MA	44	0.63	0.11	0.43	1.0	0.0	100.0	0.0
r4glxy									r4dlxy								
ens pop	148	0.52	0.08	0.37	0.7	0.0	100.0	0.0	ens pop	149	0.52	0.08	0.37	0.8	0.0	100.0	0.0
gr A	57	0.53	0.07	0.40	0.7	0.0	100.0	0.0	gr A	58	0.53	0.07	0.40	0.8	0.0	100.0	0.0
gr SL	32	0.53	0.09	0.40	0.7	0.0	100.0	0.0	gr SL	31	0.54	0.09	0.41	0.7	0.0	100.0	0.0
gr SI	15	0.48	0.07	0.43	0.7	0.0	100.0	0.0	gr SI	17	0.48	0.06	0.39	0.6	0.0	100.0	0.0
gr NA	28	0.53	0.08	0.37	0.7	0.0	100.0	0.0	gr NA	27	0.52	0.07	0.39	0.7	0.0	100.0	0.0
gr G	64	0.53	0.08	0.40	0.7	0.0	100.0	0.0	gr G	64	0.53	0.07	0.40	0.8	0.0	100.0	0.0
gr S	47	0.52	0.09	0.40	0.7	0.0	100.0	0.0	gr S	48	0.52	0.09	0.39	0.7	0.0	100.0	0.0
gr MA	43	0.51	0.08	0.37	0.7	0.0	100.0	0.0	gr MA	44	0.51	0.07	0.39	0.7	0.0	100.0	0.0

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.37. Rapport I_{max}/I_{min} (Imm) mesurés sur le radius (valeurs à gauche et à droite). Population sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

	n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >
r1gImm									r1dImm								
ens pop	190	1.23	0.15	1.02	1.9	100.0	0.0	0.0	ens pop	187	1.24	0.16	1.02	2.1	100.0	0.0	0.0
gr A	69	1.22	0.14	1.02	1.9	100.0	0.0	0.0	gr A	67	1.23	0.17	1.02	2.1	100.0	0.0	0.0
gr SL	41	1.20	0.14	1.05	1.6	100.0	0.0	0.0	gr SL	39	1.22	0.14	1.03	1.5	100.0	0.0	0.0
gr SI	25	1.24	0.15	1.02	1.6	100.0	0.0	0.0	gr SI	25	1.28	0.18	1.03	1.9	100.0	0.0	0.0
gr NA	32	1.25	0.13	1.06	1.5	100.0	0.0	0.0	gr NA	32	1.22	0.13	1.06	1.6	100.0	0.0	0.0
gr G	80	1.22	0.13	1.02	1.9	100.0	0.0	0.0	gr G	79	1.23	0.17	1.02	2.1	100.0	0.0	0.0
gr S	66	1.21	0.14	1.02	1.6	100.0	0.0	0.0	gr S	64	1.24	0.16	1.03	1.9	100.0	0.0	0.0
gr MA	57	1.24	0.13	1.02	1.6	100.0	0.0	0.0	gr MA	57	1.25	0.16	1.03	1.9	100.0	0.0	0.0
r2gImm									r2dImm								
ens pop	190	2.05	0.37	1.17	3.3	100.0	0.0	0.0	ens pop	189	2.08	0.39	1.20	3.5	100.0	0.0	0.0
gr A	69	2.04	0.37	1.17	3.0	100.0	0.0	0.0	gr A	69	2.09	0.36	1.20	3.1	100.0	0.0	0.0
gr SL	41	1.97	0.35	1.31	3.3	100.0	0.0	0.0	gr SL	40	2.07	0.38	1.42	3.0	100.0	0.0	0.0
gr SI	25	2.19	0.37	1.65	3.2	100.0	0.0	0.0	gr SI	25	2.28	0.46	1.65	3.5	100.0	0.0	0.0
gr NA	32	2.12	0.40	1.59	3.3	100.0	0.0	0.0	gr NA	32	2.07	0.36	1.46	2.9	100.0	0.0	0.0
gr G	80	2.03	0.36	1.17	3.0	100.0	0.0	0.0	gr G	80	2.06	0.36	1.20	3.1	100.0	0.0	0.0
gr S	66	2.06	0.37	1.31	3.3	100.0	0.0	0.0	gr S	65	2.15	0.42	1.42	3.5	100.0	0.0	0.0
gr MA	57	2.15	0.39	1.59	3.3	100.0	0.0	0.0	gr MA	57	2.16	0.41	1.46	3.5	100.0	0.0	0.0
r3gImm									r3dImm								
ens pop	188	1.64	0.25	1.04	2.9	100.0	0.0	0.0	ens pop	189	1.65	0.25	1.08	2.7	100.0	0.0	0.0
gr A	68	1.64	0.28	1.04	2.9	100.0	0.0	0.0	gr A	68	1.61	0.25	1.08	2.7	100.0	0.0	0.0
gr SL	41	1.60	0.24	1.16	2.1	100.0	0.0	0.0	gr SL	40	1.65	0.24	1.27	2.3	100.0	0.0	0.0
gr SI	24	1.69	0.21	1.33	2.2	100.0	0.0	0.0	gr SI	25	1.74	0.28	1.22	2.5	100.0	0.0	0.0
gr NA	32	1.65	0.23	1.32	2.1	100.0	0.0	0.0	gr NA	32	1.66	0.24	1.25	2.4	100.0	0.0	0.0
gr G	79	1.63	0.28	1.04	2.9	100.0	0.0	0.0	gr G	80	1.62	0.25	1.08	2.7	100.0	0.0	0.0
gr S	65	1.63	0.23	1.16	2.2	100.0	0.0	0.0	gr S	65	1.69	0.26	1.22	2.5	100.0	0.0	0.0
gr MA	56	1.67	0.22	1.32	2.2	100.0	0.0	0.0	gr MA	57	1.70	0.26	1.22	2.5	100.0	0.0	0.0
r4gImm									r4dImm								
ens pop	184	1.99	0.28	1.41	3.1	100.0	0.0	0.0	ens pop	187	1.99	0.28	1.33	2.87	100.0	0.0	0.0
gr A	66	1.96	0.26	1.41	2.6	100.0	0.0	0.0	gr A	67	1.96	0.24	1.33	2.49	100.0	0.0	0.0
gr SL	41	1.96	0.30	1.43	2.5	100.0	0.0	0.0	gr SL	40	1.95	0.30	1.41	2.69	100.0	0.0	0.0
gr SI	23	2.16	0.22	1.54	2.6	100.0	0.0	0.0	gr SI	25	2.14	0.25	1.80	2.66	100.0	0.0	0.0
gr NA	32	2.01	0.33	1.46	3.1	100.0	0.0	0.0	gr NA	32	2.01	0.27	1.52	2.87	100.0	0.0	0.0
gr G	77	1.95	0.27	1.41	2.6	100.0	0.0	0.0	gr G	78	1.96	0.25	1.33	2.49	100.0	0.0	0.0
gr S	64	2.03	0.29	1.43	2.6	100.0	0.0	0.0	gr S	65	2.02	0.30	1.41	2.69	100.0	0.0	0.0
gr MA	55	2.07	0.30	1.46	3.1	100.0	0.0	0.0	gr MA	57	2.06	0.27	1.52	2.87	100.0	0.0	0.0

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris : effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.38. Asymétrie des rapports Ix/Iy (abrégé en Ixy) - sections de la clavicule et de l'humérus (h1 à h3). Moyennes (%) et répartition des individus dans les 6 catégories de forme (%) – voir figures 23 et 24 pour le décodage. Population sans « gauchers »

	n	moy aslx/ly	ds	lx d >	ly d>	lx d > et ly g>	lx g > et ly d>	ly g >	lx g >
c1aslxxy									
pop tot	159	2.52	27.2	23.9	23.3	22.0	20.1	6.9	3.8
gr A	57	5.56	25.4	22.8	21.1	26.3	15.8	7.0	7.0
gr SL	33	-2.48	31.5	24.2	27.3	12.1	24.2	9.1	3.0
gr SI	20	2.54	21.9	25.0	15.0	25.0	25.0	5.0	5.0
gr NA	30	6.59	29.7	30.0	23.3	20.0	16.7	10.0	0.0
gr G	66	5.14	24.6	22.7	24.2	27.3	13.6	6.1	6.1
gr S	53	-0.58	28.1	24.5	22.6	17.0	24.5	7.5	3.8
gr MA	50	4.97	26.7	28.0	20.0	22.0	20.0	8.0	2.0
c2aslxxy									
pop tot	164	-0.13	29.2	28.7	23.8	22.0	15.2	4.3	6.1
gr A	60	1.37	25.7	21.7	21.7	26.7	15.0	3.3	11.7
gr SL	33	-1.08	29.8	30.3	24.2	15.2	21.2	3.0	6.1
gr SI	22	-3.82	29.2	36.4	27.3	13.6	18.2	0.0	4.5
gr NA	31	4.78	34.3	32.3	22.6	29.0	6.5	9.7	0.0
gr G	69	1.04	24.4	21.7	24.6	27.5	13.0	2.9	10.1
gr S	55	-2.17	29.4	32.7	25.5	14.5	20.0	1.8	5.5
gr MA	53	1.21	32.3	34.0	24.5	22.6	11.3	5.7	1.9
c3aslxxy									
pop tot	158	-2.19	25.9	27.8	28.5	12.0	17.7	7.0	7.0
gr A	57	-2.56	22.5	26.3	31.6	12.3	12.3	8.8	8.8
gr SL	33	1.88	21.5	33.3	18.2	12.1	18.2	9.1	9.1
gr SI	21	-7.58	26.3	23.8	38.1	4.8	23.8	4.8	4.8
gr NA	28	0.51	32.0	35.7	28.6	14.3	10.7	7.1	3.6
gr G	65	-3.38	21.9	26.2	32.3	10.8	13.8	7.7	9.2
gr S	54	-1.80	23.7	29.6	25.9	9.3	20.4	7.4	7.4
gr MA	49	-2.96	29.7	30.6	32.7	10.2	16.3	6.1	4.1
h1aslxxy									
pop tot	193	1.17	8.6	36.3	29.5	15.0	6.7	7.3	5.2
gr A	67	0.61	8.2	31.3	32.8	13.4	3.0	14.9	4.5
gr SL	43	-0.43	9.1	34.9	30.2	11.6	11.6	2.3	9.3
gr SI	26	2.04	10.1	34.6	30.8	19.2	11.5	0.0	3.8
gr NA	33	3.03	8.2	39.4	24.2	21.2	3.0	9.1	3.0
gr G	77	0.64	7.9	35.1	31.2	11.7	3.9	13.0	5.2
gr S	69	0.50	9.5	34.8	30.4	14.5	11.6	1.4	7.2
gr MA	59	2.59	9.0	37.3	27.1	20.3	6.8	5.1	3.4
h2aslxxy									
pop tot	194	0.86	10.3	37.6	37.6	11.9	8.8	2.1	2.1
gr A	69	0.36	10.0	30.4	40.6	14.5	8.7	2.9	2.9
gr SL	42	-1.77	11.2	42.9	31.0	4.8	16.7	2.4	2.4
gr SI	26	1.36	9.0	50.0	30.8	3.8	11.5	3.8	0.0
gr NA	34	3.96	10.6	44.1	35.3	14.7	2.9	0.0	2.9
gr G	79	0.14	9.7	29.1	44.3	13.9	7.6	2.5	2.5
gr S	68	-0.58	10.5	45.6	30.9	4.4	14.7	2.9	1.5
gr MA	60	2.84	9.9	46.7	33.3	10.0	6.7	1.7	1.7
h3aslxxy									
pop tot	193	0.05	10.6	33.7	38.9	12.4	8.3	4.1	2.6
gr A	67	0.74	10.6	22.4	44.8	19.4	6.0	3.0	4.5
gr SL	41	-1.20	12.9	39.0	36.6	7.3	7.3	7.3	2.4
gr SI	26	-1.98	9.5	46.2	38.5	3.8	7.7	3.8	0.0
gr NA	35	1.61	8.7	45.7	31.4	11.4	8.6	2.9	0.0
gr G	77	0.00	10.7	22.1	42.9	18.2	10.4	2.6	3.9
gr S	67	-1.50	11.6	41.8	37.3	6.0	7.5	6.0	1.5
gr MA	61	0.08	9.2	45.9	34.4	8.2	8.2	3.3	0.0

Annexe 6.39. Asymétrie des rapports Ix/Iy (abrégé en Ixy) – sections de l’humérus (h4 et h5) et du radius. Moyennes (%) et répartition des individus dans les 6 catégories de forme (%) – voir figures 24 et 25 pour le décodage. Population sans « gauchers ».

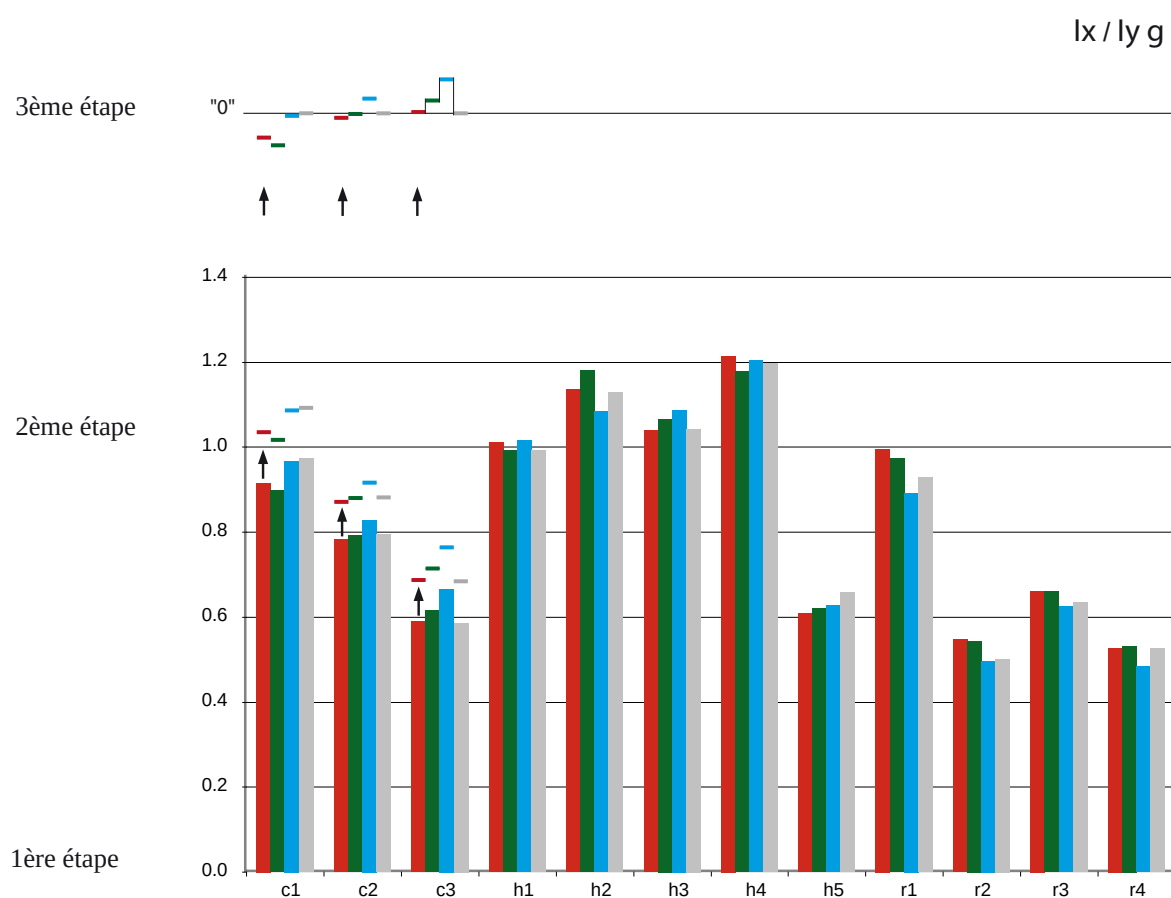
	n	moy aslx/ly	ds	lx d >	ly d>	lx d > et ly g>	lx g > et ly d>	ly g >	lx g >
h4aslxxy									
pop tot	195	-4.41	8.7	19.0	51.8	7.2	14.4	3.6	4.1
gr A	67	-4.45	8.3	13.4	56.7	9.0	7.5	7.5	6.0
gr SL	42	-4.97	9.3	16.7	38.1	9.5	31.0	0.0	4.8
gr SI	26	-5.88	7.7	11.5	65.4	3.8	15.4	0.0	3.8
gr NA	35	-1.89	8.1	34.3	45.7	5.7	8.6	2.9	2.9
gr G	78	-4.70	8.7	15.4	55.1	7.7	9.0	7.7	5.1
gr S	68	-5.32	8.7	14.7	48.5	7.4	25.0	0.0	4.4
gr MA	61	-3.59	8.1	24.6	54.1	4.9	11.5	1.6	3.3
h5aslxxy									
pop tot	192	-4.17	13.0	16.1	40.1	14.1	20.3	5.7	3.6
gr A	64	-5.74	12.3	10.9	43.8	14.1	21.9	6.3	3.1
gr SL	42	-3.36	15.8	28.6	28.6	9.5	26.2	2.4	4.8
gr SI	26	-0.53	12.0	15.4	42.3	23.1	3.8	7.7	7.7
gr NA	35	-4.87	12.4	11.4	37.1	14.3	28.6	5.7	2.9
gr G	75	-5.19	12.6	13.3	41.3	13.3	21.3	8.0	2.7
gr S	68	-2.28	14.4	23.5	33.8	14.7	17.6	4.4	5.9
gr MA	61	-3.02	12.3	13.1	39.3	18.0	18.0	6.6	4.9
r1aslxxy									
pop tot	183	-0.52	15.9	26.8	26.2	14.2	10.9	10.4	11.5
gr A	67	-2.64	18.4	31.3	25.4	7.5	13.4	10.4	11.9
gr SL	39	-4.38	13.9	25.6	28.2	15.4	10.3	2.6	17.9
gr SI	25	2.94	14.5	28.0	16.0	20.0	16.0	12.0	8.0
gr NA	29	2.69	11.2	20.7	34.5	20.7	6.9	10.3	6.9
gr G	78	-1.96	18.3	28.2	25.6	10.3	12.8	11.5	11.5
gr S	64	-1.73	14.4	26.6	23.4	17.2	12.5	6.3	14.1
gr MA	54	2.79	12.4	24.1	25.9	20.4	11.1	11.1	7.4
r2aslxxy									
pop tot	184	0.48	15.0	31.0	26.1	17.9	15.2	4.9	4.9
gr A	69	-0.68	16.9	33.3	29.0	14.5	14.5	2.9	5.8
gr SL	40	-3.67	12.4	30.0	22.5	7.5	22.5	10.0	7.5
gr SI	24	1.00	16.2	16.7	29.2	33.3	16.7	0.0	4.2
gr NA	29	6.94	10.3	41.4	24.1	27.6	3.4	3.4	0.0
gr G	79	-0.20	16.8	31.6	27.8	16.5	15.2	2.5	6.3
gr S	64	-2.08	13.8	25.0	25.0	17.2	20.3	6.3	6.3
gr MA	53	4.68	13.0	30.2	26.4	30.2	9.4	1.9	1.9
r3aslxxy									
pop tot	183	-0.97	13.9	29.0	27.3	13.1	16.9	6.6	7.1
gr A	68	-0.11	13.2	27.9	29.4	13.2	17.6	5.9	5.9
gr SL	40	-2.64	14.4	30.0	30.0	10.0	22.5	0.0	7.5
gr SI	23	-4.74	17.6	26.1	17.4	13.0	17.4	17.4	8.7
gr NA	29	1.47	13.4	27.6	27.6	20.7	10.3	3.4	10.3
gr G	79	-0.06	13.0	29.1	27.8	11.4	17.7	7.6	6.3
gr S	63	-3.32	15.3	28.6	25.4	11.1	20.6	6.3	7.9
gr MA	52	-0.80	15.2	26.9	23.1	17.3	13.5	9.6	9.6
r4aslxxy									
pop tot	178	-0.16	10.9	25.8	27.0	16.3	14.0	6.7	10.1
gr A	65	-0.47	10.0	26.2	21.5	16.9	16.9	6.2	12.3
gr SL	40	0.84	10.4	17.5	27.5	20.0	12.5	15.0	7.5
gr SI	23	-0.31	15.2	30.4	26.1	13.0	17.4	8.7	4.3
gr NA	29	-0.57	12.1	34.5	34.5	10.3	6.9	0.0	13.8
gr G	75	-0.40	9.8	25.3	25.3	16.0	16.0	5.3	12.0
gr S	63	0.47	12.0	22.2	27.0	17.5	14.3	12.7	6.3
gr MA	52	-0.48	13.1	32.7	30.8	11.5	11.5	3.8	9.6

Annexe 6.40. Asymétrie des rapports I_{max}/I_{min} (abrégé en Imm) - sections de la clavicule et de l'humérus (h1 à h3). Moyennes (%) et répartition des individus dans les 6 catégories de forme (%) – voir figures 23 et 24 pour le décodage. Population sans « gauchers ».

	n	moy asImm	ds	I _{max} d >	I _{min} d>	I _{max} d > et I _{min} g>	I _{max} g > et I _{min} d>	I _{min} g >	I _{max} g >
c1asImm									
pop tot	159	0.66	18.6	23.9	31.4	19.5	11.3	6.9	6.9
gr A	57	0.96	18.7	21.1	24.6	24.6	12.3	8.8	8.8
gr SL	33	1.33	17.4	30.3	33.3	15.2	9.1	6.1	6.1
gr SI	20	2.18	23.9	5.0	35.0	40.0	10.0	5.0	5.0
gr NA	30	0.29	18.2	33.3	30.0	6.7	10.0	10.0	10.0
gr G	66	0.29	18.3	21.2	28.8	22.7	12.1	7.6	7.6
gr S	53	1.65	19.9	20.8	34.0	24.5	9.4	5.7	5.7
gr MA	50	1.04	20.5	22.0	32.0	20.0	10.0	8.0	8.0
c2asImm									
pop tot	164	2.08	18.2	31.7	29.3	15.9	10.4	7.3	5.5
gr A	60	2.34	16.2	30.0	26.7	20.0	8.3	8.3	6.7
gr SL	33	2.12	18.4	27.3	36.4	12.1	12.1	9.1	3.0
gr SI	22	0.44	24.2	22.7	40.9	18.2	4.5	4.5	9.1
gr NA	31	1.23	19.4	45.2	19.4	9.7	19.4	6.5	0.0
gr G	69	2.27	15.5	31.9	26.1	18.8	8.7	7.2	7.2
gr S	55	1.45	20.7	25.5	38.2	14.5	9.1	7.3	5.5
gr MA	53	0.90	21.3	35.8	28.3	13.2	13.2	5.7	3.8
c3asImm									
pop tot	158	2.49	20.9	29.1	29.7	17.1	11.4	6.3	6.3
gr A	57	3.67	21.6	26.3	24.6	22.8	8.8	10.5	7.0
gr SL	33	0.00	16.6	30.3	30.3	6.1	12.1	9.1	12.1
gr SI	21	2.77	25.4	28.6	28.6	23.8	14.3	0.0	4.8
gr NA	28	1.94	20.5	35.7	32.1	14.3	14.3	0.0	3.6
gr G	65	3.59	21.5	26.2	27.7	21.5	7.7	10.8	6.2
gr S	54	1.07	20.3	29.6	29.6	13.0	13.0	5.6	9.3
gr MA	49	2.29	22.5	32.7	30.6	18.4	14.3	0.0	4.1
h1asImm									
pop tot	193	0.51	7.7	39.9	25.9	8.8	10.4	7.3	7.8
gr A	67	0.79	6.8	41.8	22.4	9.0	9.0	11.9	6.0
gr SL	43	0.23	7.5	44.2	25.6	2.3	11.6	4.7	11.6
gr SI	26	-0.58	10.1	42.3	19.2	3.8	23.1	7.7	3.8
gr NA	33	0.22	7.4	27.3	33.3	12.1	9.1	6.1	12.1
gr G	77	0.27	6.9	39.0	27.3	9.1	7.8	10.4	6.5
gr S	69	-0.08	8.5	43.5	23.2	2.9	15.9	5.8	8.7
gr MA	59	-0.14	8.6	33.9	27.1	8.5	15.3	6.8	8.5
h2asImm									
pop tot	194	0.86	10.3	37.1	39.2	10.3	8.8	2.6	2.1
gr A	69	0.36	10.0	33.3	40.6	11.6	5.8	4.3	4.3
gr SL	42	-1.77	11.2	31.0	40.5	9.5	14.3	2.4	2.4
gr SI	26	1.36	9.0	38.5	46.2	7.7	3.8	3.8	0.0
gr NA	34	3.96	10.6	52.9	32.4	2.9	11.8	0.0	0.0
gr G	79	0.14	9.7	32.9	40.5	13.9	5.1	3.8	3.8
gr S	68	-0.58	10.5	33.8	42.6	8.8	10.3	2.9	1.5
gr MA	60	2.84	9.9	46.7	38.3	5.0	8.3	1.7	0.0
h3asImm									
pop tot	193	1.16	8.5	46.6	30.1	8.8	10.4	2.6	1.6
gr A	67	0.33	7.9	37.3	40.3	10.4	4.5	4.5	3.0
gr SL	41	0.40	9.8	46.3	26.8	7.3	14.6	2.4	2.4
gr SI	26	1.11	8.8	57.7	19.2	7.7	15.4	0.0	0.0
gr NA	35	4.41	8.0	62.9	17.1	8.6	11.4	0.0	0.0
gr G	77	0.59	7.6	39.0	39.0	10.4	3.9	5.2	2.6
gr S	67	0.68	9.4	50.7	23.9	7.5	14.9	1.5	1.5
gr MA	61	3.00	8.5	60.7	18.0	8.2	13.1	0.0	0.0

Annexe 6.40 (suite). Asymétrie des rapports I_{max}/I_{min} (abrégé en Imm) - sections de l'humérus (h1 à h3) et du radius. Moyennes (%) et répartition des individus dans les 6 catégories de forme (%) – voir figures 24 et 25 pour le décodage. Population sans « gauchers ».

	n	moy asImm	ds	I _{max} d >	I _{min} d>	I _{max} d > et I _{min} g>	I _{max} g > et I _{min} d>	I _{min} g >	I _{max} g >
h4asImm									
pop tot	195	-3.18	8.9	26.7	47.7	4.1	12.8	4.6	4.1
gr A	67	-2.25	8.4	25.4	46.3	4.5	10.4	7.5	6.0
gr SL	42	-4.53	9.0	21.4	47.6	4.8	19.0	4.8	2.4
gr SI	26	-4.41	9.5	23.1	46.2	3.8	19.2	0.0	7.7
gr NA	35	-3.27	8.6	31.4	51.4	2.9	8.6	2.9	2.9
gr G	78	-2.80	8.3	23.1	50.0	3.8	10.3	7.7	5.1
gr S	68	-4.48	9.1	22.1	47.1	4.4	19.1	2.9	4.4
gr MA	61	-3.75	8.9	27.9	49.2	3.3	13.1	1.6	4.9
h5asImm									
pop tot	192	0.17	11.5	37.5	27.1	8.9	19.3	3.1	4.2
gr A	64	1.22	11.1	45.3	17.2	7.8	20.3	6.3	3.1
gr SL	42	1.85	12.5	35.7	40.5	7.1	9.5	2.4	4.8
gr SI	26	-4.38	10.6	23.1	34.6	7.7	30.8	0.0	3.8
gr NA	35	-0.28	11.5	34.3	20.0	17.1	22.9	2.9	2.9
gr G	75	0.39	11.1	41.3	22.7	6.7	18.7	5.3	5.3
gr S	68	-0.53	12.1	30.9	38.2	7.4	17.6	1.5	4.4
gr MA	61	-2.03	11.2	29.5	26.2	13.1	26.2	1.6	3.3
r1asImm									
pop tot	184	0.24	11.8	28.3	26.1	8.7	10.9	13.6	12.5
gr A	67	0.07	11.4	26.9	29.9	9.0	7.5	14.9	11.9
gr SL	39	1.44	13.0	25.6	30.8	10.3	10.3	15.4	7.7
gr SI	25	2.67	11.6	32.0	16.0	16.0	8.0	12.0	16.0
gr NA	30	-2.19	10.1	23.3	36.7	6.7	13.3	6.7	13.3
gr G	78	0.19	11.1	28.2	26.9	7.7	9.0	15.4	12.8
gr S	64	1.92	12.4	28.1	25.0	12.5	9.4	14.1	10.9
gr MA	55	0.02	11.0	27.3	27.3	10.9	10.9	9.1	14.5
r2asImm									
pop tot	186	1.70	14.0	21.0	12.4	40.9	19.9	3.8	2.2
gr A	69	2.61	15.2	20.3	15.9	39.1	17.4	5.8	1.4
gr SL	40	4.74	11.3	27.5	7.5	30.0	30.0	0.0	5.0
gr SI	25	3.31	16.2	16.0	12.0	40.0	24.0	4.0	4.0
gr NA	30	-3.80	10.3	20.0	10.0	60.0	10.0	0.0	0.0
gr G	79	2.38	15.0	19.0	15.2	40.5	19.0	5.1	1.3
gr S	65	4.19	13.3	23.1	9.2	33.8	27.7	1.5	4.6
gr MA	55	-0.57	13.6	18.2	10.9	50.9	16.4	1.8	1.8
r3asImm									
pop tot	185	0.67	12.9	27.6	30.3	16.2	12.4	5.4	8.1
gr A	68	-1.26	12.3	32.4	29.4	11.8	14.7	5.9	5.9
gr SL	40	3.00	13.0	25.0	32.5	25.0	10.0	5.0	2.5
gr SI	24	2.79	14.7	20.8	25.0	16.7	12.5	8.3	16.7
gr NA	30	-0.04	13.2	20.0	36.7	16.7	13.3	3.3	10.0
gr G	79	-0.94	12.3	32.9	27.8	12.7	13.9	6.3	6.3
gr S	64	2.92	13.5	23.4	29.7	21.9	10.9	6.3	7.8
gr MA	54	1.21	13.8	20.4	31.5	16.7	13.0	5.6	13.0
r4asImm									
pop tot	179	0.22	10.3	31.3	24.0	12.8	14.0	12.3	5.6
gr A	65	0.00	9.5	26.2	24.6	15.4	13.8	15.4	4.6
gr SL	40	-0.52	10.1	27.5	17.5	12.5	20.0	10.0	12.5
gr SI	23	-0.41	13.1	34.8	30.4	13.0	8.7	4.3	8.7
gr NA	30	0.68	11.2	36.7	33.3	3.3	10.0	16.7	0.0
gr G	75	0.53	9.7	30.7	22.7	14.7	13.3	14.7	4.0
gr S	63	-0.48	11.2	30.2	22.2	12.7	15.9	7.9	11.1
gr MA	53	0.21	11.9	35.8	32.1	7.5	9.4	11.3	3.8



Annexe 6.41. Construction de l'illustration permettant une évaluation de l'effet de l'activité sur la forme des sections. Exemple donné pour les rapport Ix / Iy mesurés sur les ossements du côté gauche.

- 1ère étape : un diagramme en bâtons est élaboré à partir des moyennes des rapports, ici Ix / Iy calculés pour le côté gauche, par groupe d'activités. Agriculteurs (—), spécialistes "lourds" (—), spécialistes légers (—) et non-actifs (—).
- 2ème étape : les valeurs des moyennes de chaque groupe sont extraites du diagramme en bâtons, en respectant la position relative des groupes.
- 3ème étape : les moyennes du groupe des non-actifs sont mises à "0" sur une ligne horizontale fictive afin de mettre en avant l'effet éventuel de l'activité par rapport à un groupe n'ayant pas accompli quotidiennement de tâches physiques importantes.

Annexe 6.42a. Évolution de la géométrie des sections avec l'âge (classes de 25 ans). Population sans "gauchers".

	classes d'âges	n	moy	ds	min	max		classes d'âges	n	moy	ds	min	max
c1glxy	20-45	48	0.96	0.37	0.36	1.88	c3glxy	20-45	49	0.65	0.24	0.33	1.44
	46-70	76	0.95	0.33	0.30	1.82		46-70	77	0.62	0.27	0.24	1.93
	71-93	38	0.91	0.29	0.40	1.69		70-93	41	0.56	0.15	0.33	1.13
	Total	162	0.94	0.33	0.30	1.88		Total	167	0.61	0.24	0.24	1.93
c1glmm	20-45	48	1.74	0.37	1.14	2.84	c3glmm	20-45	49	2.09	0.57	1.20	4.16
	46-70	76	1.79	0.48	1.10	3.45		46-70	77	2.23	0.65	1.22	4.37
	70-93	38	1.65	0.41	1.02	2.59		70-93	41	2.25	0.52	1.45	4.27
	Total	162	1.74	0.44	1.02	3.45		Total	167	2.19	0.60	1.20	4.37
c1dlxy	20-45	51	0.96	0.38	0.40	1.88	c3dlxy	20-45	50	0.60	0.21	0.25	1.31
	46-70	79	1.01	0.41	0.40	2.37		46-70	78	0.62	0.25	0.20	1.75
	70-93	38	0.95	0.32	0.43	1.74		70-93	38	0.54	0.15	0.26	0.84
	Total	168	0.98	0.38	0.40	2.37		Total	166	0.60	0.22	0.20	1.75
c1dlmm	20-45	51	1.84	0.41	1.14	3.06	c3dlmm	20-45	50	2.14	0.68	1.16	5.26
	46-70	79	1.76	0.55	1.08	4.83		46-70	78	2.27	0.68	1.24	3.89
	70-93	38	1.62	0.42	1.06	2.70		70-93	38	2.24	0.52	1.36	5.26
	Total	168	1.75	0.49	1.06	4.83		Total	166	2.22	0.64	1.16	5.03
c1aslxy	20-45	48	-0.81	26.64	-85.19	52.94	c3aslxy	20-45	48	-6.23	27.25	-94.45	38.03
	46-70	75	4.95	27.45	-59.71	59.04		46-70	74	-0.79	27.03	-86.05	91.25
	70-93	36	1.91	27.52	-73.19	55.63		70-93	36	-3.10	29.56	-125.68	38.54
	Total	159	2.52	27.17	-85.19	59.04		Total	158	-2.97	27.61	-125.68	91.25
c1aslmm	20-45	48	5.67	18.66	-27.73	58.47	c3aslmm	20-45	48	2.03	18.83	-39.87	46.06
	46-70	75	-1.49	19.62	-51.39	36.56		46-70	74	3.87	21.98	-59.38	72.36
	70-93	36	-1.53	15.07	-28.01	31.23		70-93	36	0.25	21.45	-38.87	50.38
	Total	159	0.66	18.58	-51.39	58.47		Total	158	2.49	20.87	-59.38	72.36
c2glxy	20-45	48	0.85	0.32	0.35	1.83	h1glxy	20-45	56	1.00	0.13	0.66	1.48
	46-70	81	0.80	0.30	0.31	2.29		46-70	86	0.99	0.12	0.79	1.32
	70-93	39	0.76	0.21	0.38	1.32		70-93	52	1.01	0.12	0.80	1.31
	Total	168	0.80	0.29	0.31	2.29		Total	194	1.00	0.13	0.66	1.48
c2glmm	20-45	48	1.90	0.45	1.04	2.94	h1glmm	20-45	56	1.21	0.16	1.00	1.70
	46-70	81	1.90	0.48	1.02	3.39		46-70	86	1.19	0.09	1.02	1.44
	70-93	39	1.88	0.51	1.17	3.31		70-93	52	1.19	0.13	1.03	1.79
	Total	168	1.90	0.48	1.02	3.39		Total	194	1.20	0.12	1.00	1.79
c2dlxy	20-45	51	0.81	0.31	0.32	1.80	h1dlxy	20-45	58	1.01	0.13	0.70	1.28
	46-70	81	0.82	0.33	0.30	1.91		46-70	90	1.01	0.13	0.77	1.32
	70-93	40	0.75	0.22	0.39	1.19		70-93	52	1.03	0.14	0.75	1.41
	Total	172	0.80	0.30	0.30	1.91		Total	200	1.01	0.13	0.70	1.41
c2dlmm	20-45	51	2.00	0.50	1.06	3.43	h1dlmm	20-45	58	1.20	0.13	1.01	1.61
	46-70	81	1.92	0.53	1.06	3.95		46-70	90	1.19	0.11	1.03	1.67
	70-93	40	1.85	0.39	1.07	2.55		70-93	52	1.21	0.11	1.03	1.50
	Total	172	1.93	0.49	1.06	3.95		Total	200	1.20	0.12	1.01	1.67
c2aslxy	20-45	48	-4.04	30.80	-109.69	71.60	h1aslxy	20-45	56	1.12	8.50	-20.34	18.99
	46-70	79	2.43	28.24	-75.41	54.16		46-70	86	0.67	8.24	-26.99	20.75
	70-93	37	-0.53	29.34	-91.17	57.66		70-93	51	2.08	9.30	-22.91	17.86
	Total	164	-0.13	29.21	-109.69	71.60		Total	193	1.17	8.58	-26.99	20.75
c2aslmm	20-45	48	5.14	18.86	-34.15	56.44	h1aslmm	20-45	56	0.13	6.69	-14.30	16.59
	46-70	79	0.40	17.08	-41.84	67.36		46-70	86	-0.10	7.87	-21.35	22.03
	70-93	37	1.71	19.71	-33.69	47.33		70-93	51	1.96	8.33	-20.84	16.02
	Total	164	2.08	18.23	-41.84	67.36		Total	193	0.51	7.69	-21.35	22.03

Annexe 6.42b. Évolution de la géométrie des sections avec l'âge (classes de 25 ans). Population sans "gauchers".

	classes d'âges	n	moy	ds	min	max		classes d'âges	n	moy	ds	min	max
h2glxy	20-45	57	1.15	0.19	0.71	1.56	h4glxy	20-45	58	1.21	0.16	0.88	1.56
	46-70	86	1.12	0.18	0.74	1.77		46-70	87	1.20	0.16	0.86	1.62
	70-93	52	1.14	0.14	0.87	1.54		70-93	51	1.21	0.15	0.79	1.53
	Total	195	1.14	0.17	0.71	1.77		Total	196	1.20	0.16	0.79	1.62
h2glmm	20-45	57	1.28	0.17	1.02	1.78	h4glmm	20-45	58	1.38	0.21	1.03	2.07
	46-70	86	1.27	0.15	1.05	1.79		46-70	87	1.35	0.17	1.05	1.89
	70-93	52	1.27	0.15	1.03	1.67		70-93	51	1.38	0.16	1.07	1.76
	Total	195	1.27	0.15	1.02	1.79		Total	196	1.36	0.18	1.03	2.07
h2dlxy	20-45	58	1.14	0.18	0.66	1.65	h4dlxy	20-45	58	1.17	0.16	0.83	1.64
	46-70	90	1.14	0.20	0.74	2.03		46-70	90	1.15	0.13	0.88	1.53
	70-93	52	1.17	0.18	0.89	1.75		70-93	52	1.15	0.14	0.88	1.46
	Total	200	1.15	0.19	0.66	2.03		Total	200	1.15	0.14	0.83	1.64
h2dlmm	20-45	58	1.26	0.16	1.04	1.72	h4dlmm	20-45	58	1.35	0.21	1.03	2.12
	46-70	90	1.29	0.18	1.03	2.03		46-70	90	1.30	0.13	1.02	1.69
	70-93	52	1.28	0.18	1.01	1.80		70-93	52	1.31	0.16	1.08	1.84
	Total	200	1.28	0.17	1.01	2.03		Total	200	1.31	0.17	1.02	2.12
h2aslxy	20-45	57	-1.17	10.57	-29.69	30.09	h4aslxy	20-45	58	-3.65	9.99	-24.51	19.12
	46-70	86	2.04	10.27	-29.67	29.92		46-70	87	-4.12	7.98	-27.14	15.16
	70-93	51	1.12	10.07	-20.07	25.89		70-93	50	-5.79	8.38	-27.82	13.92
	Total	194	0.86	10.34	-29.69	30.09		Total	195	-4.41	8.72	-27.82	19.12
h2aslmm	20-45	57	-0.93	9.83	-29.01	27.67	h4aslmm	20-45	58	-2.24	9.44	-24.16	30.06
	46-70	86	1.01	8.92	-23.43	18.41		46-70	87	-3.61	8.58	-28.11	13.43
	70-93	51	0.02	9.60	-18.71	25.95		70-93	50	-3.51	8.77	-21.63	13.83
	Total	194	0.18	9.36	-29.01	27.67		Total	195	-3.18	8.87	-28.11	30.06
h3glxy	20-45	57	1.07	0.19	0.74	1.53	h5glxy	20-45	58	0.60	0.13	0.34	0.89
	46-70	86	1.04	0.16	0.66	1.41		46-70	86	0.62	0.13	0.35	1.05
	70-93	52	1.04	0.15	0.75	1.42		70-93	50	0.63	0.13	0.23	0.83
	Total	195	1.05	0.17	0.66	1.53		Total	194	0.62	0.13	0.23	1.05
h3glmm	20-45	57	1.47	0.23	1.12	2.11	h5glmm	20-45	58	2.26	0.47	1.37	3.44
	46-70	86	1.48	0.20	1.01	2.10		46-70	86	2.19	0.42	1.39	3.21
	70-93	52	1.48	0.21	1.05	2.03		70-93	50	2.11	0.68	1.30	5.29
	Total	195	1.48	0.21	1.01	2.11		Total	194	2.19	0.51	1.30	5.29
h3dlxy	20-45	57	1.09	0.18	0.78	1.85	h5dlxy	20-45	58	0.57	0.10	0.37	0.80
	46-70	90	1.03	0.15	0.75	1.43		46-70	90	0.60	0.12	0.39	1.09
	70-93	52	1.03	0.13	0.71	1.30		70-93	49	0.61	0.12	0.22	0.88
	Total	199	1.05	0.16	0.71	1.85		Total	197	0.60	0.12	0.22	1.09
h3dlmm	20-45	57	1.50	0.25	1.14	2.27	h5dlmm	20-45	58	2.26	0.43	1.42	3.66
	46-70	90	1.51	0.19	1.04	2.00		46-70	90	2.14	0.39	1.42	3.11
	70-93	52	1.47	0.20	1.06	2.05		70-93	49	2.11	0.62	1.42	5.37
	Total	199	1.50	0.21	1.04	2.27		Total	197	2.17	0.47	1.42	5.37
h3aslxy	20-45	56	2.45	10.54	-28.23	30.08	h5aslxy	20-45	58	-4.82	14.53	-47.39	50.42
	46-70	86	-1.27	10.63	-26.52	23.41		46-70	86	-3.24	13.17	-29.62	25.65
	70-93	51	-0.37	10.52	-39.93	20.71		70-93	48	-5.05	10.60	-41.35	19.10
	Total	193	0.05	10.64	-39.93	30.08		Total	192	-4.17	12.98	-47.39	50.42
h3aslmm	20-45	56	1.69	7.53	-13.27	18.87	h5aslmm	20-45	58	0.58	11.32	-27.80	31.68
	46-70	86	1.70	8.66	-19.51	19.23		46-70	86	-1.36	11.09	-25.31	29.04
	70-93	51	-0.34	9.27	-24.64	18.17		70-93	48	2.42	12.39	-17.51	41.74
	Total	193	1.16	8.52	-24.64	19.23		Total	192	0.17	11.54	-27.80	41.74

Annexe 6.42c. Évolution de la géométrie des sections avec l'âge (classes de 25 ans). Population sans "gauchers".

	classes d'âges	n	moy	ds	min	max		classes d'âges	n	moy	ds	min	max
r1glxy	20-45	42	0.94	0.12	0.68	1.18	r3glxy	20-45	42	0.66	0.11	0.45	1.03
	46-70	68	0.98	0.15	0.64	1.52		46-70	66	0.65	0.10	0.49	0.90
	70-93	44	0.97	0.15	0.71	1.34		70-93	43	0.65	0.12	0.48	1.06
	Total	154	0.96	0.14	0.64	1.52		Total	151	0.65	0.11	0.45	1.06
r1glmm	20-45	56	1.25	0.16	1.05	1.69	r3glmm	20-45	56	1.66	0.29	1.04	2.93
	46-70	83	1.23	0.14	1.02	1.91		46-70	82	1.62	0.22	1.12	2.16
	70-93	51	1.22	0.14	1.02	1.85		70-93	50	1.64	0.26	1.20	2.17
	Total	190	1.23	0.15	1.02	1.91		Total	188	1.64	0.25	1.04	2.93
r1dlxy	20-45	40	0.96	0.16	0.58	1.42	r3dlxy	20-45	41	0.64	0.12	0.43	1.01
	46-70	66	0.97	0.13	0.66	1.37		46-70	67	0.64	0.10	0.46	0.98
	70-93	43	0.95	0.19	0.49	1.45		70-93	43	0.65	0.10	0.45	1.00
	Total	149	0.96	0.16	0.49	1.45		Total	151	0.64	0.11	0.43	1.01
r1dlmm	20-45	54	1.26	0.17	1.05	1.85	r3dlmm	20-45	55	1.69	0.32	1.08	2.74
	46-70	83	1.22	0.14	1.03	1.69		46-70	84	1.63	0.22	1.15	2.17
	70-93	50	1.25	0.18	1.02	2.05		70-93	50	1.63	0.22	1.19	2.21
	Total	187	1.24	0.16	1.02	2.05		Total	189	1.65	0.25	1.08	2.74
r1aslxy	20-45	40	2.29	13.67	-18.03	39.89	r3aslxy	20-45	41	-2.70	14.61	-33.72	34.73
	46-70	65	-0.81	13.36	-43.55	28.06		46-70	64	-0.47	13.35	-32.37	23.22
	70-93	43	-2.70	20.54	-85.51	34.75		70-93	43	-0.06	14.16	-37.25	42.86
	Total	148	-0.52	15.85	-85.51	39.89		Total	148	-0.97	13.89	-37.25	42.86
r1aslmm	20-45	54	-0.19	11.82	-32.34	24.37	r3aslmm	20-45	55	1.71	13.90	-34.71	31.42
	46-70	80	-0.71	10.06	-23.12	28.14		46-70	80	0.75	12.38	-22.72	33.22
	70-93	50	2.25	14.24	-41.68	46.58		70-93	50	-0.61	12.70	-35.93	36.02
	Total	184	0.24	11.83	-41.68	46.58		Total	185	0.67	12.89	-35.93	36.02
r2glxy	20-45	42	0.55	0.10	0.41	0.88	r4glxy	20-45	42	0.52	0.08	0.40	0.74
	46-70	67	0.53	0.09	0.32	0.72		46-70	66	0.53	0.07	0.42	0.73
	70-93	44	0.53	0.14	0.30	0.86		70-93	40	0.53	0.09	0.37	0.72
	Total	153	0.53	0.11	0.30	0.88		Total	148	0.52	0.08	0.37	0.74
r2glmm	20-45	56	2.01	0.32	1.31	3.33	r4glmm	20-45	56	2.00	0.28	1.46	2.50
	46-70	83	2.06	0.36	1.47	3.17		46-70	81	1.96	0.24	1.43	2.43
	70-93	51	2.08	0.44	1.17	3.34		70-93	47	2.02	0.35	1.41	3.08
	Total	190	2.05	0.37	1.17	3.34		Total	184	1.99	0.28	1.41	3.08
r2dlxy	20-45	40	0.54	0.10	0.36	0.74	r4dlxy	20-45	40	0.51	0.08	0.37	0.75
	46-70	67	0.54	0.09	0.35	0.82		46-70	67	0.52	0.07	0.39	0.70
	70-93	44	0.52	0.13	0.33	0.90		70-93	42	0.55	0.09	0.39	0.74
	Total	151	0.53	0.10	0.33	0.90		Total	149	0.52	0.08	0.37	0.75
r2dlmm	20-45	54	2.04	0.39	1.33	3.20	r4dlmm	20-45	54	2.03	0.29	1.33	2.78
	46-70	84	2.07	0.36	1.45	3.51		46-70	84	2.00	0.24	1.49	2.66
	70-93	51	2.15	0.42	1.20	3.05		70-93	49	1.93	0.32	1.37	2.87
	Total	189	2.08	0.39	1.20	3.51		Total	187	1.99	0.28	1.33	2.87
r2aslxy	20-45	40	-0.10	15.32	-31.14	41.90	r4aslxy	20-45	40	-1.07	11.46	-22.82	25.70
	46-70	65	2.22	14.77	-35.57	34.82		46-70	64	-2.12	8.72	-20.95	20.13
	70-93	44	-1.58	15.22	-44.91	27.73		70-93	39	4.01	12.46	-23.41	31.15
	Total	149	0.48	15.04	-44.91	41.90		Total	143	-0.16	10.87	-23.41	31.15
r2aslmm	20-45	54	1.04	14.68	-38.26	34.40	r4aslmm	20-45	54	0.78	10.61	-25.43	20.69
	46-70	81	0.94	13.33	-23.61	34.88		46-70	79	2.60	9.01	-23.01	23.08
	70-93	51	3.59	14.33	-26.43	46.44		70-93	46	-4.50	10.82	-26.83	18.36
	Total	186	1.70	13.98	-38.26	46.44		Total	179	0.22	10.35	-26.83	23.08

Annexe 6.43. Rapport I_{max}/I_{min} (Imm) et I_x/I_y (Ixy) mesurés sur la clavicule (valeurs à gauche, à droite et asymétrie). Sous échantillon des "gauchers". Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%).

	n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >
c1Imm gauche									c1Imm droit								
ens pop	176	1.75	0.45	1.02	3.45	100.0	0.0	0.0	ens pop	181	1.76	0.48	1.06	4.83	100.0	0.0	0.0
"gauchers"	14	1.85	0.56	1.18	3.28	100.0	0.0	0.0	"gauchers"	13	1.82	0.44	1.30	2.66	100.0	0.0	0.0
c2Imm gauche									c2Imm droit								
ens pop	181	1.89	0.48	1.02	3.40	100.0	0.0	0.0	ens pop	186	1.93	0.50	1.06	3.95	100.0	0.0	0.0
"gauchers"	13	1.87	0.55	1.32	3.40	100.0	0.0	0.0	"gauchers"	14	1.98	0.56	1.28	3.27	100.0	0.0	0.0
c3Imm gauche									c3Imm droit								
ens pop	181	2.20	0.65	1.20	5.06	100.0	0.0	0.0	ens pop	179	2.23	0.65	1.16	5.26	100.0	0.0	0.0
"gauchers"	14	2.33	1.12	1.31	5.06	100.0	0.0	0.0	"gauchers"	13	2.29	0.76	1.25	3.66	100.0	0.0	0.0
c1asImm asymétrie									c2asImm asymétrie								
ens pop	172	0.35	18.31	-51.39	58.47	48.8	2.3	48.8	ens pop	177	2.40	18.80	-51.61	67.36	54.8	3.4	41.8
"gauchers"	13	-3.45	14.63	-22.25	16.45	38.5	0.0	61.5	"gauchers"	13	6.39	25.50	-51.61	48.44	76.9	0.0	23.1
c3asImm asymétrie																	
ens pop	171	2.36	22.07	-59.38	72.36	49.7	4.1	46.2									
"gauchers"	13	0.83	34.69	-49.44	69.63	30.8	7.7	61.5									
c1Ixy gauche									c1Ixy droit								
ens pop	176	0.95	0.34	0.30	2.09	37.5	62.5	0.0	ens pop	181	0.97	0.38	0.40	2.37	39.2	60.8	0.0
"gauchers"	14	0.97	0.44	0.41	2.09	35.7	64.3	0.0	"gauchers"	13	0.89	0.27	0.57	1.45	30.8	69.2	0.0
c2Ixy gauche									c2Ixy droit								
ens pop	181	0.80	0.29	0.31	2.29	22.7	77.3	0.0	ens pop	186	0.80	0.30	0.30	1.91	24.2	75.8	0.0
"gauchers"	13	0.81	0.30	0.34	1.50	23.1	76.9	0.0	"gauchers"	14	0.78	0.30	0.41	1.45	14.3	85.7	0.0
c3Ixy gauche									c3Ixy droit								
ens pop	181	0.61	0.23	0.20	1.93	5.5	94.5	0.0	ens pop	179	0.60	0.22	0.20	1.75	4.5	95.5	0.0
"gauchers"	14	0.57	0.21	0.20	0.86	0.0	100.0	0.0	"gauchers"	13	0.61	0.26	0.34	1.17	7.7	92.3	0.0
c1Ixy asymétrique									c2Ixy asymétrique								
ens pop	172	1.96	28.41	-85.19	73.17	50.6	1.7	47.7	ens pop	177	-0.42	29.98	-109.7	71.60	49.7	4.5	45.8
"gauchers"	13	-4.93	41.53	-75.67	73.17	30.8	0.0	69.2	"gauchers"	13	-4.14	39.80	-50.52	65.60	23.1	7.7	69.2
c3Ixy asymétrique																	
ens pop	171	-2.14	28.58	-125.7	91.25	45.6	3.5	50.9									
"gauchers"	13	7.89	38.47	-65.83	58.38	53.8	0.0	46.2									

Annexe 6.44. Rapport I_{max}/I_{min} (Imm) et I_x/I_y (Ixy) mesurés sur l'humérus (valeurs à gauche, à droite et asymétrie). Sous échantillon des "gauchers". Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%).

	n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >
h1Imm gauche									h1Imm droit								
ens pop	214	1.20	0.12	1.00	1.79	100.0	0.0	0.0	ens pop	220	1.20	0.12	1.01	1.67	100.0	0.0	0.0
"gauchers"	20	1.20	0.14	1.06	1.67	100.0	0.0	0.0	"gauchers"	20	1.21	0.10	1.05	1.43	100.0	0.0	0.0
h2Imm gauche									h2Imm droit								
ens pop	215	1.27	0.15	1.02	1.79	100.0	0.0	0.0	ens pop	220	1.28	0.17	1.01	2.03	100.0	0.0	0.0
"gauchers"	20	1.27	0.15	1.02	1.61	100.0	0.0	0.0	"gauchers"	20	1.28	0.12	1.11	1.55	100.0	0.0	0.0
h3Imm gauche									h3Imm droit								
ens pop	215	1.47	0.21	1.01	2.11	100.0	0.0	0.0	ens pop	219	1.49	0.21	1.04	2.27	100.0	0.0	0.0
"gauchers"	20	1.39	0.15	1.20	1.78	100.0	0.0	0.0	"gauchers"	20	1.40	0.17	1.18	1.74	100.0	0.0	0.0
h4Imm gauche									h4Imm droit								
ens pop	216	1.37	0.19	1.03	2.15	100.0	0.0	0.0	ens pop	220	1.32	0.18	1.02	2.13	100.0	0.0	0.0
"gauchers"	20	1.46	0.25	1.11	2.15	100.0	0.0	0.0	"gauchers"	20	1.42	0.25	1.03	2.13	100.0	0.0	0.0
h5Imm gauche									h5Imm droit								
ens pop	214	2.20	0.52	1.30	5.29	100.0	0.0	0.0	ens pop	217	2.17	0.46	1.42	5.37	100.0	0.0	0.0
"gauchers"	20	2.37	0.54	1.70	3.87	100.0	0.0	0.0	"gauchers"	20	2.24	0.42	1.56	3.27	100.0	0.0	0.0
h1Imm asymétrie									h2Imm asymétrie								
ens pop	213	0.62	7.78	-21.35	22.03	47.9	10.3	41.8	ens pop	214	0.26	9.34	-29.01	27.67	47.2	6.1	46.7
"gauchers"	20	1.70	8.75	-15.66	14.60	50.0	10.0	40.0	"gauchers"	20	1.04	9.39	-17.18	13.55	55.0	5.0	40.0
h3Imm asymétrie									h4Imm asymétrie								
ens pop	213	1.11	8.70	-24.64	21.33	51.6	8.9	39.4	ens pop	215	-3.18	8.81	-28.11	30.06	31.6	8.8	59.5
"gauchers"	20	0.62	10.50	-21.09	21.33	45.0	10.0	45.0	"gauchers"	20	-3.16	8.44	-13.03	14.38	30.0	10.0	60.0
h5Imm asymétrie																	
ens pop	212	-0.31	11.40	-27.80	41.74	44.3	7.1	48.6									
"gauchers"	20	-4.94	8.91	-18.70	11.18	30.0	10.0	60.0									
h1Ixy gauche									h1Ixy droit								
ens pop	214	1.00	0.13	0.63	1.48	46.7	53.3	0.0	ens pop	220	1.01	0.13	0.70	1.41	51.4	48.6	0.0
"gauchers"	20	1.01	0.14	0.63	1.19	65.0	35.0	0.0	"gauchers"	20	0.99	0.14	0.70	1.25	55.0	45.0	0.0
h2Ixy gauche									h2Ixy droit								
ens pop	215	1.14	0.17	0.71	1.77	80.0	20.0	0.0	ens pop	220	1.15	0.19	0.66	2.03	79.5	20.5	0.0
"gauchers"	20	1.15	0.19	0.90	1.61	75.0	25.0	0.0	"gauchers"	20	1.17	0.17	0.93	1.54	85.0	15.0	0.0
h3Ixy gauche									h3Ixy droit								
ens pop	215	1.05	0.16	0.66	1.53	57.7	42.3	0.0	ens pop	219	1.06	0.16	0.71	1.85	62.1	37.9	0.0
"gauchers"	20	1.04	0.14	0.79	1.37	60.0	40.0	0.0	"gauchers"	20	1.11	0.13	0.87	1.37	80.0	20.0	0.0
h4Ixy gauche									h4Ixy droit								
ens pop	216	1.20	0.15	0.79	1.62	91.7	8.3	0.0	ens pop	220	1.15	0.14	0.83	1.64	88.2	11.8	0.0
"gauchers"	20	1.19	0.12	0.98	1.40	95.0	5.0	0.0	"gauchers"	20	1.18	0.14	0.94	1.47	90.0	10.0	0.0
h5Ixy gauche									h5Ixy droit								
ens pop	214	0.61	0.13	0.23	1.05	0.5	99.5	0.0	ens pop	217	0.59	0.11	0.22	1.09	0.5	99.5	0.0
"gauchers"	20	0.58	0.10	0.36	0.74	0.0	100.0	0.0	"gauchers"	20	0.59	0.11	0.44	0.87	0.0	100.0	0.0
h1Ixy asymétrie									h2Ixy asymétrie								
ens pop	213	0.89	8.91	-28.85	20.75	53.1	7.5	39.4	ens pop	214	0.98	10.26	-29.69	30.09	50.5	6.1	43.5
"gauchers"	20	-1.79	11.58	-28.85	20.21	55.0	5.0	40.0	"gauchers"	20	2.17	9.59	-20.08	18.62	50.0	15.0	35.0
h3Ixy asymétrie									h4Ixy asymétrie								
ens pop	213	0.70	10.96	-39.93	30.08	47.9	8.9	43.2	ens pop	215	-4.14	8.57	-27.82	19.12	27.0	7.4	65.6
"gauchers"	20	6.98	12.27	-13.55	27.71	70.0	0.0	30.0	"gauchers"	20	-1.54	6.57	-12.00	12.37	30.0	5.0	65.0
h5Ixy asymétrie																	
ens pop	212	-3.63	13.03	-47.39	50.42	33.5	7.1	59.4									
"gauchers"	20	1.54	12.64	-24.07	20.37	50.0	10.0	40.0									

Annexe 6.45. Rapport I_{max}/I_{min} (Imm) et I_x/I_y (Ixy) mesurés sur le radius (valeurs à gauche, à droite et asymétrie). Sous échantillon des "gauchers". Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%).

	n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >		n	moy	ds	min	max	d >	d ≈ g	g >
r1Imm gauche									r1Imm droit								
ens pop	206	1.24	0.16	1.02	2.12	100.0	0.0	0.0	ens pop	203	1.24	0.15	1.02	2.05	100.0	0.0	0.0
"gauchers"	16	1.31	0.25	1.06	2.12	100.0	0.0	0.0	"gauchers"	16	1.22	0.11	1.03	1.47	100.0	0.0	0.0
r2Imm gauche									r2Imm droit								
ens pop	206	2.06	0.37	1.17	3.34	100.0	0.0	0.0	ens pop	205	2.09	0.38	1.20	3.51	100.0	0.0	0.0
"gauchers"	16	2.16	0.32	1.55	2.55	100.0	0.0	0.0	"gauchers"	16	2.12	0.35	1.62	2.62	100.0	0.0	0.0
r3Imm gauche									r3Imm droit								
ens pop	204	1.63	0.25	1.04	2.93	100.0	0.0	0.0	ens pop	205	1.65	0.25	1.08	2.74	100.0	0.0	0.0
"gauchers"	16	1.60	0.26	1.18	2.05	100.0	0.0	0.0	"gauchers"	16	1.62	0.19	1.32	1.92	100.0	0.0	0.0
r4Imm gauche									r4Imm droit								
ens pop	200	2.00	0.29	1.41	3.08	100.0	0.0	0.0	ens pop	203	2.00	0.28	1.33	2.87	100.0	0.0	0.0
"gauchers"	16	2.11	0.33	1.69	2.71	100.0	0.0	0.0	"gauchers"	16	2.07	0.26	1.60	2.46	100.0	0.0	0.0
r1Imm asymétrie									r2Imm asymétrie								
ens pop	200	-0.25	12.76	-65.41	46.58	45.0	9.5	45.5	ens pop	202	1.42	13.87	-38.26	46.44	53.5	5.4	41.1
"gauchers"	16	-5.92	20.38	-65.41	12.41	31.3	18.8	50.0	"gauchers"	16	-1.81	12.45	-34.80	11.80	56.3	6.3	37.5
r3Imm asymétrie									r4Imm asymétrie								
ens pop	201	0.78	12.92	-35.93	44.89	44.3	7.5	48.3	ens pop	195	0.08	10.34	-26.83	23.08	50.3	8.2	41.5
"gauchers"	16	2.11	13.61	-16.31	44.89	37.5	12.5	50.0	"gauchers"	16	-1.52	10.48	-19.62	13.22	50.0	6.3	43.8
r1Ixy gauche									r1Ixy droit								
ens pop	168	0.96	0.16	0.51	1.59	38.7	61.3	0.0	ens pop	163	0.96	0.16	0.49	1.45	36.8	63.2	0.0
"gauchers"	14	0.98	0.27	0.51	1.59	35.7	64.3	0.0	"gauchers"	14	0.90	0.15	0.68	1.23	14.3	85.7	0.0
r2Ixy gauche									r2Ixy droit								
ens pop	167	0.53	0.11	0.30	0.88	0.0	100.0	0.0	ens pop	165	0.54	0.11	0.33	0.90	0.0	100.0	0.0
"gauchers"	14	0.53	0.10	0.39	0.69	0.0	100.0	0.0	"gauchers"	14	0.57	0.12	0.42	0.81	0.0	100.0	0.0
r3Ixy gauche									r3Ixy droit								
ens pop	165	0.65	0.11	0.45	1.06	1.2	98.8	0.0	ens pop	165	0.64	0.10	0.43	1.01	0.6	99.4	0.0
"gauchers"	14	0.69	0.12	0.50	0.97	0.0	100.0	0.0	"gauchers"	14	0.65	0.08	0.53	0.79	0.0	100.0	0.0
r4Ixy gauche									r4Ixy droit								
ens pop	162	0.52	0.08	0.37	0.74	0.0	100.0	0.0	ens pop	163	0.52	0.08	0.37	0.75	0.0	100.0	0.0
"gauchers"	14	0.51	0.07	0.39	0.60	0.0	100.0	0.0	"gauchers"	14	0.51	0.06	0.43	0.62	0.0	100.0	0.0
r1Ixy asymétrie									r2Ixy asymétrie								
ens pop	162	-1.07	16.76	-85.51	63.68	44.4	9.3	46.3	ens pop	163	0.99	15.19	-44.91	41.90	49.1	5.5	45.4
"gauchers"	14	-6.85	24.47	-48.71	63.68	21.4	7.1	71.4	"gauchers"	14	6.41	16.27	-12.77	38.20	42.9	14.3	42.9
r3Ixy asymétrie									r4Ixy asymétrie								
ens pop	162	-1.32	14.15	-56.00	42.86	43.2	8.0	48.8	ens pop	157	0.03	10.85	-23.41	31.15	43.9	6.4	49.7
"gauchers"	14	-5.06	16.76	-56.00	11.53	42.9	0.0	57.1	"gauchers"	14	1.99	10.95	-14.21	18.66	42.9	7.1	50.0

Annexe 6.46. Orientation de *I*max pour la population sans « gauchers » et par groupe d'activités. Sections de la clavicule : moyennes (°) et dénombrement des angles plus grands et plus petits que 90° par côté.

	n	moy	ds	min	max	> 90°		< 90°			n	moy	ds	min	max	> 90°		< 90°	
						n	%	n	%							n	%	n	%
c1th gauche										c1th droit									
pop t	163	31.41	30.2	-84.6	86.5	149	91.4	14	8.6	pop t	169	-31.38	33.7	-87.9	88.4	25	14.8	144	85.2
gr A	61	30.36	29.2	-84.6	85.4	56	91.8	5	8.2	gr A	60	-32.48	35.1	-85.7	88.1	9	15.0	51	85.0
gr SL	33	28.48	26.6	-72.2	57.9	30	90.9	3	9.1	gr SL	36	-22.91	37.1	-71.8	88.4	7	19.4	29	80.6
gr SI	20	33.00	31.3	-64.3	79.3	19	95.0	1	5.0	gr SI	22	-38.01	24.0	-86.2	1.3	2	9.1	20	90.9
gr NA	30	35.15	27.8	-38.7	86.5	28	93.3	2	6.7	gr NA	31	-40.07	25.5	-87.9	0.9	3	9.7	28	90.3
gr G	70	30.19	31.5	-84.6	85.4	64	91.4	6	8.6	gr G	69	-30.45	36.8	-85.7	88.1	11	15.9	58	84.1
gr S	53	30.19	28.2	-72.2	79.3	49	92.5	4	7.5	gr S	58	-28.64	33.4	-86.2	88.4	9	15.5	49	84.5
gr MA	50	34.29	29.0	-64.3	86.5	47	94.0	3	6.0	gr MA	53	-39.22	24.7	-87.9	1.3	5	9.4	48	90.6
c2th gauche										c1th droit									
pop t	169	26.03	24.6	-79.5	83.4	157	92.9	12	7.1	pop t	173	-26.11	26.3	-83.4	89.3	17	9.8	156	90.2
gr A	63	25.85	21.0	-42.6	83.4	59	93.7	4	6.3	gr A	62	-27.64	24.4	-76.2	67.1	7	11.3	55	88.7
gr SL	34	20.14	26.8	-79.5	49.8	30	88.2	4	11.8	gr SL	37	-23.73	28.1	-73.4	89.3	4	10.8	33	89.2
gr SI	22	33.30	24.2	-0.7	74.0	21	95.5	1	4.5	gr SI	24	-21.97	30.8	-77.7	88.7	2	8.3	22	91.7
gr NA	31	29.46	22.3	-27.3	74.3	30	96.8	1	3.2	gr NA	31	-33.08	21.0	-83.4	3.9	2	6.5	29	93.5
gr G	72	25.02	22.3	-55.5	83.4	67	93.1	5	6.9	gr G	71	-25.94	25.7	-76.2	67.1	8	11.3	63	88.7
gr S	56	25.31	26.4	-79.5	74.0	51	91.1	5	8.9	gr S	61	-23.03	28.9	-77.7	89.3	6	9.8	55	90.2
gr MA	53	31.05	23.0	-27.3	74.3	51	96.2	2	3.8	gr MA	55	-28.23	26.1	-83.4	88.7	4	7.3	51	92.7
c3th gauche										c1th droit									
pop t	168	15.93	20.3	-88.7	83.9	152	90.5	16	9.5	pop t	167	-15.78	16.3	-74.1	53.1	24	14.4	143	85.6
gr A	61	17.39	13.4	-15.1	56.0	57	93.4	4	6.6	gr A	60	-15.56	15.1	-51.2	14.4	12	20.0	48	80.0
gr SL	35	15.50	17.2	-12.5	83.9	30	85.7	5	14.3	gr SL	35	-16.48	15.8	-74.1	5.9	3	8.6	32	91.4
gr SI	22	16.06	27.3	-85.3	63.8	20	90.9	2	9.1	gr SI	24	-15.18	16.4	-63.7	11.6	4	16.7	20	83.3
gr NA	30	14.09	24.3	-88.0	55.2	26	86.7	4	13.3	gr NA	29	-19.05	15.2	-53.5	14.6	2	6.9	27	93.1
gr G	70	17.45	13.2	-15.1	56.0	66	94.3	4	5.7	gr G	68	-15.01	15.2	-51.2	14.4	14	20.6	54	79.4
gr S	57	15.72	21.4	-85.3	83.9	50	87.7	7	12.3	gr S	59	-15.95	16.0	-74.1	11.6	7	11.9	52	88.1
gr MA	52	14.93	25.4	-88.0	63.8	46	88.5	6	11.5	gr MA	53	-17.30	15.7	-63.7	14.6	6	11.3	47	88.7

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.47. Orientation de I_{max} pour la population sans « gauchers » et par groupe d'activités. Sections de l'humérus : moyennes (°) et dénombrement des angles plus grands et plus petits que 90° par côté.

	n	moy	ds	min	max	> 90°		< 90°			n	moy	ds	min	max	> 90°		< 90°	
						n	%	n	%							n	%	n	%
h1th gauche										h1th droit									
pop t	195	-20.74	46.0	-89.8	89.2	58	29.7	137	70.3	pop t	200	26.08	42.9	-89.1	89.0	155	77.5	45	22.5
gr A	68	-19.87	46.6	-88.6	86.9	22	32.4	46	67.6	gr A	69	23.69	44.5	-89.1	89.0	52	75.4	17	24.6
gr SL	43	-24.77	47.2	-88.8	87.6	9	20.9	34	79.1	gr SL	44	26.68	39.5	-83.1	85.0	35	79.5	9	20.5
gr SI	26	-18.20	51.8	-88.3	89.2	9	34.6	17	65.4	gr SI	27	37.16	35.4	-55.9	87.8	24	88.9	3	11.1
gr NA	34	-22.14	42.4	-89.8	86.2	9	26.5	25	73.5	gr NA	35	32.57	42.5	-86.1	84.4	26	74.3	9	25.7
gr G	78	-16.97	46.5	-88.6	88.6	27	34.6	51	65.4	gr G	80	22.57	43.7	-89.1	89.0	61	76.3	19	23.8
gr S	69	-22.29	48.7	-88.8	89.2	18	26.1	51	73.9	gr S	71	30.66	38.1	-83.1	87.8	59	83.1	12	16.9
gr MA	60	-20.43	46.3	-89.8	89.2	18	30.0	42	70.0	gr MA	62	34.57	39.3	-86.1	87.8	50	80.6	12	19.4
h2th gauche										h2th droit									
pop t	197	-40.29	50.2	-89.1	89.9	31	15.7	166	84.3	pop t	201	37.38	52.5	-89.3	88.5	169	84.1	32	15.9
gr A	71	-40.39	50.5	-88.1	87.6	11	15.5	60	84.5	gr A	70	29.84	57.1	-87.2	88.4	55	78.6	15	21.4
gr SL	43	-43.07	51.7	-85.7	88.7	7	16.3	36	83.7	gr SL	43	43.21	52.7	-87.3	88.3	37	86.0	6	14.0
gr SI	26	-42.00	45.3	-88.4	89.9	4	15.4	22	84.6	gr SI	27	43.06	43.1	-89.3	86.8	25	92.6	2	7.4
gr NA	34	-31.38	55.1	-85.8	88.0	7	20.6	27	79.4	gr NA	36	41.38	51.0	-86.9	88.5	31	86.1	5	13.9
gr G	81	-42.64	48.5	-89.1	87.6	11	13.6	70	86.4	gr G	81	28.58	57.1	-87.2	88.4	63	77.8	18	22.2
gr S	69	-42.67	49.0	-88.4	89.9	11	15.9	58	84.1	gr S	70	43.15	48.9	-89.3	88.3	62	88.6	8	11.4
gr MA	60	-35.98	50.9	-88.4	89.9	11	18.3	49	81.7	gr MA	63	42.10	47.4	-89.3	88.5	56	88.9	7	11.1
h3th gauche										h3th droit									
pop t	197	-46.36	18.7	-87.0	85.8	2	1.0	195	99.0	pop t	200	47.01	14.5	-80.6	80.4	199	99.5	1	0.5
gr A	69	-47.44	11.7	-70.2	-17.8	0	0.0	69	100.0	gr A	70	47.54	10.0	22.8	66.2	70	100.0	0	0.0
gr SL	43	-49.81	15.1	-87.0	-9.3	0	0.0	43	100.0	gr SL	42	48.16	9.4	30.5	70.1	42	100.0	0	0.0
gr SI	26	-50.49	13.6	-67.7	-26.1	0	0.0	26	100.0	gr SI	27	49.42	12.2	19.3	69.9	27	100.0	0	0.0
gr NA	35	-37.92	33.3	-77.6	85.8	2	5.7	33	94.3	gr NA	36	43.43	25.4	-80.6	80.4	35	97.2	1	2.8
gr G	79	-47.51	11.4	-70.7	-17.8	0	0.0	79	100.0	gr G	81	47.30	10.4	22.8	66.2	81	100.0	0	0.0
gr S	69	-50.07	14.5	-87.0	-9.3	0	0.0	69	100.0	gr S	69	48.65	10.5	19.3	70.1	69	100.0	0	0.0
gr MA	61	-43.28	27.3	-77.6	85.8	2	3.3	59	96.7	gr MA	63	46.00	20.8	-80.6	80.4	62	98.4	1	1.6
h4th gauche										h4th droit									
pop t	198	50.38	44.6	-90.0	90.0	178	89.9	20	10.1	pop t	202	-49.84	41.0	-89.3	89.5	18	8.9	184	91.1
gr A	70	50.49	46.9	-90.0	89.4	63	90.0	7	10.0	gr A	70	-47.95	44.8	-88.9	89.5	7	10.0	63	90.0
gr SL	42	45.84	49.0	-89.0	90.0	37	88.1	5	11.9	gr SL	44	-55.11	30.7	-89.0	74.3	2	4.5	42	95.5
gr SI	26	60.75	24.7	-46.3	81.5	25	96.2	1	3.8	gr SI	27	-53.14	33.3	-84.6	64.8	2	7.4	25	92.6
gr NA	35	42.35	53.4	-84.6	87.9	29	82.9	6	17.1	gr NA	36	-38.33	57.2	-89.3	88.9	7	19.4	29	80.6
gr G	81	51.51	44.1	-90.0	89.4	74	91.4	7	8.6	gr G	81	-48.66	42.1	-88.9	89.5	7	8.6	74	91.4
gr S	68	51.54	41.8	-89.0	90.0	62	91.2	6	8.8	gr S	71	-54.36	31.5	-89.0	74.3	4	5.6	67	94.4
gr MA	61	50.19	44.2	-84.6	87.9	54	88.5	7	11.5	gr MA	63	-44.68	48.6	-89.3	88.9	9	14.3	54	85.7
h5th gauche										h5th droit									
pop t	196	23.26	7.5	-3.5	47.6	195	99.5	1	0.5	pop t	199	-21.05	7.3	-50.4	1.8	1	0.5	198	99.5
gr A	68	23.69	7.2	8.8	39.4	68	100.0	0	0.0	gr A	67	-21.43	7.2	-38.7	-2.4	0	0.0	67	100.0
gr SL	42	21.39	8.9	-3.5	38.5	41	97.6	1	2.4	gr SL	44	-20.30	7.4	-37.8	1.8	1	2.3	43	97.7
gr SI	26	23.41	6.4	10.6	34.8	26	100.0	0	0.0	gr SI	27	-20.46	7.5	-35.4	-3.9	0	0.0	27	100.0
gr NA	35	25.54	7.0	16.0	47.6	35	100.0	0	0.0	gr NA	36	-22.62	7.5	-50.4	-11.3	0	0.0	36	100.0
gr G	79	23.41	7.1	8.8	39.4	79	100.0	0	0.0	gr G	78	-21.10	7.1	-38.7	-2.4	0	0.0	78	100.0
gr S	68	22.16	8.1	-3.5	38.5	67	98.5	1	1.5	gr S	71	-20.36	7.4	-37.8	1.8	1	1.4	70	98.6
gr MA	61	24.63	6.8	10.6	47.6	61	100.0	0	0.0	gr MA	63	-21.69	7.5	-50.4	-3.9	0	0.0	63	100.0

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

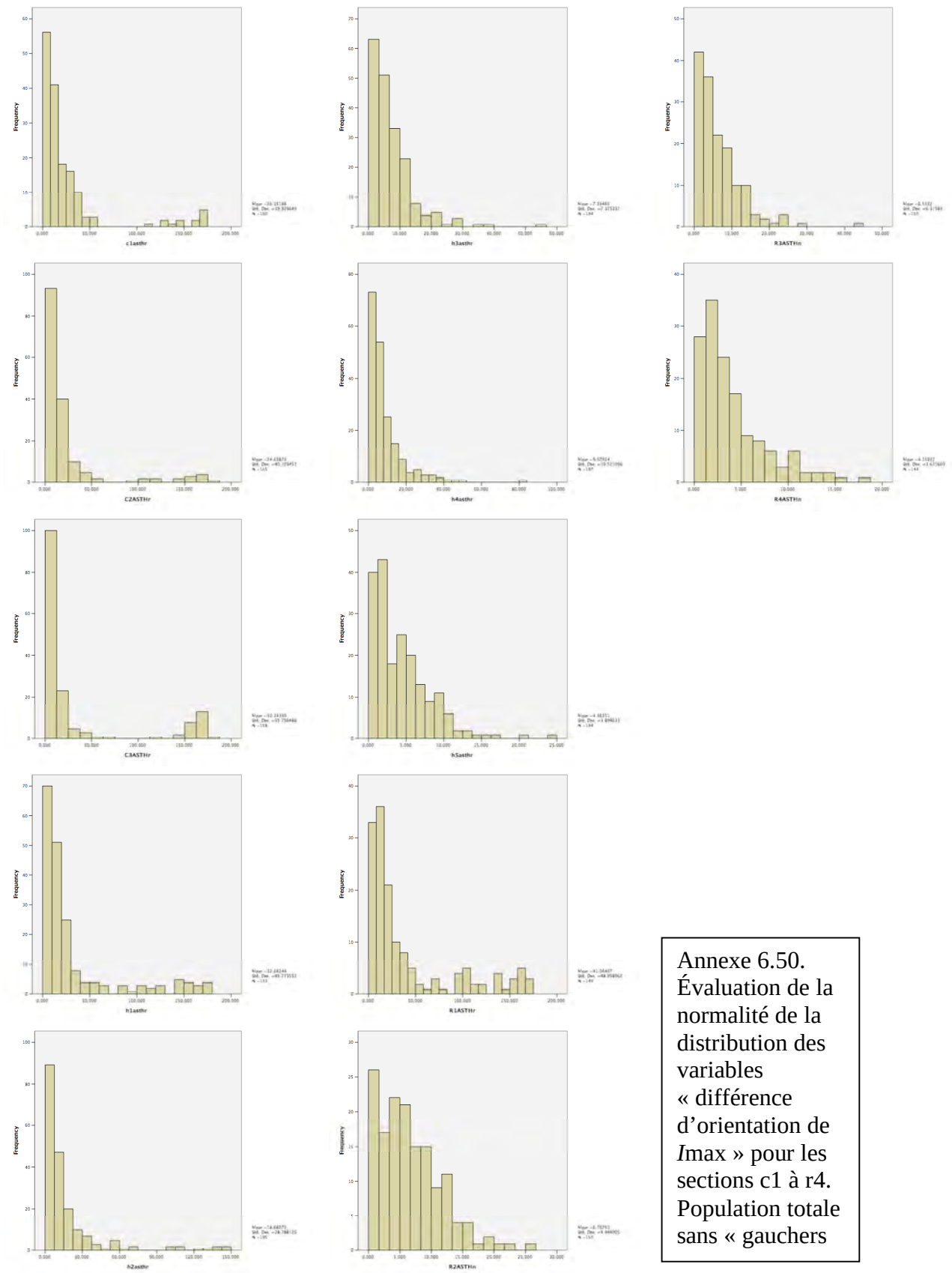
Annexe 6.48. Orientation de I_{max} pour la population sans « gauchers » et par groupe d'activités. Sections du radius: moyennes (°) et dénombrement des angles plus grands et plus petits que 90° par côté.

	n	moy	ds	min	max	> 90°		< 90°			n	moy	ds	min	max	> 90°		< 90°	
						n	%	n	%							n	%	n	%
r1th gauche										r1th droit									
pop t	191	-1.43	44.4	-89.9	85.4	96	50.3	95	49.7	pop t	189	-3.42	46.3	-86.8	89.2	95	50.3	94	49.7
gr A	71	-3.19	49.8	-89.9	84.0	35	49.3	36	50.7	gr A	69	-1.59	49.2	-86.8	87.3	34	49.3	35	50.7
gr SL	41	9.58	42.2	-74.2	81.9	26	63.4	15	36.6	gr SL	39	-6.72	42.7	-79.4	89.2	16	41.0	23	59.0
gr SI	25	-4.91	38.5	-75.2	69.9	9	36.0	16	64.0	gr SI	25	-5.26	44.6	-81.7	76.8	14	56.0	11	44.0
gr NA	31	-1.09	38.6	-88.7	85.4	16	51.6	15	48.4	gr NA	32	0.56	41.0	-82.1	70.2	19	59.4	13	40.6
gr G	82	-2.81	49.8	-89.9	84.0	42	51.2	40	48.8	gr G	81	-5.57	49.5	-86.8	87.3	37	45.7	44	54.3
gr S	66	4.09	41.2	-75.2	81.9	35	53.0	31	47.0	gr S	64	-6.15	43.1	-81.7	89.2	30	46.9	34	53.1
gr MA	56	-2.79	38.3	-88.7	85.4	25	44.6	31	55.4	gr MA	57	-1.99	42.4	-82.1	76.8	33	57.9	24	42.1
r2th gauche										r2th droit									
pop t	190	-5.12	10.1	-37.5	23.5	64	33.7	126	66.3	pop t	191	9.26	9.7	-15.7	35.6	156	81.7	35	18.3
gr A	71	-6.06	11.6	-35.6	23.5	23	32.4	48	67.6	gr A	71	9.50	10.2	-15.7	29.2	56	78.9	15	21.1
gr SL	41	-4.82	8.3	-21.7	12.5	14	34.1	27	65.9	gr SL	40	9.54	10.0	-12.0	28.4	34	85.0	6	15.0
gr SI	24	-5.12	7.5	-19.0	12.1	6	25.0	18	75.0	gr SI	25	8.04	9.5	-9.5	24.7	19	76.0	6	24.0
gr NA	31	-2.81	7.7	-23.2	9.3	11	35.5	20	64.5	gr NA	32	7.97	8.8	-7.3	35.6	27	84.4	5	15.6
gr G	82	-5.25	11.8	-35.6	23.5	30	36.6	52	63.4	gr G	82	9.27	9.9	-15.7	29.2	65	79.3	17	20.7
gr S	65	-4.93	8.0	-21.7	12.5	20	30.8	45	69.2	gr S	65	8.96	9.8	-12.0	28.4	53	81.5	12	18.5
gr MA	55	-3.82	7.6	-23.2	12.1	17	30.9	38	69.1	gr MA	57	8.00	9.1	-9.5	35.6	46	80.7	11	19.3
r3th gauche										r3th droit									
pop t	189	3.74	13.8	-76.0	49.5	126	66.7	62	32.8	pop t	192	-3.46	11.5	-44.6	47.0	60	31.3	132	68.8
gr A	71	3.96	15.5	-76.0	49.5	47	66.2	23	32.4	gr A	71	-2.63	11.8	-35.2	47.0	24	33.8	47	66.2
gr SL	41	5.43	10.5	-22.6	33.1	29	70.7	12	29.3	gr SL	40	-4.06	10.2	-26.4	28.1	14	35.0	26	65.0
gr SI	23	1.32	9.9	-16.0	23.3	11	47.8	12	52.2	gr SI	25	-2.77	10.2	-17.8	21.2	8	32.0	17	68.0
gr NA	31	4.21	10.9	-35.0	23.0	23	74.2	8	25.8	gr NA	32	-4.24	12.0	-32.9	43.3	7	21.9	25	78.1
gr G	82	3.74	17.2	-76.0	49.5	56	68.3	25	30.5	gr G	83	-3.24	11.5	-35.2	47.0	26	31.3	57	68.7
gr S	64	3.95	10.4	-22.6	33.1	40	62.5	24	37.5	gr S	65	-3.57	10.2	-26.4	28.1	22	33.8	43	66.2
gr MA	54	2.98	10.5	-35.0	23.3	34	63.0	20	37.0	gr MA	57	-3.60	11.2	-32.9	43.3	15	26.3	42	73.7
r4th gauche										r4th droit									
pop t	185	-2.30	6.9	-24.0	18.9	62	33.5	123	66.5	pop t	189	3.34	6.8	-20.0	25.4	131	69.3	58	30.7
gr A	68	-2.03	6.4	-18.8	18.0	22	32.4	46	67.6	gr A	69	1.61	6.8	-20.0	19.6	41	59.4	28	40.6
gr SL	41	-2.57	6.2	-17.0	14.0	11	26.8	30	73.2	gr SL	40	4.84	5.4	-2.8	18.0	33	82.5	7	17.5
gr SI	23	-3.21	7.5	-19.8	16.2	6	26.1	17	73.9	gr SI	25	4.72	7.5	-7.4	21.2	17	68.0	8	32.0
gr NA	31	-1.55	7.9	-24.0	13.1	15	48.4	16	51.6	gr NA	32	3.29	6.8	-6.7	25.4	22	68.8	10	31.3
gr G	79	-1.85	6.8	-18.8	18.9	27	34.2	52	65.8	gr G	80	1.62	6.7	-20.0	19.6	48	60.0	32	40.0
gr S	64	-2.80	6.6	-19.8	16.2	17	26.6	47	73.4	gr S	65	4.79	6.3	-7.4	21.2	50	76.9	15	23.1
gr MA	54	-2.26	7.7	-24.0	16.2	21	38.9	33	61.1	gr MA	57	3.92	7.1	-7.4	25.4	39	68.4	18	31.6

abréviations : A = agriculteurs ; SL = spécialistes lourds ; SI = spécialistes légers ; NA = non actifs. Groupes fusionnés : G = généralistes ; S = spécialistes ; MA = modérément actifs. d > : nb d'asymétrie positive plus grande que 1 ; g > : nb d'asymétrie plus petite que -1 ; d ≈ g : asymétrie comprise dans l'intervalle -1 et +1. En gris: effectifs inférieurs à 30 individus.

Annexe 6.49. Orientation de *I*max (valeur de θ) avec l'âge par côté (classes de 25 ans).

	âge	n	moy	ds	es	min	max		âge	n	moy	ds	es	min	max
c1gth	20-45	48	34.68	31.93	4.61	-69.76	83.84	c1dth	20-45	51	-35.11	29.77	4.17	-86.24	52.09
	46-70	76	30.75	30.39	3.49	-84.60	86.49		46-70	79	-31.19	35.91	4.04	-87.90	88.38
	71-93	39	28.68	28.17	4.51	-64.25	85.36		71-93	39	-26.89	34.21	5.48	-74.24	88.05
	Total	163	31.41	30.25	2.37	-84.60	86.49		Total	169	-31.38	33.71	2.59	-87.90	88.38
c2gth	20-45	48	27.23	28.56	4.12	-55.50	74.30	c2dth	20-45	51	-29.1	24.79	3.47	-77.67	60.30
	46-70	81	24.93	25.00	2.78	-79.50	83.40		46-70	81	-24.69	30.20	3.36	-83.38	89.27
	71-93	40	26.80	18.15	2.87	-13.80	70.60		71-93	41	-25.21	19.37	3.03	-65.40	11.67
	Total	169	26.03	24.56	1.89	-79.50	83.40		Total	173	-26.11	26.34	2.00	-83.38	89.27
c3gth	20-45	49	20.02	16.35	2.34	-11.60	63.79	c3dth	20-45	50	-16.99	15.22	2.15	-63.71	10.93
	46-70	77	13.62	25.12	2.86	-88.66	83.91		46-70	78	-16.15	18.83	2.13	-74.13	53.06
	71-93	42	15.39	12.71	1.96	-12.52	49.46		71-93	39	-13.49	11.59	1.86	-36.15	4.61
	Total	168	15.93	20.27	1.56	-88.66	83.91		Total	167	-15.78	16.29	1.26	-74.13	53.06
h1gth	20-45	56	-19.88	46.81	6.25	-89.83	88.61	h1dth	20-45	58	21.11	46.54	6.11	-87.82	89.03
	46-70	86	-13.28	48.01	5.18	-88.72	89.16		46-70	90	23.59	42.71	4.50	-88.61	87.78
	71-93	53	-33.76	39.32	5.40	-88.64	87.64		71-93	52	35.95	37.74	5.23	-89.10	85.04
	Total	195	-20.74	46.00	3.29	-89.83	89.16		Total	200	26.08	42.86	3.03	-89.10	89.03
h2gth	20-45	58	-40.02	54.81	7.20	-85.79	89.25	h2dth	20-45	58	38.50	52.25	6.86	-87.23	87.62
	46-70	86	-42.25	44.86	4.84	-89.13	89.93		46-70	90	36.55	51.41	5.42	-89.27	88.50
	71-93	53	-37.40	53.93	7.41	-86.94	88.71		71-93	53	37.56	55.59	7.64	-85.89	88.42
	Total	197	-40.29	50.22	3.58	-89.13	89.93		Total	201	37.38	52.52	3.70	-89.27	88.50
h3gth	20-45	58	-46.12	22.55	2.96	-83.21	85.77	h3dth	20-45	57	50.66	10.68	1.41	23.53	80.37
	46-70	86	-46.90	13.56	1.46	-70.65	-3.96		46-70	90	45.85	11.87	1.25	15.78	70.07
	71-93	53	-45.74	21.37	2.93	-87.01	79.30		71-93	53	45.06	20.58	2.83	-80.56	72.98
	Total	197	-46.36	18.68	1.33	-87.01	85.77		Total	200	47.01	14.53	1.03	-80.56	80.37
h4gth	20-45	59	44.00	51.12	6.65	-89.00	89.99	h4dth	20-45	59	-45.78	45.43	5.91	-89.34	89.35
	46-70	87	49.54	46.08	4.94	-89.33	89.42		46-70	90	-48.65	43.46	4.58	-88.88	89.49
	71-93	52	59.03	31.84	4.42	-89.96	86.13		71-93	53	-56.40	29.82	4.10	-88.17	85.64
	Total	198	50.38	44.62	3.17	-89.96	89.99		Total	202	-49.84	40.97	2.88	-89.34	89.49
h5gth	20-45	59	23.01	7.66	1.00	6.38	39.40	h5dth	20-45	59	-20.34	7.53	0.98	-38.72	-2.36
	46-70	86	24.12	6.82	0.74	9.33	47.62		46-70	90	-21.64	6.99	0.74	-50.37	-3.90
	71-93	51	22.09	8.25	1.16	-3.52	35.16		71-93	50	-20.82	7.62	1.08	-36.70	1.82
	Total	196	23.26	7.48	0.53	-3.52	47.62		Total	199	-21.05	7.30	0.52	-50.37	1.82
r1gth	20-45	57	-0.57	41.41	5.48	-81.53	72.96	r1dth	20-45	55	0.33	45.82	6.18	-82.67	79.39
	46-70	82	-9.79	45.21	4.99	-88.71	85.38		46-70	83	2.14	47.07	5.17	-82.08	89.16
	71-93	52	10.81	44.33	6.15	-89.92	84.04		71-93	51	-16.53	43.80	6.13	-86.77	80.77
	Total	191	-1.43	44.45	3.22	-89.92	85.38		Total	189	-3.42	46.30	3.37	-86.77	89.16
r2gth	20-45	57	-6.16	11.63	1.54	-37.48	23.52	r2dth	20-45	55	9.88	9.94	1.34	-15.73	28.43
	46-70	81	-3.66	9.27	1.03	-23.92	13.49		46-70	84	8.76	9.62	1.05	-12.04	35.58
	71-93	52	-6.24	9.38	1.30	-35.55	8.03		71-93	52	9.43	9.52	1.32	-9.52	29.24
	Total	190	-5.12	10.09	0.73	-37.48	23.52		Total	191	9.26	9.65	0.70	-15.73	35.58
r3gth	20-45	57	2.73	15.68	2.08	-76.00	33.10	r3dth	20-45	56	-2.34	13.18	1.76	-32.90	47.00
	46-70	80	1.72	13.03	1.46	-75.00	23.90		46-70	84	-2.14	11.10	1.21	-26.40	43.30
	71-93	52	7.95	12.09	1.68	-28.00	49.50		71-93	52	-6.78	9.79	1.36	-44.60	11.80
	Total	189	3.74	13.83	1.01	-76.00	49.50		Total	192	-3.46	11.54	0.83	-44.60	47.00
r4gth	20-45	57	-2.91	6.79	0.90	-17.62	14.03	r4dth	20-45	55	3.84	7.14	0.96	-20.02	21.17
	46-70	80	-2.64	6.59	0.74	-23.96	18.93		46-70	84	2.67	6.60	0.72	-12.54	25.43
	71-93	48	-1.01	7.60	1.10	-19.82	17.97		71-93	50	3.90	6.67	0.94	-10.21	19.89
	Total	185	-2.30	6.93	0.51	-23.96	18.93		Total	189	3.34	6.77	0.49	-20.02	25.43



Annexe 6.50.
Évaluation de la normalité de la distribution des variables « différence d'orientation de I_{max} » pour les sections c1 à r4. Population totale sans « gauchers

Annexe 6.51. Différence d'orientation de $I_{\max}$ (diff-g-d °) entre les côtés en relation avec l'âge (classes d'âge de 25 ans). Population sans "gauchers".

	âge	n	moy	ds	es	min	max
c1th - diff d-g	20-45	48	15.79	23.56	3.40	0.30	161.70
	46-70	75	25.56	38.19	4.41	0.30	174.90
	71-95	37	41.66	54.11	8.90	0.70	172.50
	Total	160	26.35	39.93	3.16	0.30	174.90
c2th - diff d-g	20-45	48	18.80	34.82	5.03	0.36	175.73
	46-70	79	26.79	40.42	4.55	0.74	171.46
	71-95	38	27.54	45.62	7.40	0.30	173.33
	Total	165	24.64	40.10	3.12	0.30	175.73
c3th - diff d-g	20-45	48	31.56	55.44	8.00	0.03	169.29
	46-70	73	36.20	57.01	6.67	0.20	166.62
	71-95	37	30.03	54.88	9.02	0.06	176.97
	Total	158	33.34	55.76	4.44	0.03	176.97
h1th - diff d-g	20-45	56	30.93	45.07	6.02	0.52	175.17
	46-70	86	33.76	46.20	4.98	0.06	171.92
	71-95	51	32.80	46.66	6.53	0.63	170.49
	Total	193	32.68	45.77	3.29	0.06	175.17
h2th - diff d-g	20-45	57	16.07	27.60	3.66	0.19	142.26
	46-70	86	19.52	29.60	3.19	0.49	149.72
	71-95	52	20.07	29.06	4.03	0.34	127.32
	Total	195	18.66	28.79	2.06	0.19	149.72
h3th - diff d-g	20-45	56	7.03	7.39	0.99	0.19	39.37
	46-70	86	7.55	6.59	0.71	0.03	28.35
	71-95	52	7.15	8.62	1.20	0.03	56.48
	Total	194	7.29	7.38	0.53	0.03	56.48
h4th - diff d-g	20-45	59	9.80	12.67	1.65	0.20	81.60
	46-70	87	8.57	10.17	1.09	0.10	50.90
	71-95	51	9.10	8.30	1.16	0.30	40.70
	Total	197	9.08	10.52	0.75	0.10	81.60
h5th - diff d-g	20-45	59	4.69	4.59	0.60	0.29	24.33
	46-70	86	4.26	3.53	0.38	0.01	17.43
	71-95	49	4.15	3.64	0.52	0.31	15.19
	Total	194	4.36	3.89	0.28	0.01	24.33
r1th diff d-g	20-45	40	31.07	45.11	7.13	1.41	171.75
	46-70	65	42.92	48.08	5.96	0.53	170.32
	71-95	44	47.41	53.15	8.01	0.38	170.63
	Total	149	41.07	48.96	4.01	0.38	171.75
r2th diff d-g	20-45	40	54.81	76.33	12.07	0.31	176.59
	46-70	65	36.37	64.01	7.94	0.28	176.24
	71-95	45	49.63	74.63	11.13	0.31	178.63
	Total	150	45.27	70.67	5.77	0.28	178.63
r3th diff d-g	20-45	41	46.29	72.03	11.25	0.10	176.60
	46-70	64	51.09	75.57	9.45	0.10	178.90
	71-95	45	49.53	73.14	10.90	0.10	178.50
	Total	150	49.31	73.43	6.00	0.10	178.90
r4th diff d-g	20-45	40	37.25	69.33	10.96	0.18	179.61
	46-70	64	49.02	76.11	9.51	0.21	178.42
	71-95	40	28.88	60.73	9.60	0.25	178.32
	Total	144	40.16	70.30	5.86	0.18	179.61

Annexe 6.52. Orientation de *I*_{max} pour la population sans "gauchers" et par groupe d'activités. Différence moyenne entre côté (diff g-d °).

	n	moy	ds	min	max		n	moy	ds	min	max
c1th diff g-d						c2th diff g-d					
pop t	160	26.35	39.9	0.3	174.9	pop t	165	24.64	40.1	0.3	175.7
gr A	58	28.36	44.4	0.3	174.9	gr A	61	31.30	49.0	0.5	173.3
gr SL	33	34.92	48.9	0.3	172.0	gr SL	33	20.15	32.9	0.3	152.3
gr SI	20	20.63	37.5	1.5	172.5	gr SI	22	12.56	11.2	1.0	41.0
gr NA	30	22.63	32.4	1.2	173.5	gr NA	31	28.15	45.6	0.4	175.7
gr G	67	26.78	41.6	0.3	174.9	gr G	70	28.40	46.4	0.5	173.3
gr S	53	29.53	45.1	0.3	172.5	gr S	55	17.11	26.5	0.3	152.3
gr MA	50	21.83	34.2	1.2	173.5	gr MA	53	21.68	36.2	0.4	175.7
c3th diff g-d						h2th diff g-d					
pop t	158	33.34	55.8	0.0	177.0	pop t	195	18.66	28.8	0.2	149.7
gr A	57	32.37	57.0	0.1	171.2	gr A	70	20.22	31.7	0.4	142.3
gr SL	33	35.94	60.2	0.9	169.3	gr SL	42	15.48	20.9	0.2	103.1
gr SI	21	39.91	62.6	0.1	177.0	gr SI	26	20.28	38.4	0.2	149.7
gr NA	28	26.47	45.9	0.0	164.4	gr NA	34	19.80	24.2	1.3	100.8
gr G	65	34.30	58.6	0.1	171.2	gr G	80	20.37	32.4	0.4	142.3
gr S	54	37.48	60.6	0.1	177.0	gr S	68	17.32	28.7	0.2	149.7
gr MA	49	32.23	53.5	0.0	177.0	gr MA	60	20.00	30.9	0.2	149.7
h1th diff g-d						h4th diff g-d					
pop t	193	32.68	45.8	0.1	175.2	pop t	197	9.08	10.5	0.1	81.6
gr A	67	30.62	44.2	0.8	170.5	gr A	69	10.01	12.9	0.1	81.6
gr SL	43	34.47	46.2	0.2	175.2	gr SL	42	9.07	9.0	0.2	40.7
gr SI	26	32.57	43.4	1.1	162.7	gr SI	26	8.32	8.6	0.2	40.0
gr NA	33	23.05	32.4	0.1	160.8	gr NA	35	8.05	10.3	0.2	50.9
gr G	77	32.18	47.4	0.8	171.9	gr G	80	9.57	12.2	0.1	81.6
gr S	69	33.75	44.8	0.2	175.2	gr S	68	8.79	8.8	0.2	40.7
gr MA	59	27.24	37.6	0.1	162.7	gr MA	61	8.17	9.5	0.2	50.9
h3th diff g-d						r2th diff g-d					
pop t	194	7.29	7.4	0.0	56.5	pop t	150	6.71	4.9	0.3	25.8
gr A	68	6.21	4.7	0.0	27.4	gr A	61	6.89	5.0	0.3	25.8
gr SL	41	9.59	11.9	0.0	56.5	gr SL	31	6.49	4.9	0.3	16.4
gr SI	26	6.30	5.2	0.1	18.9	gr SI	16	5.32	3.8	0.7	15.6
gr NA	35	7.71	6.6	0.4	28.2	gr NA	26	6.62	4.9	0.7	22.1
gr G	78	6.41	5.0	0.0	27.4	gr G	67	7.06	5.1	0.3	25.8
gr S	67	8.32	10.0	0.0	56.5	gr S	47	6.10	4.6	0.3	16.4
gr MA	61	7.11	6.1	0.1	28.2	gr MA	42	6.12	4.5	0.7	22.1
h5th diff g-d						r4th diff g-d					
pop t	194	4.36	3.9	0.0	24.3	pop t	144	4.10	3.7	0.2	18.5
gr A	66	4.65	3.5	0.1	13.9	gr A	57	3.89	3.2	0.3	13.5
gr SL	42	5.03	5.3	0.2	24.3	gr SL	31	4.37	4.6	0.2	18.5
gr SI	26	4.58	4.0	0.0	17.4	gr SI	15	5.05	3.5	0.6	12.0
gr NA	35	3.77	2.9	0.3	10.7	gr NA	26	4.26	4.1	0.9	15.8
gr G	77	4.48	3.5	0.1	13.9	gr G	63	3.89	3.2	0.2	13.5
gr S	68	4.86	4.8	0.0	24.3	gr S	46	4.59	4.3	0.2	18.5
gr MA	61	4.11	3.4	0.0	17.4	gr MA	41	4.55	3.9	0.6	15.8
r1th diff g-d						r3th diff g-d					
pop t	149	41.06	49.0	0.4	171.8	pop t	150	6.50	6.3	0.1	42.7
gr A	59	44.03	50.5	0.4	170.6	gr A	61	6.93	7.6	0.1	42.7
gr SL	30	43.81	45.0	1.5	162.8	gr SL	31	6.46	4.6	0.1	15.7
gr SI	17	25.32	32.2	2.5	110.9	gr SI	15	8.37	6.8	0.3	23.8
gr NA	26	52.48	62.9	0.5	171.8	gr NA	26	5.05	3.5	0.6	13.3
gr G	66	41.17	48.6	0.4	170.6	gr G	68	6.72	7.5	0.1	42.7
gr S	47	37.12	41.4	1.5	162.8	gr S	46	7.08	5.4	0.1	23.8
gr MA	43	41.74	54.2	0.5	171.8	gr MA	41	6.26	5.2	0.3	23.8

abréviations: A = agriculteurs, SL = spécialistes "lourds", SI = spécialistes "légers", NA = non actifs, G = généralistes, S = spécialistes, MA = modérément actifs.

ANNEXES au chapitre 7

Annexe 7.1. Estimation globale des différences de caractéristiques de l'asymétrie entre groupes d'activité par le dénombrement de tests statistiques significatifs lors de la comparaison des groupes d'activité pris 2 à 2. Sur un total de 215 variables examinées 67 participant à décrire l'adaptation de la morphologie osseuse au seuil $\alpha = 0.05$.

		agricult./généralistes vs spécialistes				actifs vs non et modérément actifs					
		A-SL	G-SL	A-S	G-S	A-NA	A-MA	G-NA	SL-NA	SL-MA	GSL-MA
long c4	c4as			0.044 ▲	0.023 ▲**	0.002 ▲**	0.001 ▲**	0.001 ▲**			0.000 ▲**
	c1aslx		0.035 rb								
	c1asJMM	0.048									
c1	c1asT	0.042		0.03 rb							
	c1dth								0.034	0.034	0.023
	c2aslx					0.042 rb		0.046 rb			
	c2asPC	0.014	0.01								0.034 rb
c2	c2asT	0.042		0.031							
	c2dlmm					0.047		0.016			
	c2glmm					0.029		0.01			
	c2gth									0.046	
	c3asMI					0.007 rb	0.015 rb				0.030 rb
c3	c3asT					0.001 rb ▲	0.038 ▲**	0.001 ▲	0.048 rb		0.000 rb
	c3dlmm								0.016	0.032	
	c3glmm					0.037		0.033	0.017		
long h6	h6as					0.047					
h9	h9as			0.02 rb	0.009 rb		0.020 ▲				0.031
	h1asCA									0.042 rb	
h1	h1asPC	0.014 rb								0.002 rb	0.044 rb
	h1asT								0.040 rb		
	h2asCA					0.023 rb		0.012 ▲	0.009 ▲		0.049 rb
	h2aslx					0.030 rb			0.016 ▲	0.015	0.021
h2	h2aslx								0.026	0.031	0.034
	h2asMI					0.026 rb					0.021 rb
	h2asPC	0.041 rb		0.018 rb	0.039 rb			0.004 ▲	0.006 ▲		
	h2glxy									0.031	
	h3asCA								0.004 ▲		0.010 ▲
h3	h3aslmm					0.012 ▲	0.05 ▲	0.013 ▲			0.037 rb
	h3asMA										0.048
	h3asPC								0.006 ▲		0.026 ▲
	h3glmm					0.015		0.019			
	h3gth								0.04		
h4	h4asCA					0.032			0.035 rb		
	h4aslx								0.027 rb	0.03 rb	
	h4asly										0.043 rb
	h5aslmm		0.032 rb							0.046	
	h5asJMM										
h5	h5dlmm					0.044	0.012	0.034			0.012
	h5dlxy						0.04				0.022
	h5glmm							0.024			
	h5glxy							0.038			
	h5gth								0.028	0.039	
h7	h7as	0.033	0.016 ▲	0.006 ▲	0.002 ▲	0.021 rb	0.009 ▲	0.044 ▲**			0.023 rb
r12	r12as						0.043				
	r1asCA					0.044					
r1	r1aslx								0.043	0.024 ▲	
	r1glxy						0.009				0.005
	r2asCA								0.007 rb		
	r2aslmm					0.035		0.038	0.002 ▲	0.047 ▲	
	r2aslx					0.016 rb			0.000 rb	0.003 rb	0.008 rb
r2	r2aslx					0.011 ▲		0.042 ▲	0.001 ▲	0.007	0.028
	r2asMI								0.013 ▲	0.039	
	r2asPC										0.046
	r2asT						0.043 rb				
	r2glmm									0.021	0.013
	r2glxy						0.024			0.04	0.012
	r2gth										
	r4asCA									0.050 ▲	0.037 rb
	r4asPC									0.019 rb	
r4	r4diff-th								0.038	0.013	
	r4dlmm						0.015			0.046	0.01
	r4dth	0.012		0.006	0.004						
	r4glmm					0.032					0.014
	r98as	0.005	0.019	0.004	0.017						
r8 et 9	r8as	0.042 rb							0.025 rb	0.044 rb	
	r9as	0.042		0.027		0.04 rb					

rb = test sur la répartition bilatérale de l'asymétrie. ▲ test significatif sur les moyennes et la répartition bilatérale, ** p < 0.01. r98as = asymétrie du rapport de r9/r8.

Annexe 7.2. Estimation globale des différences de caractéristiques de l'asymétrie entre groupes d'activité par le dénombrement de tests statistiques significatifs lors de la comparaison des groupes d'activité pris 2 à 2. Sur un total de 215 variables examinées 17 participent à décrire l'adaptation de la morphologie osseuse au seuil $\alpha = 0.01$.

		agricult./généralistes vs spécialistes				actifs vs non et modérément actifs					
		A-SL	G-SL	A-S	G-S	A-NA	A-MA	G-NA	SL-NA	SL-MA	GSL-MA
long c4	c4as					0.002 ▲**	0.001 ▲**	0.001 ▲**			0.000 ▲**
c3	c3asMI					0.007 rb					
	c3asT					0.001 rb ▲		0.001 ▲			0.000 rb
h9	h9as				0.009 rb						
h1	h1asPC									0.002 rb	
h2	h2asCA								0.009 ▲		
	h2asPC							0.004 ▲	0.006 ▲		
h3	h3asCA								0.004 ▲		
	h3asPC								0.006 ▲		
h7	h7as			0.006 ▲	0.002 ▲	0.009 ▲					
r1	r1glxy					0.009					0.005
r2	r2asCA								0.007 rb		
	r2asImm								0.002 ▲		
	r2aslx								0.000 rb	0.003 rb	0.008 rb
	r2aslxy								0.001 ▲	0.007	
r4	r4dth			0.006	0.004						
r8 et 9	r98as°	0.005		0.004							

rb = test sur la répartition bilatérale de l'asymétrie. ▲ test significatif sur les moyennes et la répartition bilatérale, ** $p < 0.01$. °r98as : asymétrie du rapport r9/r8.

Liste des figures

- Figure 1. Sections transverses de la diaphyse humérale gauche à 35 % de la hauteur comptée à partir de l'extrémité distale de l'os.
- Figure 2. Représentation schématique de sections transverses de l'humérus (p = périoste, c = os cortical, m = région médullaire).
- Figure 3. Représentation de l'évolution de la section d'un os long avec l'âge chez les sujets masculins.
- Figure 4. Fouilles dans le cimetière de Lausanne (Vaud). Reconstitution du plan des inhumations.
- Figure 5. Composition démographique de l'ensemble de la collection SIMON.
- Figure 6. Localisation des 27 communes vaudoises ayant participé au projet de la constitution de la collection SIMON de squelettes de référence.
- Figure 7. Années de naissance de l'ensemble des individus de la collection SIMON.
- Figure 8. Années d'inhumation de l'ensemble des individus de la collection SIMON.
- Figure 9. Collection SIMON: liens de parenté connus pour l'ensemble de la collection.
- Figure 10. Informations dont on peut disposer au moyen des archives pour cerner à la fois le milieu socio-économique et certains aspects de la vie quotidienne des femmes.
- Figure 11. Les collections de référence de squelettes provenant de contextes archéologiques. Modifié d'après Usher 2002.
- Figure 12. Répartition du corpus sélectionné pour l'analyse par classe d'âges (n = 235).
- Figure 13. Décompte des pathologies traumatiques par région anatomique et prévalences (%) pour l'ensemble de l'échantillon étudié.
- Figure 14. Décompte des pathologies traumatiques par groupe d'activités et par région anatomique et prévalences calculées (%).
- Figure 15. Caractérisation des groupes d'activités en fonction de l'intensité et de la spécialisation supposées des activités.
- Figure 16. Effectifs et âge moyen au décès des groupes d'activités.
- Figure 17. Les différentes forces auxquelles un os est exposé. Tiré de Larsen 1997 p.197.
- Figure 18. Adaptation de la géométrie des os longs qui augmentent leur résistance à des forces de flexion (augmentation du second moment de l'aire I) et à des forces de torsion (augmentation du moment polaire de l'aire J).
- Figure 19. Illustration des propriétés géométriques mesurées sur les sections transverses des os longs.
- Figure 20. Propriétés géométriques déterminées sur les sections transverses des clavicules, des humérus et des radius.
- Figure 21. Illustration de la forme des sections transverses (gauches - vue distale) évaluées en fonction des axes médio-latéral et antéro-postérieur (x et y).
- Figure 22. Trois exemples de la forme des sections transverses pour des rapports I_{max}/I_{min} correspondant aux valeurs moyennes de la population (sections gauches - vue distale).
- Figure 23. Clés de lecture de la forme des sections (clavicule).
- Figure 24. Clés de lecture de la forme des sections (humérus).
- Figure 25. Clés de lecture de la forme des sections (radius).
- Figure 26. Sections transverses des humérus droit et gauche de aig20 à 35% de la hauteur de l'os. Présentation de la variable θ .
- Figure 27. Conversion des angles plus grand que 90° (ou -90°), selon la section ou le côté, en angles entre 90° et 180° (ou -90° et -180°).
- Figure 28. Modalités d'acquisition des images CT scan: après l'alignement des ossements sur le papier millimétré.
- Figure 29. Positionnement de la clavicule pour l'acquisition des images CT.
- Figure 30. Traitement des sections sciées.

Figure 31. Échantillon archéologique (AR): six sections ont été constituées pour chaque os, espacées de 2 cm.

Figure 32. Résultats de l'évaluation de l'erreur de précision de la mesure lors de deux séries de mesures des propriétés géométriques sur les sections sciées de l'échantillon des radius AR.

Figure 33. Échantillon AR - erreur d'estimation: err (%) entre les valeurs réelles et les valeurs estimées pour différentes fenêtres 1500:380 à 600 HU.

Figure 34. Échantillon AR - erreur d'estimation: err (%) entre les valeurs réelles et les valeurs estimées pour différentes fenêtres 1500:550 à 700 HU.

Figure 35. Composition de l'échantillon tiré de la collection SIMON (CS).

Figure 36. Image acquise par CT scanner. Section transverse CT de l'humérus de BIE26 (20%), a) sans interpolation, b) avec interpolation.

Figure 37. Échantillon CS, radius - fenêtre: 1500:440 HU. Comparaison de la précision des propriétés géométriques calculées à partir d'images avec et sans interpolation par rapport aux valeurs obtenues sur les sections sciées.

Figure 38. Échantillon CS. Erreur d'estimation (err %) entre les valeurs réelles et estimées pour différentes fenêtres 1500:280 à 500 HU.

Figure 39. Échantillon CS. Erreur d'estimation (err %) entre les valeurs réelles et estimées pour différentes fenêtres 1500:280 à 500 HU.

Figure 40. Section de l'humérus gauche à 35% de LAU 48 (41 ans). Difficultés rencontrées pour trouver un seuil HU adapté (ici 1500 WW : 400 WL) pour repérer adéquatement les limites endostéales lorsque le tissu de l'os cortical se raréfie.

Figure 41. Représentation des tests de t pairés non significatifs par des plages grises (humérus).

Figure 42. Représentation des tests de t pairés non significatifs par des plages grises (radius).

Figure 43. Les paramètres de densité calculés pour la région sélectionnée sont le minimum, la moyenne et le maximum de densité (outil ROI, logiciel OsiriX®).

Figure 44. Mesure de la densité maximale des ossements de l'échantillon CS ainsi que d'un échantillon complémentaire de clavicules.

Figure 45. Évaluation de la précision relative du repositionnement des ossements entre l'acquisition des images CT et le sciage des sections.

Figure 46. Représentation des moyennes des pourcentages d'erreurs d'estimation (valeur vraie-valeur estimée/valeur vraie x 100) pour différentes fenêtres.

Figure 47. Mesure de la densité maximale HU des échantillons AR et CS (clavicules).

Figure 48. VSR 02 - clavicule gauche. Adaptation de la méthode de Mays et al. (1999) pour la mesure de la profondeur des courbes latérale et médiale.

Figure 49. Mesure de la largeur bicondylaire de l'humérus.

Figure 50. Mesure de la largeur articulaire de l'épiphyse distale de l'humérus.

Figure 51. Mesure de la largeur du tubercule majeur de l'humérus (Stirland 1993).

Figure 52. Mesures des diamètres antéro-postérieur et médio-latéral de l'épiphyse distale du radius.

Figure 53. Tentative de mesure de la surface articulaire de la tête du radius par numérisation au moyen d'un scanner « papier ».

Figure 54. Mesure de l'épiphyse distale du radius en vue inférieure.

Figure 55. Nombre de longueurs reconstituées par os et par côté.

Figure 56. Profil des moyennes des asymétries de 65 variables (toutes les mesures linéaires et 4 propriétés géométriques par section - TA, CA, PC et JMM) pour l'ensemble de la population étudiée.

Figure 57. Profil des asymétries des individus AIG35 et PAM07 montrant un profil d'asymétrie complètement inversé par rapport au schéma général de la population.

Figure 58. Profil des asymétries mesurées sur les diaphyses de CUY05 et STP10.

Figure 59. Un sous-groupe de 20 individus (liste en annexe 6.2) a été identifié comme « porteur » d'un schéma d'asymétrie inversé par rapport à la situation connue pour l'ensemble de la population.

Figure 60. Le profil des asymétries moyennes des asymétries linéaires et des propriétés géométriques (TA, CA, PC et JMM) du sous-groupe "profils inversés" est opposé au profil des asymétries moyennes du reste de la population.

- Figure 61. Dénombrement des individus dont le profil d'asymétrie des mesures linéaires et des propriétés géométriques (TA, CA, PC, JMM) et inversé ou atypique par rapport aux valeurs moyennes de l'ensemble de la population.
- Figure 62. Comparaison de l'asymétrie moyenne de la longueur du bras estimée par l'addition des longueurs de l'humérus et du radius ainsi que sa répartition bilatérale entre la population médiévale de Wharram Percy (Steele & Mays 1995) et la population de la collection SIMON.
- Figure 63. Profil des asymétries moyennes des « gauchers » (a) comparé à celui des « droitiers » (b).
- Figure 64. Un profil des asymétries moyennes a été élaboré avec toutes les variables pour le sous-groupe des individus qui ont un bras gauche plus long que le droit et en regard, ce même profil ne met en évidence que les mesures linéaires.
- Figure 65. Représentation du sous-groupe « bras gauche plus long » (a) duquel les « gauchers », ont été retranchés (b), $n = 28$. Il ne reste alors plus aucune variable avec une asymétrie négative pour accompagner h6as et r5as.
- Figure 66. Asymétrie de la largeur bicondyalaire de l'humérus. Comparaison des données de Blackburn & Knüsel 2006 enregistrées sur le vivant (B & K - Ontario) et la population de la collection SIMON.
- Figure 67. Mesures externes qui pourraient être corrélées avec la latéralisation du membre supérieur.
- Figure 68. Les variables mesurées dans le groupe des agriculteurs (A) non sélectionnés (sans retirer les "gauchers" potentiels), amplifient les différences avec les spécialistes (SL).
- Figure 69. Moyenne et répartition bilatérale de l'asymétrie des mesures linéaires de la clavicule. Population sans "gauchers".
- Figure 70. Évolution de l'asymétrie des mesures linéaires de la clavicule avec l'âge (classes d'âge de 25 ans). Population sans "gauchers".
- Figure 71. Asymétrie moyenne des aires des sections à 40% (c1asT), 50% (c2asT) et 60% (c3asT) de la hauteur de la diaphyse de la clavicule.
- Figure 72. Moyenne de l'asymétrie de la longueur de la clavicule (c4as) et dénombrement (%) des clavicules plus longues à gauche (g >) ou plus longues à droite (d >).
- Figure 73. Mesures linéaires de l'humérus. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupes d'activités (population sans "gauchers").
- Figure 74. Évolution de l'asymétrie des mesures linéaires de l'humérus avec l'âge (classes d'âge de 25 ans). Population sans "gauchers".
- Figure 75. Asymétrie (%) et répartition bilatérale (%) des mesures linéaires. Sélections de valeurs donnant quelques indices de l'effet de l'activité sur l'humérus.
- Figure 76. Statistiques descriptives de l'asymétrie de la largeur bicondyalaire de l'humérus par classes d'âge. Groupes des généralistes (G) et des spécialistes (S).
- Figure 77. Statistiques descriptives de l'asymétrie de la hauteur de la tête de l'humérus (h9as) par classes d'âge. Groupes des généralistes (G) et des modérément actifs (MA).
- Figure 78. Mise en parallèle des résultats obtenus pour les deux mesures effectuées sur la région proximale de l'humérus : diamètre vertical de la tête (h9) et largeur du tubercule majeur (h10).
- Figure 79. Mesures linéaires du radius. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupes d'activités. Population sans "gauchers".
- Figure 80. Évolution de l'asymétrie des mesures linéaires du radius avec l'âge (en fonction des classes d'âge de 25 ans). Population sans "gauchers".
- Figure 81. Comparaisons de l'asymétrie des aires totales du radius à la hauteur des sections r1 (75%), r2 (60%), r3 (40%), r4 (20%).
- Figure 82. Comparaisons de l'asymétrie du diamètre médio-latéral de l'épiphyse distale du radius entre le groupe des non-actifs NA, celui des spécialiste SL et le groupe formé de tous les spécialistes S.
- Figure 83. Comparaison de l'asymétrie du diamètre antéro-postérieur de l'épiphyse distale du radius entre le groupe des agriculteurs A et celui formé de tous les spécialistes S.
- Figure 84. Moyennes et répartitions bilatérales de l'asymétrie des mesures linéaires : sélections de valeurs donnant quelques indices de l'effet de l'activité sur le membre supérieur.
- Figure 85. Évaluation de l'impact d'une activité physique sur l'asymétrie du développement de la morphologie externe.
- Figure 86. Évaluation de l'impact d'une activité physique spécialisée modérée sur l'asymétrie du développement de la morphologie externe.

Figure 87. Évaluation de l'impact d'une activité physique spécialisée intense sur l'asymétrie du développement de la morphologie externe

Figure 88. Évaluation de l'évolution des asymétries des propriétés géométriques des sections transverses avec l'âge (3 classes d'âges de 25 ans).

Figure 89. Valeurs moyennes de TA, CA et PC calculées pour l'ensemble de la population et pour la sous-population des "gauchers".

Figure 90. Évaluation de l'effet de l'activité sur l'asymétrie de l'aire corticale (CA) et du pourcentage d'aire corticale (PC).

Figure 91. Évaluation de l'influence de l'activité sur les propriétés géométriques CA et PC, comparaisons de groupes non-actifs et actifs.

Figure 92. Évaluation de l'influence de la spécialisation sur les propriétés géométriques CA et PC.

Figure 93. Comparaisons de l'asymétrie du pourcentage d'aire corticale (PC) des sections 1 et 2 de l'humérus entre agriculteurs (A) et spécialistes lourds (SL).

Figure 94. Caractéristiques générales de l'asymétrie des seconds moments de l'aire I_x et I_y .

Figure 95. Évaluation de l'effet de l'activité sur l'asymétrie de I_x et de I_y : résultats des tests de t significatifs.

Figure 96. Évaluation de l'effet de l'activité en général sur l'asymétrie de I_x et I_y par la comparaison de groupes non actifs et actifs.

Figure 97. Caractéristiques générales de l'asymétrie des seconds moments de l'aire I_{max} et I_{min} .

Figure 98. Évaluation de l'effet de l'activité en général sur l'asymétrie de I_{max} et I_{min} par la comparaison de groupes non-actifs et actifs.

Figure 99. Évaluation de l'effet de l'activité sur l'asymétrie de I_{max} et I_{min} : résultats des tests de t significatifs.

Figure 100. Représentation des valeurs moyennes du rapport I_x / I_y et I_{max} / I_{min} mesurées à droite (D) et à gauche (G) pour la population totale sans "gauchers" et pour le petit groupe de "gauchers".

Figure 101. Variables retenues pour l'analyse de la géométrie des sections transverses dont l'analyse statistique montre une corrélation avec l'âge.

Figure 102. Évaluation de l'effet de l'activité sur la forme des sections (I_x/I_y et I_{max}/I_{min}) : résultats des tests de t significatifs.

Figure 103. Évaluation de l'effet de l'activité sur la forme des sections transverses dans les plans x et y.

Figure 104. Analyse de l'asymétrie du rapport I_x / I_y (%) entre groupes d'activités.

Figure 105. Évaluation de l'effet de l'activité sur la forme des sections transverses (rapports I_{max} / I_{min}).

Figure 106. Analyse de l'asymétrie de rapports I_{max} / I_{min} (%) différent statistiquement entre groupes d'activités.

Figure 107. Évaluation de l'effet de l'activité sur la forme des sections transverses entre groupes d'activités (rapports I_x / I_y).

Figure 108. Évaluation de l'effet de l'activité sur la forme des sections transverses entre groupes d'activités (rapports I_{max} / I_{min}).

Figure 109. Représentation de l'orientation de l'axe principal de résistance à la flexion (orientation of greatest bending rigidity). AIG20 - agriculteur - 34 ans.

Figure 110. Représentation de l'orientation de l'axe principal de résistance à la flexion (orientation of greatest bending rigidity). BIE28 - agriculteur - 66 ans.

Figure 111. Représentation de l'orientation de l'axe principal de chaque section (moyenne en °) pour l'ensemble de la population étudiée.

Figure 112. Statistiques descriptives et analyse de variances (anova) permettant d'évaluer l'influence de l'âge sur l'orientation de I_{max} .

Figure 113. Évaluation de l'effet de l'activité sur l'orientation de I_{max} (moyenne en °) : comparaisons entre les groupes non et modérément actifs et les spécialistes lourds.

Figure 114. Évaluation de l'effet d'une activité spécialisée sur l'orientation de I_{max} , l'axe principal de la section (moyenne en °) : comparaisons entre les agriculteurs/généralistes et les spécialistes.

Figure 115. Évaluation de l'effet de l'activité sur l'orientation de I_{max} : résultats des tests significatifs.

Figure 116 (extrait annexe 6.48). Orientation de I_{max} pour la section du radius r4 pour les groupes d'activités G, S et NA.

- Figure 117 (extrait annexe 6.47). Orientation de I_{max} pour les sections de l'humérus h1 et h2 droites pour les groupe d'activités G, S, et NA.
- Figure 118. Nombre de variables qui participent à décrire l'adaptation de la morphologie osseuse à l'activité (pour différents seuils de probabilité) selon le type de variable.
- Figure 119. Récapitulé de l'effet de l'activité sur l'asymétrie et la géométrie des os longs : ensemble des variables statistiquement divergentes lors de la comparaison entre des agriculteurs et des non-actifs.
- Figure 120. Profil de l'ensemble des variables établissant des différences significatives entre groupes d'activités pris 2 à 2. Variables significativement différentes entre les agriculteurs et le groupe des non-actifs.
- Figure 121. Récapitulé de l'effet de l'activité sur l'asymétrie et la géométrie des os longs : ensemble des variables statistiquement divergentes lors de la comparaison entre des spécialistes lourds et des non-actifs.
- Figure 122. Profil de l'ensemble des variables établissant des différences significatives entre groupes d'activités pris 2 à 2. Variables significativement différentes entre les spécialistes lourds et le groupe des non-actifs.
- Figure 123. Mise en évidence des régions anatomiques dont la structure osseuse diffère statistiquement entre des groupes non ou peu actifs et des actifs.
- Figure 124. Profil de l'ensemble des variables établissant des différences significatives entre groupes d'activités pris 2 à 2. Variables significativement différentes entre tous les actifs (G + SL) et le groupe des modérément actifs.
- Figure 125. Récapitulé de l'effet de l'activité sur l'asymétrie et la géométrie des os longs : ensemble des variables statistiquement divergentes lors de la comparaison entre des agriculteurs (A) et des spécialistes (SL et S).
- Figure 126. Profil de l'ensemble des mesures d'asymétrie établissant des différences significatives entre groupes d'activités pris 2 à 2. Variables significativement différentes entre les agriculteurs et le groupe des spécialistes (S) et (SL).
- Figure 127. Mise en évidence des régions anatomiques dont la structure osseuse diffère statistiquement entre les groupes des agriculteurs et des spécialistes.
- Figure 128. Population masculine de la collection SIMON, non sélectionnée. Mesure de l'asymétrie bilatérale des propriétés géométriques de la section à mi-hauteur de la diaphyse de l'humérus (h3) avec des variables non standardisées et standardisées (L^3 pour TA et CA, $L^{5.33}$ pour I_{max}, I_{min} et J).
- Figure 129. Indication de la géométrie des sections transverses à 50 % de la hauteur de la diaphyse de l'humérus pour quelques populations masculines publiées dans la littérature anthropologique : moyenne des rapports I_x/I_y.
- Figure 130. Indication de la géométrie des sections transverses à 35 % de la hauteur de la diaphyse de l'humérus pour quelques populations masculines publiées dans la littérature anthropologique : moyenne des rapports I_x/I_y.
- Figure 131. Indication de la géométrie des sections le long de la diaphyse humérale : rapports des I_x/I_y (moyennes pour les deux côtés) pour les sections à 20, 35, 50, 65 et 80%. Comparaison des valeurs des échantillons de Rhodes et Knüsel (2005) avec la collection SIMON (CS).
- Figure 132. Indication de la géométrie des sections transverses à 50 % de la hauteur de la diaphyse de l'humérus pour quelques populations masculines provenant de la littérature : moyenne des rapports I_{max}/I_{min}. Les valeurs pour la collection SIMON sont données pour la population totale et par groupe d'activités.
- Figure 133. Pourcentages d'aire corticale (PC) à mi-distance de la diaphyse de l'humérus relevés dans la littérature paléoanthropologique. Populations masculines.
- Figure 134. Collection SIMON. Évolution du pourcentage d'aire corticale (PC) à mi-distance de la diaphyse humérale (h3) en fonction de l'âge.
- Figure 135. Pourcentages d'aire corticale (PC) utilisés pour évaluer la classe d'âge à laquelle le pic de masse osseuse est atteint - sans standardisation - dans la population masculine de la collection SIMON.

- Figure 136. Compilation des valeurs d'asymétrie de l'humérus à mi-hauteur de la diaphyse de tous lieux et toutes époques. Moyennes et déviations standard des asymétries de L (longueur), TA, CA, Ix, Iy, J.
- Figure 137. Moyenne de l'asymétrie de TA, CA, J, Ix et Iy à 35% de la hauteur de la diaphyse de l'humérus. Populations masculines (détails figure 136).
- Figure 138. Courbe des asymétries des propriétés géométriques (TA, CA, PC, J, Ix et Iy) mesurées tout au long des 12 sections transverses et des mesures linéaires, établie par groupe d'activités.
- Figure 139. Profils des asymétries des propriétés géométriques (TA, CA, PC, J, Ix et Iy) mesurés tout au long des 12 sections transverses et des mesures linéaires. De gauche à droite, les variables suivent les régions anatomiques de l'extrémité proximale de la clavicule jusqu'à l'épiphyse distale du radius. Comparaisons de la population totale avec a. les bûcherons ; b. les vignerons ; c. les ouvriers d'usine ; d. les ouvriers agricoles.
- Figure 140. Profils des asymétries des propriétés géométriques (TA, CA, PC, J, Ix et Iy) mesurés tout au long des 12 sections transverses et des mesures linéaires. De gauche à droite, les variables suivent les régions anatomiques de l'extrémité proximale de la clavicule jusqu'à l'épiphyse distale du radius. Comparaisons du groupe des agriculteurs avec a. les bûcherons ; b. les vignerons ; c. les ouvriers d'usine ; d. les ouvriers agricoles.
- Figure 141. Profils des asymétries des propriétés géométriques (TA, CA, PC, J, Ix et Iy) mesurées tout au long des 12 sections transverses et des mesures linéaires. De gauche à droite, les variables suivent les régions anatomiques de l'extrémité proximale de la clavicule jusqu'à l'épiphyse distale du radius. Comparaisons du groupe des agriculteurs avec a. et b. les manœuvres ; c. ouvriers d'usine vs ouvriers agricoles.

Liste des annexes

- Annexe 5.1. Évaluation statistique de la précision de la mesure des échantillons sciés. Résultats de tests de t pairés pour deux séries de mesures de la section du radius AR (N=30).
- Annexe 5.2 a et b. Échantillon archéologique (AR) - données brutes et pourcentage de différence (diff) entre les sections sciées et CT scannées pour différents seuils HU. Propriétés géométriques évaluées : TA, CA, I_{max} et I_{min}. N = 30.
- Annexe 5.3a. Erreur d'estimation (err %) des mesures des propriétés géométriques entre sections sciées et sections CT.
- Annexe 5.3b. Résultats des tests de t pairés entre mesures des propriétés géométriques avec et sans interpolation. Échantillon des sections des radius CS, fenêtre 1500 : 440 HU.
- Annexe 5.4a. Échantillon de la collection SIMON (CS) – humérus - données brutes et pourcentage de différence (diff) entre les sections sciées et CT scannées avec une fenêtre de 1500 WW : 400 WL. Propriétés géométriques évaluées : TA, CA, I_x, I_y, I_{max}, I_{min}, Z_x et Z_y.
- Annexe 5.4b. Échantillon de la collection SIMON (CS) – humérus - données brutes et pourcentage de différence (diff) entre les sections sciées et CT scannées avec une fenêtre de 1500 WW : 500 WL. Propriétés géométriques évaluées : TA, CA, I_x, I_y, I_{max}, I_{min}, Z_x et Z_y.
- Annexe 5.4c. Échantillon de la collection SIMON (CS) – radius - données brutes et pourcentage de différence (diff) entre les sections sciées et CT scannées avec un fenêtrage de 1500 WW : 400 WL. Propriétés géométriques évaluées : TA, CA, I_x, I_y, I_{max}, I_{min}, Z_x et Z_y.
- Annexe 5.4d. Échantillon de la collection SIMON (CS) - radius - données brutes et pourcentage de différence (diff) entre les sections sciées et CT scannées avec une fenêtre de 1500 WW : 500 WL. Propriétés géométriques évaluées : TA, CA, I_x, I_y, I_{max}, I_{min}, Z_x et Z_y.
- Annexe 5.4e. Échantillon de la collection SIMON (CS) - radius - données brutes et pourcentage de différence (diff) entre les sections sciées et CT scannées avec une fenêtre de 1500 WW : 600 WL. Propriétés géométriques évaluées : TA, CA, I_x, I_y, I_{max}, I_{min}, Z_x et Z_y.
- Annexe 5.5. Estimation de l'erreur de mesure de la profondeur des courbures médiales (med) et latérales (lat) des clavicules gauches (g) et droites (d).
- Annexe 5.6 a et b. Statistiques descriptives des variables mesurées sur la clavicule.
- Annexe 5.7 a à d. Statistiques descriptives des variables mesurées sur l'humérus.
- Annexe 5.8 a à c. Statistiques descriptives des variables mesurées sur le radius.
- Annexe 6.1. Ensemble des profils d'asymétries des mesures linéaires et des propriétés géométriques qui mélangent dans des proportions variables les caractéristiques des deux principaux types de profils reconnus. Sous-groupe appelé "cas limites".
- Annexe 6.2. Liste des individus dont le profil d'asymétrie des mesures linéaires et des propriétés géométriques est inversé ou atypique par rapport aux valeurs moyennes de l'ensemble de la population.
- Annexe 6.3. Variables utilisées pour explorer la dominance. Moyennes (%) et répartition bilatérales (%) de l'asymétrie des mesures linéaires de la clavicule de la population totale, de la population sans « gauchers » et du sous-groupe des « gauchers ».
- Annexe 6.4. Variables utilisées pour explorer la dominance. Moyennes (%) et répartition bilatérales (%) de l'asymétrie des mesures linéaires de l'humérus de la population totale, de la population sans « gauchers » et du sous-groupe des « gauchers ».
- Annexe 6.5. Variables utilisées pour explorer la dominance. Moyennes (%) et répartition bilatérales (%) de l'asymétrie des mesures linéaires du radius de la population totale, de la population sans « gauchers » et du sous-groupe des « gauchers ».
- Annexe 6.6. Variables utilisées pour explorer la dominance. Moyennes (%) et répartition bilatérales (%) de l'asymétrie de CA des sections transverses de la population totale, de la population sans « gauchers » et du sous-groupe identifié comme « gauchers ».

Annexe 6.7. Variables utilisées pour explorer la dominance. Moyennes (%) et répartition bilatérales (%) de l'asymétrie de PC des sections transverses de la population totale, de la population sans « gauchers » et du sous-groupe identifié comme « gauchers ».

Annexe 6.8. Variables utilisées pour explorer la dominance. Moyennes (%) et répartition bilatérales (%) de l'asymétrie de J des sections transverses de la population totale, de la population sans « gauchers » et du sous-groupe identifié comme « gauchers ».

Annexe 6.9. Évaluation de l'influence de l'âge (pour 3 classes de 25 ans et par classes décennales) sur l'asymétrie des mesures linéaires.

Annexe 6.10. Asymétrie des mesures linéaires de la clavicule de la population totale : moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

Annexe 6.11. Évolution de l'asymétrie des mesures linéaires de la clavicule avec l'âge (classes décennales). Populations sans « gauchers ».

Annexe 6.12. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie des mesures linéaires de la clavicule de la sous-population identifiée comme « gauchers ».

Annexe 6.13. Mesures linéaires de l'humérus. Population non sélectionnée. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

Annexe 6.14. Statistiques descriptives de l'asymétrie des mesures linéaires de l'humérus en fonction de l'âge (classe décennales). Population sans « gauchers ».

Annexe 6.15. Moyenne (%) et répartition bilatérale (%) de l'asymétrie des mesures linéaires de l'humérus de la sous-population identifiée comme "gauchers".

Annexe 6.16. Mesures linéaires du radius. Population non sélectionnée. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupe d'activités.

Annexe 6.17. Évolution de l'asymétrie des mesures linéaires du radius avec l'âge (classes d'âges décennales). Population sans « gauchers ».

Annexe 6.18. Moyenne (%) et répartition bilatérale (%) de l'asymétrie des mesures linéaires du radius de la sous-population identifiée comme "gauchers".

Annexe 6.19. Aire corticale (CA) et pourcentage d'aire corticale (PC) de la clavicule. Échantillon sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupe d'activités.

Annexe 6.20. Aire corticale (CA) et pourcentage d'aire corticale (PC) de l'humérus. Échantillon sans « gauchers ». Moyennes de l'asymétrie (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

Annexe 6.21. Aire corticale (CA) et pourcentage d'aire corticale (PC) du radius. Échantillon sans « gauchers ». Moyennes de l'asymétrie (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

Annexe 6.22 et suite. Évolution de l'asymétrie des propriétés géométriques (CA, PC, Ix, Iy, I_{max}, I_{min}) avec l'âge (classes de 25 ans). Population sans « gauchers ».

Annexe 6.23. Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie de CA et PC des sections transverses de la sous-population identifiée comme « gauchers ».

Annexe 6.24. Asymétrie des seconds moments de l'aire Ix et Iy mesurée sur la clavicule. Échantillons sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

Annexe 6.25. Asymétrie des seconds moments de l'aire Ix et Iy mesurée pour l'humérus. Échantillons sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

Annexe 6.26. mesurée pour le radius. Échantillons sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.

Annexe 6.27. Asymétrie des seconds moments de l'aire Ix et Iy - moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) - de l'ensemble des sections transverses de la sous-population identifiée comme « gauchers ».

Annexe 6.28. Seconds moments de l'aire I_{max} et I_{min} et le moment polaire de l'aire JMM mesurés sur la clavicule. Échantillons sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupe d'activités.

Annexe 6.29. Seconds moments de l'aire I_{max} et I_{min} et le moment polaire de l'aire JMM mesurés sur l'humérus. Échantillons sans "gauchers". Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupe d'activités.

Annexe 6.30. Seconds moments de l'aire I_{max} et I_{min} et le moment polaire de l'aire JMM mesurés sur le radius. Échantillons sans "gauchers". Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) de l'asymétrie par groupe d'activités.

- Annexe 6.31. Asymétrie des seconds moments de l'aire I_{max} et I_{min} et le moment polaire de l'aire JMM - moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) - de l'ensemble des sections transverses de la sous-population identifiée comme « gauchers ».
- Annexe 6.32. Rapport I_x/I_y (I_{xy}) mesurés sur la clavicule (valeurs à gauche et à droite). Population sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.
- Annexe 6.33. Rapport I_{max}/I_{min} (I_{mm}) mesurés sur la clavicule (valeurs à gauche et à droite). Population sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.
- Annexe 6.34. Rapport I_x/I_y (I_{xy}) mesurés sur l'humérus (valeurs à gauche et à droite). Population sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.
- Annexe 6.35. Rapport I_{max}/I_{min} (I_{mm}) mesurés sur l'humérus (valeurs à gauche et à droite). Population sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.
- Annexe 6.36. Rapport I_x/I_y (I_{xy}) mesurés sur le radius (valeurs à gauche et à droite). Population sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.
- Annexe 6.37. Rapport I_{max}/I_{min} (I_{mm}) mesurés sur le radius (valeurs à gauche et à droite). Population sans « gauchers ». Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%) par groupe d'activités.
- Annexe 6.38. Asymétrie des rapports I_x/I_y (abrégi en I_{xy}) - sections de la clavicule et de l'humérus (h1 à h3). Moyennes (%) et répartition des individus dans les 6 catégories de forme (%) – voir figures 23 et 24 pour le décodage. Population sans « gauchers ».
- Annexe 6.39. Asymétrie des rapports I_x/I_y (abrégi en I_{xy}) – sections de l'humérus (h4 et h5) et du radius. Moyennes (%) et répartition des individus dans les 6 catégories de forme (%) – voir figures 24 et 25 pour le décodage. Population sans « gauchers ».
- Annexe 6.40. Asymétrie des rapports I_{max}/I_{min} (abrégi en I_{mm}) - sections de la clavicule et de l'humérus (h1 à h3). Moyennes (%) et répartition des individus dans les 6 catégories de forme (%) – voir figures 23 et 24 pour le décodage. Population sans « gauchers ».
- Annexe 6.40 (suite). Asymétrie des rapports I_{max}/I_{min} (abrégi en I_{mm}) – sections de l'humérus (h4 et h5) et du radius. Moyennes (%) et répartition des individus dans les 6 catégories de forme (%) – voir figures 23 et 24 pour le décodage. Population sans « gauchers ».
- Annexe 6.41. Construction de l'illustration permettant une évaluation de l'effet de l'activité sur la forme des sections.
- Annexe 6.42 a à c. Évolution de la géométrie des sections avec l'âge (classes de 25 ans). Population sans « gauchers ».
- Annexe 6.43. Rapport I_{max}/I_{min} (I_{mm}) et I_x/I_y (I_{xy}) mesurés sur la clavicule (valeurs à gauche, à droite et asymétrie). Sous échantillon des "gauchers". Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%).
- Annexe 6.44. Rapport I_{max}/I_{min} (I_{mm}) et I_x/I_y (I_{xy}) mesurés sur l'humérus (valeurs à gauche, à droite et asymétrie). Sous échantillon des "gauchers". Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%).
- Annexe 6.45. Rapport I_{max}/I_{min} (I_{mm}) et I_x/I_y (I_{xy}) mesurés sur le radius (valeurs à gauche, à droite et asymétrie). Sous échantillon des "gauchers". Moyennes (%) et répartitions bilatérales (%).
- Annexe 6.46. Orientation de I_{max} pour la population sans « gauchers » et par groupe d'activités. Sections de la clavicule : moyennes (°) et dénombrement des angles plus grands et plus petits que 90° par côté.
- Annexe 6.47. Orientation de I_{max} pour la population sans « gauchers » et par groupe d'activités. Sections de l'humérus: moyennes (°) et dénombrement des angles plus grands et plus petits que 90° par côté.
- Annexe 6.48. Orientation de I_{max} pour la population sans « gauchers » et par groupe d'activités. Sections du radius: moyennes (°) et dénombrement des angles plus grands et plus petits que 90° par côté.
- Annexe 6.49. Orientation de I_{max} (valeur de θ) avec l'âge par côté (classes de 25 ans).
- Annexe 6.50. Évaluation de la normalité de la distribution des variables « différence d'orientation de I_{max} » pour les sections c1 à r4. Population totale sans « gauchers ».
- Annexe 6.51. Différence d'orientation de I_{max} (diff-g-d °) entre les côtés en relation avec l'âge (classes de 25 ans). Population sans « gauchers ».
- Annexe 6.52. Orientation de I_{max} pour la population sans « gauchers » et par groupe d'activités. Différence moyenne entre côté (diff g-d°).

Annexe 7.1. Estimation globale des différences de caractéristiques de l'asymétrie entre groupes d'activités par le dénombrement des tests statistiques significatifs lors de la comparaison des groupes d'activités pris 2 à 2 ($\alpha = 0.05$).

Annexe 7.2. Estimation globale des différences de caractéristiques de l'asymétrie entre groupes d'activités par le dénombrement des tests statistiques significatifs lors de la comparaison des groupes d'activités pris 2 à 2 ($\alpha = 0.01$).