FRANÇOIS CASTIER

DIMORPHISME SEXUEL DU RADIUS ET DE L'ULNA EN ANTHROPOLOGIE MÉDICO-LÉGALE

NICE 2016

UNIVERSITÉ DE NICE SOPHIA ANTIPOLIS

FACULTÉ DE MÉDECINE DE NICE

DIMORPHISME SEXUEL DU RADIUS ET DE L'ULNA EN ANTHROPOLOGIE MÉDICO-LÉGALE

THESE

Présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Médecine de Nice

Le 23 septembre 2016

Par François Castier

Né le 06 Octobre 1986 à Croix (Nord)

Pour obtenir le grade de Docteur en Médecine (diplôme d'État)

Membres du Jury :

Monsieur le Professeur Gérald QUATREHOMME	Président du jury
Madame le Professeur Liana EULLER ZIEGLER	Assesseur
Monsieur le Professeur Fernand de PERETTI	Assesseur
Madame le Docteur Véronique ALUNNI	Directeur de thèse

UNIVERSITÉ NICE-SOPHIA ANTIPOLIS

FACULTÉ DE MÉDECINE

Liste des professeurs au **1er septembre 2015** à la Faculté de Médecine de Nice

Doyen	M. BAQUÉ Patrick
Vice-Doyen	M. BOILEAU Pascal
Assesseurs	M. ESNAULT Vincent M. CARLES Michel Mme BREUIL Véronique M. MARTY Pierre
Conservateur de la bibliothèque	Mme DE LEMOS Anne-Lyse
Directrice administrative des services	Mme CALLEA Isabelle
Doyens Honoraires	M. AYRAUD Noël M. RAMPAL Patrick M. BENCHIMOL Daniel

Professeurs Honoraires

M. BALAS Daniel
M. BATT Michel
M. BLAIVE Bruno
M. BOQUET Patrice
M. BOURGEON André
M. BOUTTÉ Patrick
M. BRUNETON Jean-Noël
Mme BUSSIERE Françoise
M. CAMOUS Jean-Pierre
M. CHATEL Marcel
M. COUSSEMENT Alain
M. DARCOURT Guy
M. DELLAMONICA Pierre
M. DELMONT Jean
M. DEMARD François
M. DOLISI Claude
M. FRANCO Alain
M. FREYCHET Pierre
M. GÉRARD Jean-Pierre
M. GILLET Jean-Yves
M. GRELLIER Patrick
M. HARTER Michel
M. INGLESAKIS Jean-André
M. LALANNE Claude-Michel
M. LAMBERT Jean-Claude
M. LAZDUNSKI Michel
M. LEFEBVRE Jean-Claude
M. LE BAS Pierre
M. LE FICHOUX Yves
Mme LEBRETON Elisabeth
M. LOUBIERE Robert
M. MARIANI Roger
M. MASSEYEFF René
M. MATTEI Mathieu
M. MOUIEL Jean
Mme MYQUEL Martine
M. OLLIER Amédée
M. ORTONNE Jean-Paul
M. SAUTRON Jean Baptiste
M. SCHNEIDER Maurice
M. SERRES Jean-Jacques
M. TOUBOL Jacques
M. TRAN Dinh Khiem
M VAN OBBERGHEN Emmanuel
M. ZIEGLER Gérard

M.C.A. Honoraire Mlle ALLINE Madeleine

M.C.U. Honoraires

M. ARNOLD Jacques
M. BASTERIS Bernard
Mlle CHICHMANIAN Rose-Marie
Mme DONZEAU Michèle
M. EMILIOZZI Roméo
M. FRANKEN Philippe
M. GASTAUD Marcel
M.GIRARD-PIPAU Fernand
M. GIUDICELLI Jean
M. MAGNÉ Jacques
Mme MEMRAN Nadine
M. MENGUAL Raymond
M. POIRÉE Jean-Claude
Mme ROURE Marie-Claire

PROFESSEURS CLASSE EXCEPTIONNELLE

M.	AMIEL Jean	Urologie (52.04)
M.	BENCHIMOL Daniel	Chirurgie Générale (53.02)
M.	BOILEAU Pascal	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
M.	DARCOURT Jacques	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
M.	DESNUELLE Claude	Biologie Cellulaire (44.03)
Mme	EULLER-ZIEGLER Liana	Rhumatologie (50.01)
M.	FENICHEL Patrick	Biologie du Développement et de la Reproduction (54.05)
M.	FUZIBET Jean-Gabriel	Médecine Interne (53.01)
M.	GASTAUD Pierre	Ophtalmologie (55.02)
M.	GILSON Éric	Biologie Cellulaire (44.03)
M.	GRIMAUD Dominique	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	HASSEN KHODJA Reda	Chirurgie Vasculaire (51.04)
M.	HÉBUTERNE Xavier	Nutrition (44.04)
M.	HOFMAN Paul	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
M.	LACOUR Jean-Philippe	Dermato-Vénéréologie (50.03)
M.	MARTY Pierre	Parasitologie et Mycologie (45.02)
M.	MICHIELS Jean-François	Anatomie et Cytologie Pathologiques (42.03)
M.	MOUROUX Jérôme	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
M.	PAQUIS Philippe	Neurochirurgie (49.02)
M.	PRINGUEY Dominique	Psychiatrie d'Adultes (49.03)
M.	QUATREHOMME Gérald	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	ROBERT Philippe	Psychiatrie d'Adultes (49.03)
M.	SANTINI Joseph	O.R.L. (55.01)
M.	THYSS Antoine	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)

PROFESSEURS PREMIERE CLASSE

Mme	ASKENAZY-GITTARD Florence	Pédopsychiatrie (49.04)
M.	BAQUÉ Patrick	Anatomie - Chirurgie Générale (42.01)
M.	BÉRARD Étienne	Pédiatrie (54.01)
M.	BERNARDIN Gilles	Réanimation Médicale (48.02)
M.	BONGAIN André	Gynécologie-Obstétrique (54.03)
M.	CASTILLO Laurent	O.R.L. (55.01)
Mme	CRENESSE Dominique	Physiologie (44.02)
M.	DE PERETTI Fernand	Anatomie-Chirurgie Orthopédique (42.01)
M.	DRICI Milou-Daniel	Pharmacologie Clinique (48.03)
M.	ESNAULT Vincent	Néphrologie (52-03)
M.	FERRARI Émile	Cardiologie (51.02)
M.	FERRERO Jean-Marc	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
M.	GIBELIN Pierre	Cardiologie (51.02)
M.	GUGENHEIM Jean	Chirurgie Digestive (52.02)
Mme	ICHAI Carole	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	LONJON Michel	Neurochirurgie (49.02)
M.	MARQUETTE Charles-Hugo	Pneumologie (51.01)
M.	MOUNIER Nicolas	Cancérologie, Radiothérapie (47.02)
M.	PADOVANI Bernard	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
Mme	PAQUIS Véronique	Génétique (47.04)
M.	PRADIER Christian	Épidémiologie, Économie de la Santé et Prévention (46.01)
M.	RAUCOULES-AIMÉ Marc	Anesthésie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
Mme	RAYNAUD Dominique	Hématologie (47.01)
M.	ROSENTHAL Éric	Médecine Interne (53.01)
M.	SCHNEIDER Stéphane	Nutrition (44.04)
M.	STACCINI Pascal	Biostatistiques et Informatique Médicale (46.04)
M.	THOMAS Pierre	Neurologie (49.01)
M.	TRAN Albert	Hépato Gastro-entérologie (52.01)

PROFESSEURS DEUXIEME CLASSE

M.	ALBERTINI Marc	Pédiatrie (54.01)
Mme	BAILLIF Stéphanie	Ophtalmologie (55.02)
M.	BAHADORAN Philippe	Cytologie et Histologie (42.02)
M.	BARRANGER Emmanuel	Gynécologie Obstétrique (54.03)
M.	BENIZRI Emmanuel	Chirurgie Générale (53.02)
M.	BENOIT Michel	Psychiatrie (49.03)
Mme	BLANC-PEDEUTOUR Florence	Cancérologie – Génétique (47.02)
M.	BREAUD Jean	Chirurgie Infantile (54-02)
Mlle	BREUIL Véronique	Rhumatologie (50.01)
M.	CANIVET Bertrand	Médecine Interne (53.01)
M.	CARLES Michel	Anesthésiologie Réanimation (48.01)
M.	CASSUTO Jill-Patrice	Hématologie et Transfusion (47.01)
M.	CHEVALLIER Patrick	Radiologie et Imagerie Médicale (43.02)
Mme	CHINETTI Giulia	Biochimie-Biologie Moléculaire (44.01)
M.	DELOTTE Jérôme	Gynécologie-obstétrique (54.03)

M.	DUMONTIER Christian	Chirurgie plastique
M.	FONTAINE Denys	Neurochirurgie (49.02)
M.	FOURNIER Jean-Paul	Thérapeutique (48-04)
M.	FREDENRICH Alexandre	Endocrinologie, Diabète et Maladies métaboliques (54.04)
Mlle	GIORDANENGO Valérie	Bactériologie-Virologie (45.01)
M.	GUÉRIN Olivier	Gériatrie (48.04)
M.	HANNOUN-LEVI Jean-Michel	Cancérologie ; Radiothérapie (47.02)
M.	IANNELLI Antonio	Chirurgie Digestive (52.02)
M	JEAN BAPTISTE Elixène	Chirurgie vasculaire (51.04)
M.	JOURDAN Jacques	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)
M.	LEVRAUT Jacques	Anesthésiologie et Réanimation Chirurgicale (48.01)
M.	PASSERON Thierry	Dermato-Vénéréologie (50-03)
M.	PICHE Thierry	Gastro-entérologie (52.01)
M.	ROGER Pierre-Marie	Maladies Infectieuses ; Maladies Tropicales (45.03)
M.	ROHRLICH Pierre	Pédiatrie (54.01)
M.	RUIMY Raymond	Bactériologie-virologie (45.01)
Mme	SACCONI Sabrina	Neurologie (49.01)
M.	SADOUL Jean-Louis	Endocrinologie, Diabète et Maladies Métaboliques (54.04)
M.	TROJANI Christophe	Chirurgie Orthopédique et Traumatologique (50.02)
M.	VENISSAC Nicolas	Chirurgie Thoracique et Cardiovasculaire (51.03)

PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS

M.	HOFLIGER Philippe	Médecine Générale

PROFESSEURS AGRÉGÉS

Mme	LANDI Rebecca	Anglais
Mme	ROSE Patricia	Anglais

MAITRES DE CONFÉRENCES DES UNIVERSITÉS - PRATICIENS HOSPITALIERS

Mme	ALUNNI Véronique	Médecine Légale et Droit de la Santé (46.03)
M.	AMBROSETTI Damien	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	BANNWARTH Sylvie	Génétique (47.04)
M.	BENOLIEL José	Biophysique et Médecine Nucléaire (43.01)
Mme	BERNARD-POMIER Ghislaine	Immunologie (47.03)
Mme	BUREL-VANDENBOS Fanny	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)
M.	DOGLIO Alain	Bactériologie-Virologie (45.01)
M	DOYEN Jérôme	Radiothérapie (47.02)
M	FAVRE Guillaume	Néphrologie (52.03)
M.	FOSSE Thierry	Bactériologie-Virologie-Hygiène (45.01)
M.	GARRAFFO Rodolphe	Pharmacologie Fondamentale (48.03)
Mme	GIOVANNINI-CHAMI Lisa	Pédiatrie (54.01)
Mme	HINAULT Charlotte	Biochimie et biologie moléculaire (44.01)
Mme	LEGROS Laurence	Hématologie et Transfusion (47.01)
Mme	MAGNIÉ Marie-Noëlle	Physiologie (44.02)
Mme	MOCERI Pamela	Cardiologie (51.02)
Mme	MUSSO-LASSALLE Sandra	Anatomie et Cytologie pathologiques (42.03)

M.	NAÏMI Mourad	Biochimie et Biologie moléculaire (44.01)
M.	PHILIP Patrick	Cytologie et Histologie (42.02)
Mme	POMARES Christelle	Parasitologie et mycologie (45.02)
M.	ROUX Christian	Rhumatologie (50.01)
M.	TESTA Jean	Épidémiologie Économie de la Santé et Prévention (46.01)
M.	TOULON Pierre	Hématologie et Transfusion (47.01)

PROFESSEURS ASSOCIÉS

M	COYNE John	Anatomie et Cytologie (42.03)
M.	GARDON Gilles	Médecine Générale
Mme	PACZESNY Sophie	Hématologie (47.01)
Mme	POURRAT Isabelle	Médecine Générale

MAITRES DE CONFÉRENCES ASSOCIÉS

M	BALDIN Jean-Luc	Médecine Générale
M	DARMON David	Médecine Générale
Mme	MONNIER Brigitte	Médecine Générale
M.	PAPA Michel	Médecine Générale

PROFESSEURS CONVENTIONNÉS DE L'UNIVERSITÉ

M.	BERTRAND François	Médecine Interne
M.	BROCKER Patrice	Médecine Interne Option Gériatrie
M.	CHEVALLIER Daniel	Urologie
Mme	FOURNIER-MEHOUAS Manuella	Médecine Physique et Réadaptation
M.	JAMBOU Patrick	Coordination prélèvements d'organes
M.	QUARANTA Jean-François	Santé Publique

REMERCIEMENTS

Au Président du Jury, Monsieur le Professeur Gérald Quatrehomme : je vous adresse mes plus sincères remerciements pour l'honneur que vous me faites de présider le jury de cette thèse, pour l'aide formidable dont vous m'avez fait bénéficier pour la réalisation de ce travail et plus encore, pour tout ce que vous m'avez appris au cours de ces deux dernières années, le soutien que vous m'avez apporté et cette passion que vous avez su me transmettre (malgré nos divergences en matière footballistique). Merci infiniment.

À Madame le Professeur Liana Euller Ziegler : je vous remercie d'avoir accepté de participer au Jury de cette thèse. Après vous avoir vu participer à celle d'Adeline Le Guennec, c'est avec plaisir que j'ai accueilli la proposition du Pr. Quatrehomme de vous voir en faire partie. Merci.

À Monsieur le Professeur de Peretti : merci d'avoir accepté de participer au Jury de ma thèse. Je suis ravi qu'un anatomiste soit membre de ce jury et puisse apporter son regard avisé sur ce travail.

A Madame le Docteur Véronique Alunni : je vous remercie tout d'abord d'avoir accepté la direction de cette thèse et bien plus encore, pour les progrès que j'ai fait chaque jour à vos côtés, vos exigences d'excellence, et également le soutien que vous m'avez toujours apporté pour la réalisation de mes projets professionnels, qui finissent (enfin !) par se concrétiser. Merci infiniment.

À Philippe du Jardin, Professeur à l'EDHEC de Nice, qui a réalisé les analyses discriminantes, les régressions logistiques à une variable et les réseaux neuronaux. Mes sincères remerciements pour avoir donné de son temps pour ce travail.

A Luisá Nogeira : je te remercie vivement pour l'aide que tu m'as apportée dans la réalisation de ces travaux. Je suis bien conscient du temps que cela a pu te prendre. Ce fut un plaisir de travailler au labo avec toi, et nous n'avons probablement pas fini, la suite étant dans les petits tuyaux. Merci.

A mes parents, c'est grâce à vous que j'ai pu en arriver là. Bien que ces études se soient imposées par le patrimoine génétique familial plus que par la volonté, finalement, je ne regrette pas ! C'était long, parfois épuisant, mais depuis le début de l'internat c'est devenu peu à peu la belle vie sous le soleil niçois. Bref, tout va bien. Votre fils est heureux, vous pouvez être fiers de vous. J'espère que ma thèse vous passionnera. Merci.

A Sophie, Clément, Louise et sa petite sœur qui devrait pointer le bout de son nez quelques jours après la soutenance (comment elle va s'appeler ???), je sais que vous vouliez venir voir ça et j'en suis ravi. On va essayer de faire un facetime s'il y a du réseau dans la salle ^^. En tous cas merci à tous les deux. Passez nous voir dès que vous pouvez, sinon on fêtera ça à la maternité. Gros bisous à tous les quatre.

A mes papis et mamies, à qui je pense souvent, bien que je ne les aie pas tous connu, Avec une pensée spéciale pour Pierre qui m'a fait rêver par sa personne et son parcours, et dont je suis très fier d'avoir été le petit-fils.

A Kathleen, mon chat, merci pour ta fascination pour la médecine légale, pour le soutien dont tu me fais preuve chaque jour, pour ton aide précieuse et le courage que tu m'as donné pour arriver au bout. Tellement heureux d'être avec toi. Gros bisous

A Scala et Gigio, mes deux petits amours de chatons, corédacteurs de cette thèse.

Merci à Céline, Ariane (et tes cours de "Word pour les nuls" ou "comment rédiger ta thèse pour les nuls" :)), Morgane, Irina, Émilie, Gérard et Jean-Marie : vous m'avez toutes et tous apporté votre aide dans ce cursus, parfois difficile, mais on a fini par y arriver ! Merci pour ce que vous m'avez apporté.

A Élodie, ça y est je vais bientôt arriver dans ton bureau ! Je vais devoir manger des légumes bio, arrêter les gâteaux et les yaourts sucrés, arrêter de m'habiller comme un petit garçon, être ordonné, sage, etc. Bon à part ça, merci pour tout ce que tu m'as apporté. L'un des piliers du service. A très bientôt.

A Maël/Maïel/Mamelle/Co-int/Co-asst : tu vas encore me supporter pendant un an tu crois ??? Merci pour ta folie et ta bonne humeur. Heureux que l'on soit tous les deux arrivés à atteindre nos objectifs ; à bientôt pour de nouvelles aventures.

A Florence, Sandra, Nathalie, Aurélie, Lydie, merci pour le quotidien à vos côtés et heureux que tout cela puisse se poursuivre. A vous aussi, donc, à très bientôt !

Aux agents de salle, Jean-Philippe, Geoffrey, Benjamin et Adrien, merci pour votre sympathie et votre aide, notamment lors de mes débuts. Je n'oublie pas. Merci.

A ceux qui m'ont fait découvrir et aimer la médecine générale et avec qui j'ai le plaisir de continuer l'aventure, Jean-Louis (et Christelle !), Nicolas, Dominique, Philippe et Bernard.

Bien évidemment, à Murielle et Ingrid.

Aux niçois ! Pierre-François, Samira (Grant), Delphine, Mike (Seresta), Vincent, Victoria, Virginie, Rémi, Lucile (Daghe Munegu / Forza Milan !), Jean-François, Amélie, Tim, Céline, Hugo, Inès, Camille.

À mes frères lillois, Lyse, Adrien, Baptiste, Paul-Antoine, Guillaume, Pierre, Gaël et Benou, je vous aime pour toujours. Vous êtes des petits chats qui font partie des choses de la vie. Grâce à vous, je n'ai aucun regret quant à ma vie d'étudiant. On a bien profité, peut-être bu trop de litres de Red Label et de pintes de Delirium mais mon foie semble ne pas m'en tenir rigueur !

À Florent, Antoine, David, Anaël, Agathe, Charles, Margaux, Albéric, Catherine, Gauthier, Thibault, Nicolas, Servais, Quentin, Chaton,

Aux ni niçois ni lillois, Arthur et Nelly,

A mes fidèles groupes de musique qui ont rendu cette thèse agréable à écrire : Deftones, Rammstein, Laura Pausini, Joe Bonamassa, Foo Fighters, Led Zeppelin, Soundgarden, Machine head, Periphery, ZZ Top, Puscifer, Tool, Volbeat...

ABREVIATIONS

LT	Longueur totale
LTS	Longueur totale sans le processus styloïde
LP	Longueur physiologique
DTT	Diamètre transversal de la tête
DST (radius)	Diamètre sagittal de la tête
PT	Périmètre de la tête
DTC	Diamètre transversal cervical
DSC	Diamètre sagittal cervical
PC	Périmètre au col
DTST	Diamètre transversal sous-tubérositaire
DSST	Diamètre sagittal sous-tubérositaire
PST	Périmètre sous-tubérositaire
HO	Hauteur de l'olécrane
LMAO	Largeur maximale de l'olécrane
LMIO	Largeur minimale de l'olécrane
DSMAO	Diamètre sagittal maximal de l'olécrane
DSMIO	Diamètre sagittal minimal de l'olécrane
DSPC	Diamètre sagittal du processus coronoïde
LMAPC	Largeur maximale du processus coronoïde
LMIPC	Largeur minimale du processus coronoïde
DST	Diamètre sous-sigmoïdien transversal
DSS	Diamètre sous-sigmoïdien sagittal
DTM	Diamètre transverse à mi-hauteur

DSM	Diamètre sagittal à mi-hauteur
PM	Périmètre à mi-hauteur
DTFN	Diamètre transversal au foramen nourricier
DSFN	Diamètre sagittal au foramen nourricier
PFN	Périmètre au foramen nourricier
LDMA	Largeur distale maximale
LDMI	Largeur distale minimale
DTPD	Diamètre transversal physiologique distal
DSPD	Diamètre sagittal physiologique distal
DTD	Diamètre transversal distal
DSD	Diamètre sagittal distal
PD	Périmètre distal
IR	Indice de robustesse
IV	Indice de Verneau

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS **8**
ABREVIATIONS **12**
TABLE DES MATIERES **14**
I. INTRODUCTION **17**
1 Anthropologie médico-légale **17**
2 L'Identification du disparu **18**
2.1 Identification reconstructive *18*
2.1.1 Étude des os 19
2.1.1.1 Méthodes qualitatives, morphologiques 19
2.1.1.2 Méthodes semi-quantitatives 20
2.1.1.3 Méthodes quantitatives, métriques 20
2.1.2 La détermination de l'âge 20
2.1.3 L'origine géographique 22
2.1.4 La stature 23
2.1.5 Le dimorphisme sexuel 23
2.2 Identification comparative *26*
2.2.1 La comparaison par empreintes digitales 26
2.2.2 La comparaison radiologique 27
2.2.3 La comparaison odontologique 27
2.2.4 La comparaison génétique 28
2.2.5 Autres méthodes de comparaison 29
2.2.6 L'identification spécialisée crânio-faciale 30
3 Le radius en anthropologie reconstructive **33**
3.1 Anatomie du radius *33*
3.1.1 Description 33
3.1.2 Latéralisation 34
3.1.3 Estimation de l'âge 35
3.1.4 Évaluation du groupe biogéographique 35
3.1.5 Stature 35
3.1.6 Dimorphisme sexuel 36
3.1.6.1 L'os dans sa globalité 36
3.1.6.2 Epiphyses 37
4 L'ulna en anthropologie reconstructive **38**
4.1 Anatomie de l'ulna *38*
4.1.1 Description 38

4.1.2 Latéralisation 39
4.1.3 Estimation de l'âge 40
4.1.4 Origine biogéographique 41
4.1.5 Stature 41
4.1.6 Dimorphisme sexuel 41
4.1.6.1 L'os dans sa globalité 42
4.1.6.2 Epiphyses - diaphyse 43
5 Objectifs de la présente étude 44
II. Méthodologie 45
1 Matériels ..... Erreur ! Signet non défini.
2 Méthodes 46
2.1 Méthodes de mesure 46
2.2 Description des variables 46
2.2.1 Concernant le radius 47
2.2.1.1 Définition des vues anthropologiques 47
2.2.1.2 Définition des variables 48
2.2.2 Concernant l'ulna 59
2.2.2.1 Définition des vues anthropologiques 59
2.2.2.2 Définition des variables 60
2.3 Analyses statistiques 71
2.3.1 Description de l'échantillon, comparaison entre les deux sexes 71
2.3.2 Différences selon le côté 72
2.3.3 Différences intra-observateur 72
2.3.4 Différences inter-observateur 72
2.3.5 Analyses discriminantes 73
2.3.6 Régressions logistiques 73
2.3.7 Réseaux neuronaux artificiels 74
2.3.7.1 Test de normalité 76
III. RÉSULTATS 77
1 Description de l'échantillon 77
1.1 Radius : statistiques descriptives 78
1.2 Ulna : statistiques descriptives 79
2 Comparaisons des os droits et gauches 80
2.1 Radius 80
2.2 Ulna 80
3 Différences intra-observateur 81
3.1 Radius 81
3.2 Ulna 81

4 Différences inter-observateur 81
4.1 Radius 81
4.2 Ulna 82
5 Analyse discriminante 91
*5.1 Radius ..... **Erreur ! Signet non défini.***
6 Régressions logistiques univariées 93
6.1 Radius 93
6.2 Ulna 94
7 Régressions logistiques multivariées 97
7.1 Radius 97
7.2 Ulna 97
8 Réseaux neuronaux artificiels (radius) 104
9 Test de normalité 106
9.1 Radius 106
9.2 Ulna 153
Discussion 201
1 Introduction 203
2 Caractéristiques de l'échantillon 204
3 Méthodes de mesure 205
4 Description de l'échantillon 206
5 Étude des différences selon la latéralité 207
6 Différences intra-observateur 208
7 Différences inter-observateur 209
8 Analyse discriminante 212
9 Régression logistique 217
9.1 Radius 217
9.2 Ulna 218
10 Réseaux neuronaux 219
11 Performances des différents modèles statistiques 220
CONCLUSION 222
BIBLIOGRAPHIE 223
- *Références 223*
- *Rapports 230*

SERMENT D'HIPPOCRATE 232
RÉSUMÉ 233

I. INTRODUCTION

1 Anthropologie médico-légale

L'anthropologie médico-légale consiste en l'application des méthodes d'anthropologie physique, étudiant les ossements et les éléments les entourant, à un contexte médico-légal, s'intéressant à la victime, aux ossements, à leur environnement et aux circonstances de découverte ; l'objectif étant d'élucider les causes et circonstances d'un décès. En effet, une découverte de squelette peut poser de nombreux problèmes à un magistrat. Parmi ceux-ci, se posent notamment le problème de l'identité du sujet, de la cause de sa mort, de la compatibilité des lésions observées sur l'os avec un certain type d'arme, de la possibilité d'un meurtre, d'un suicide ou encore, de lésions d'automutilation. Deux grandes thématiques anthropologiques ont ainsi été distinguées : une première concernant l'anthropologie d'identification et une seconde concernant l'anthropologie lésionnelle (Quatrehomme, 2015).

Concernant l'anthropologie d'identification, un spécialiste peut être requis ou commis afin de déterminer l'origine humaine ou animale des ossements, leur ancienneté, le nombre de victimes, le profil biologique de la (ou des) victime(s) et rechercher des particularités propres à l'individu (physiologiques, pathologiques, professionnelles, culturelles, cultuelles ou autre). Il pourra dans un second temps établir une identification comparative, permettant parfois une identification absolue, à l'aide des empreintes digitales s'il reste des parties molles, de comparaisons radiologiques, odontologiques, ADN, de particularités comme un numéro de prothèse ou de certains tatouages. Des techniques spécialisées peuvent aussi être utilisées, telles que la superposition faciale, la restauration faciale, la reconstruction faciale, la comparaison d'images, ou le vieillissement de visage.

En anthropologie lésionnelle, le spécialiste devra déterminer si une lésion est survenue avant, au moment de, ou après la mort. Il identifiera les lésions par armes à feu, par instrument tranchant, contondant, tranchant-contondant, par brûlure et des cas complexes intriquant plusieurs mécanismes. Il émettra des hypothèses concernant les causes et circonstances de décès, lorsque celles-ci ne sont pas évidentes ou très probables.

2 L’Identification du disparu

L’identification de la victime est l’un des principaux enjeux de l’anthropologie médicolégale. Les raisons juridiques dépendent du cadre dans lequel on se positionne. Dans un cadre pénal, tant qu’aucune victime n’aura été retrouvée et identifiée, le responsable pourra difficilement être mis en cause. De fait, la prononciation et l'application de sanctions seront délicates pour le magistrat. Il en est de même dans un cadre civil, où de nombreux droits tels que la succession, le mariage ou la transmission de contrats d'assurance seront freinés en ces circonstances. Mais la première raison imposant l'identification formelle d'un corps est le devoir moral. Le disparu doit être retrouvé et identifié formellement ; c'est essentiel pour la famille et les proches.

Plusieurs situations peuvent compromettre l'identification d'un sujet, ou parfois même la rendre impossible. Les circonstances (catastrophes collectives), la cause de la mort (dissimulation du corps) ou encore l'état du corps sont autant de situations pouvant potentiellement l'altérer. Des techniques d’analyse basées sur des critères osseux et dentaires ont ainsi été développées.

2.1 Identification reconstructive

Il est habituel de débuter une identification par une phase de reconstruction, dans le but d'établir un "reflet opaque" (Quatrehomme 2015) de l'individu. Elle commence par une description de l'environnement, des vêtements et des restes humains présents sur place. Un bilan radiologique peut la compléter afin d'observer un antécédent de fracture, un matériel chirurgical en place ou encore mettre un évidence un projectile passé inaperçu à l'examen externe. L'autopsie, s'il persiste des parties molles, permet souvent d'affirmer le sexe, d’estimer l'âge et le groupe biogéographique, de visualiser un état pathologique ou des particularités propres à l'individu. Elle est également la phase idéale pour permettre les prélèvements toxicologiques, anatomo-pathologiques, botaniques ou encore ADN. La combinaison de l'ensemble de ces éléments à une étude anthropologique pourra préciser l’identité de la victime.

2.1.1 Étude des os

Elle peut donner des informations sur l'âge, le sexe, la stature du sujet et son origine biogéographique. Des différences notables sont observées selon les groupes biogéographiques et doivent être prises en compte dans le processus d'identification. De même, l'évolution des os est également marquée par des facteurs externes environnementaux, culturels, sociaux, mais aussi internes, par des pathologies et traumatismes. Pour ces raisons, il est indispensable d'utiliser des méthodes basées sur des échantillons récents et bio-géographiquement diversifiés ; les plus anciens étant difficilement extrapolables à la population actuelle et les méthodes utilisées rarement applicables à un contexte médico-légal.

L'analyse des os se fait selon trois grands types de méthode (Quatrehomme 2015) :

- Les méthodes qualitatives,
- Les méthodes semi-quantitatives,
- Les méthodes quantitatives.

2.1.1.1 Méthodes qualitatives, morphologiques = l'observation

Les méthodes qualitatives se basent sur l'existence d'un ou plusieurs traits d'observation, permettant une évaluation rapide. Elles sont soumises à des probabilités d'estimation correcte et la combinaison de plusieurs traits offre souvent de meilleurs résultats. Elles exigent une grande expérience de la part de l'examinateur et ont le grand désavantage d'être subjectives. De plus, lorsque les traits d'observation ne sont pas assez distincts entre les deux sexes, elles sont parfois difficiles à mettre en œuvre. Cette méthode peut être la référence dans certains cas, notamment lorsque les méthodes métriques sont peu applicables, en particulier pour les os très parcellaires et fragmentés. A titre d'exemple, la proéminence de la glabelle crânienne ou l'aspect de la grande incisure ischiatique du bassin sont classiquement évalués morphologiquement.

2.1.1.2 Méthodes semi-quantitatives = la cotation

Les méthodes semi-quantitatives se font par cotation en classant, par exemple, un critère comme étant "masculin", "féminin", ou "intermédiaire". Habituellement, un coefficient ou poids est attribué à chaque critère morphologique. Les systèmes de cotation varient habituellement de trois à six critères.

2.1.1.3 Méthodes quantitatives, métriques = les mesures

Les méthodes quantitatives sont basées sur l'existence de différences dimensionnelles entre les groupes. Elles permettent l'utilisation des données dans différents modèles statistiques, notamment pour déterminer des proportions, des points discriminants, des points de démarcation, des fonctions discriminantes ou encore des régressions logistiques. Elles exigent une définition des variables très précise, afin de permettre la meilleure reproductibilité des mesures. Elles sont idéalement simples à apprendre, à comprendre, permettant la plus grande objectivité. Les variations intra-observateur et inter-observateurs doivent être prises en compte. Selon les cas, elles ne sont pas toujours supérieures, en termes de sexe correctement affecté, aux méthodes qualitatives et semi-quantitatives.

2.1.2 L'estimation de l'âge

L'estimation de l'âge dans un cas anthropologique médico-légal est délicate. Dans un premier temps, il convient d'estimer s'il s'agit d'un sujet d'âge fœtal, juvénile ou adulte. Les méthodes d'estimation seront alors adaptées au cas particulier, celles-ci ayant des performances variables selon les âges. Elles sont multiples et complémentaires, certains os pouvant évoquer des âges différents. Il est ainsi souhaitable de disposer de plusieurs éléments afin d'en obtenir une estimation globale.

L’évaluation de l’âge fœtal se fait principalement par étude de l'apparition des centres d'ossification et des modifications morphologiques et dimensionnelles des os du crâne, frontal, pariétal, sphénoïde, temporal, occipital, de l'os coxal et des os longs. Ce sont ensuite la présence, notamment, de l’épiphyse humérale supérieure, des points épiphysaires fémoral inférieur et tibial supérieur, qui permettront de déterminer la naissance à terme d’un enfant. Des méthodes ont été créées pour estimer l’âge en fonction de la longueur du corps et du poids par évaluation métrique.

De la naissance à l’adolescence, les critères essentiels sont l’apparition de centres d’ossification, l’éruption et la perte dentaire, la dimension des os et enfin, l’aspect de la fusion des épiphyses. Des tableaux détaillant les âges d’apparition des points d’ossification épiphysaires sur chaque os ont été développés par plusieurs auteurs, ainsi que des schémas d’évolution radiologique du poignet et de la main notamment. Concernant les dates de fusion osseuse, la plupart des études présentent des âges d'apparition moyens ainsi que les variations autour de ceux-ci.

L’estimation à l’âge adulte est complexe, avec des intervalles de confiance s’élargissant à mesure que l’âge avance.

- La méthode de Lamendin est très répandue car simple de mise en œuvre, mais utilisable uniquement après 26 ans. Elle est basée sur des critères dentaires : la hauteur de parodontose et la transparence radiculaire mesurée à partir de l’apex dentaire. Une équation en découle (âge = (0,18 x P + 0,42 x T) + 25,53), la constante de l’équation expliquant son applicabilité après 26 ans.
- La méthode de Suchey-Brooks prend en compte l’aspect de la surface articulaire de la symphyse pubienne, avec l’existence ou non d'une extrémité supérieure ou inférieure individualisée, et l’existence ou non d’un mur postérieur ou antérieur, dont les apparitions sont liées à l’âge. Elle a été élaborée sur un large échantillon, testée à de nombreuses reprises et a permis de classer les sujets en six phases d’âge. Elle donne de bons résultats principalement de 16 à 40 ans. A partir de la phase 4, elle n'est plus utilisable sur un cas particulier médico-légal.
- La méthode d’Iscan et Krogman est fondée sur l’étude de la quatrième côte droite et sur le vieillissement de son épiphyse sternale, distinguant neuf catégories d'âge selon son évolution.

D’autres méthodes peuvent être utilisées au-delà de cet âge, comme la méthode d’Ascadi et Nemeskéri, également élaborée à partir de la symphyse pubienne. Existe encore la méthode de Kerley, étudiant la structure microscopique du tissu osseux en fonction de l'âge.

2.1.3 L’origine géographique

En anthropologie médico-légale, seul le crâne peut être proposé pour estimer l’origine géographique du disparu ; les autres os ont été étudiés anthropologiquement mais présentent des variations trop importantes pour être utilisables en contexte médico-légal. Les conditions démographiques de chaque pays doivent être prises en compte. Concernant la France, la probabilité pour un sujet d’être originaire d’Europe ou du Maghreb est plus élevée que d’autres origines, comme l’Afrique Noire ou l’Asie. De plus, le métissage et les migrations sont constantes. Ces réflexions sont à adapter à chaque situation de découverte de corps afin d’affiner la phase d'identification reconstructive.

A titre d’exemple, sur le plan qualitatif, le crâne du sujet d’origine européenne présente, dans un cas typique, une face longue et étroite, un bord inférieur de l’ouverture nasale assez aigu, voire tranchant, et une ouverture nasale étroite. Une dépression est souvent retrouvée sur la racine nasale. L’épine nasale est longue et tranchante, les processus zygomatiques sont en retrait. On constate également une habituelle orthognatie, (Howells (1970), Krogman et Iscan (1986), Brues (1990), Gill et Rhine (1990), Quatrehomme (2003), Clément et Marks (2005)). Sur le plan quantitatif, des analyses discriminantes ont été réalisées. Les probabilités sont intéressantes, avec environ 80 % de bonnes classifications (Giles et Elliot (1962). Elles sont toutefois anciennes et donc peu applicables à une population moderne. Le crâne d'origine africaine présente typiquement un prognathisme et une ouverture nasale large. Le crâne d'origine asiatique est typiquement arrondi et plat, par projection des os zygomatiques vers l'avant. Les incisives en " pelle " sont évocatrices mais inconstantes.

La discrimination biogéographique se fonde donc généralement sur des critères morphologiques. Son applicabilité médico-légale dépend de la présence d'un crâne typique ou non. De nombreux critères ont été listés dans la littérature mais leur utilisation est parfois délicate. Il n'existe par ailleurs pas de méthode scientifiquement validée permettant de différencier un sujet originaire du Maghreb d'un sujet originaire de l'Europe occidentale. Il en est de même pour la distinction entre les sujets de l'Europe de l'Est et de l'Europe occidentale.

2.1.4 La stature

L'estimation de la stature se fait par l'étude des proportions entre la longueur des os longs et la stature de l'individu. Le fémur étant l'os le plus long du corps, il est l'os le plus performant en ce domaine (Feldesman, 1992). Des précautions d'usage sont à prendre. Lorsque le sujet est âgé, il convient de diminuer l'estimation, le sujet « *se tassant* » à mesure que l'âge augmente. De plus, une marge d'erreur est à préciser dans le rapport d'expertise anthropologique. Elles sont explicitées dans certaines publications (Trotter et Gleser, 1951, 1952, 1958, 1977). A noter que les statures données sur les cartes nationales d'identité seraient surestimées d'environ 1 à 3 cm chez la femme et 3 à 5 cm chez l'homme, et celles mesurées en salle d'autopsie le seraient de 2,5 cm environ (Fully 1956 ; Fully et Pineau 1960). Des tables ont été élaborées afin d'établir une correspondance entre stature et longueur osseuse. On retient notamment les tables de Trotter et Gleser, appliquées à un échantillon américain et se basant sur des mesures d'humérus, radius, ulna, fémur, tibia ou fibula. Il existe des tables français mais plus anciennes. Des estimations sont également possibles sur des os fragmentés, avec plus de réserves quant aux résultats et leur applicabilité médico-légale.

2.1.5 Le dimorphisme sexuel

Le dimorphisme sexuel est l'un des fondamentaux de l'identification reconstructive. Il permet, en l'absence de prédominance sexuelle au sein d'une population, d'éliminer jusqu'à la moitié des possibilités d'identification dans la phase comparative. De plus, les méthodes d'estimation de l'âge, de la stature et de l'origine biogéographique sont habituellement dépendantes du sexe. Il s'agit donc du principal pilier de l'identification reconstructive, celle-ci conditionnant toute la suite de l'identification du sujet. L'erreur aboutit à une impasse judiciaire.

La plupart des méthodes utilisées pour la détermination du profil biologique ont été élaborées à partir de collections historiques et de nombreuses études récentes soulignent la nécessité de réactualiser les références en travaillant sur des populations modernes, du fait de l'évolution biologique inhérente aux changements séculaires (nutritionnels, sociaux, environnementaux…). Le degré de pertinence des résultats obtenus durant l'analyse anthropologique dépendra du choix des méthodes, en fonction de la population étudiée.

A l'heure actuelle, l'expert doit être prudent et ne se prononcer sur le sexe qu'à partir des trois localisations donnant des probabilités suffisantes de détermination, à savoir le bassin, le crâne et le fémur ; disposer de l'ensemble de ces os étant évidemment l'idéal.

- Les os du bassin (os coxaux) sont les éléments les plus pertinents pour la détermination du sexe. Deux grandes méthodes sont couramment utilisées concernant celui-ci : l'analyse des critères morphologiques (méthode qualitative) et l'analyse métrique (méthode quantitative). Parmi les méthodes métriques, la méthode DSP (Diagnose Sexuelle Probabiliste) permet de calculer, à partir de quatre à dix variables, la probabilité individuelle de chaque sujet d'appartenir au groupe masculin ou féminin. Cette méthode a été élaborée à l'aide de sujets d'identité connue provenant d'Europe, d'Afrique, d'Amérique du nord et d'Asie (Murail et coll. 2005) et est très intéressante en médecine légale, les erreurs étant très rares ou inexistantes dans un échantillon. Le principal inconvénient est le nombre de cas indéterminés, en fonction des variables disponibles.

- Concernant le segment cranio-facial, les méthodes sont principalement qualitatives. D'une manière générale, les crânes des sujets féminins sont plus fins et graciles, avec des insertions musculaires moins développées que chez les sujets masculins, dont les crânes sont plus grands et robustes, avec des insertions musculaires marquées. Certains de ces critères sont toutefois variables en fonction de l'origine biogéographique. Une zone glabellaire robuste, un important volume endocrânien, un chignon occipital développé, orienteront vers un crâne de sexe masculin (Quatrehomme et coll. 2011). Des méthodes quantitatives ont permis de déterminer des équations discriminantes avec jusqu'à 86,6 % de bons classements. (Giles, 1970). D'importants déséquilibres homme/femme les rendent cependant peu utilisables à ce jour en médecine légale. Les variables prises individuellement telles que le poids du cranium seraient un mauvais indicateur de sexe (Quatrehomme et coll. 2011).

- Concernant le fémur, les dimensions les plus utiles seraient la *longueur maximale*, les *diamètres antéro-postérieur et transverse sous-trochantériens*, le *diamètre transversal de la tête*, la *largeur bi-condylienne* (Ferembach et coll. (1979, 1980)). De nombreuses études ont été réalisées sur chaque segment d'os, avec des résultats variables selon les groupes biogéographiques d'étude. Le développement de la ligne âpre serait le critère morphologique le plus utile. Işcan et Miller-Shaivitz (1984, 1986) ont travaillé sur des populations européennes et d'Afrique noire, combinant le *diamètre de la tête fémorale* et la *largeur distale* et obtenant un pourcentage d'exactitude de 94 %. Alunni et coll. (2003) ont travaillé sur la *mesure supéro-inférieure du col du fémur* pour la détermination du sexe sur une population âgée niçoise. Une équation a été générée, permettant de classer correctement 90,1 % des sujets. Alunni et coll. (2008) ont utilisé la *largeur bicondylienne* comme variable discriminante sur une population âgée niçoise également. La zone de recouvrement selon le sexe était assez faible, expliquant le pourcentage de fémurs correctement classés (95,4 %).

2.2 Identification comparative

Une fois l'ensemble de ces données recueilli et un profil biologique, le plus fidèle à l'identité du disparu, établi, l'expert peut poursuivre son identification par la phase de comparaison. Elle se fait par confrontation des données ante-mortem de chaque sujet correspondant au profil biologique établi par le médecin légiste, que les enquêteurs de Police ou de Gendarmerie vont sélectionner dans leurs bases de données, aux données post-mortem recueillies sur le sujet disparu. Les méthodes sont diverses, avec étude des empreintes digitales, radiologiques, odontologiques ou ADN. Elles permettent selon les cas une identification certaine, probable ou possible (Quatrehomme et Subsol 2005, Quatrehomme et coll. 1999, Quatrehomme 2015). Elles peuvent à l'inverse, exclure totalement un sujet potentiel du champ de l'identification.

2.2.1 La comparaison par empreintes digitales

Les dermatoglyphes sont spécifiques aux humains et singes supérieurs, immuables à partir de l'âge fœtal (4ème mois selon Galton) et hypervariables, même chez les jumeaux. L'étude de leurs crêtes permet de classifier les sujets à l'aide de points caractéristiques appelés « *minuties* ». Ces minuties deviennent des points de concordance lors d'une identification positive. La comparaison se fait via les fichiers régionaux, nationaux et internationaux (Interpol). Lorsque les empreintes des dix doigts d'un sujet ont été répertoriées en un fichier, et que celles-ci sont retrouvées sur une zone d'intérêt, le sujet peut être identifié en une dizaine de minutes. Une méthode utilisant individuellement chaque doigt présente plus d'intérêt sur une scène de crime mais peut prendre plusieurs heures à plusieurs jours. Dans la plupart des pays, on admet que 12 points de concordance sont suffisants pour conclure à l'identification formelle du sujet (Jadin 2011).

2.2.2 La comparaison radiologique

Les comparaisons radiologiques sont très peu coûteuses et performantes. (Dedouit et coll. 2007 a,b,c, 2014). La Caisse Primaire d'Assurance Maladie peut nous aider à retrouver les examens réalisés par un sujet et ainsi, orienter la réalisation de clichés post-mortem. Leur listing n'est cependant conservé que pendant quelques années.

Le crâne est un os particulièrement intéressant dans ce but car l'on y dispose de milliers de points de comparaison. A titre d'exemple, le sinus frontal est très variable d'un sujet à l'autre et ses morphologie et mensurations sont uniques et stables durant la vie de l'individu. (Marlin et coll. 1991 ; Quatrehomme et coll. 1996 ; Nambiar et coll. 1999 ; Patil et coll. 2012). Il est cependant rare de disposer de tels clichés ante-mortem. Mais l'ensemble des parties osseuses du squelette peut présenter un intérêt, permettant parfois une identification positive absolue. Des variations anatomiques, des calcifications, des particularités du dessin osseux cortical, un antécédent traumatique ou chirurgical ou encore, des pathologies osseuses, sont autant d'éléments pouvant nous orienter. L'étude des travées osseuses, lorsque l'on dispose de clichés de qualité suffisante, peut également permettre l'identification absolue (Mann 1998 ; Kahana et coll. 1998, Quatrehomme et coll. 2014).

En pratique, les radiographies du crâne et du thorax sont les plus utilisées, du fait du nombre important d'actes réalisés du vivant de nos patients. Le nombre d'éléments anatomiques visibles les rend particulièrement intéressantes dans ce but (crâne, clavicules, omoplates, côtes, rachis).

2.2.3 La comparaison odontologique

Elle concerne les dents, mais aussi les lèvres, les crêtes du palais et le palais osseux. Ces méthodes comparatives sont extrêmement performantes (Saxena et coll. 2010) et d'un coût relativement faible. Elles peuvent se faire sur dossier clinique et/ou sur radiographie ; les limites étant l'absence de dossier ante-mortem disponible (sans domiciles fixes par exemple) ou son insuffisance (absence de consensus international sur la codification du dossier ou dossier mal tenu).

- La cheiloscopie, étudiant les sillons constituant la partie muqueuse de la lèvre, permet la comparaison d'une véritable empreinte, immuable au cours de la vie d'un sujet. Elle est limitée par la relative rareté de cet examen ante-mortem (Suzuki et Tsuchihashi 1970 ; Renaud 1973).
- La rugoscopie, étudiant les crêtes de la partie antérieure du palais muqueux permet, elle aussi, la comparaison d'une empreinte immuable au cours de la vie (Augistine et coll. 2008 ; Shukla et coll. 2011). Elle se réalise par moulage ou par étude d'une fiche rugoscopique ante-mortem ; son utilisation est, elle aussi, limitée par la rareté de cet examen ante-mortem.
- Certaines protubérances congénitales palatines et mandibulaires (tori) et d'autres malformations peuvent représenter un intérêt, sous réserve qu'elles aient été documentées.
- Les morsures humaines laissent toujours des traces imparfaites sur la peau, en raison du faible nombre de dents impliquées dans le processus. De plus, la rétraction des tissus a tendance à modifier l'aspect de celles-ci. Elles peuvent cependant être l'occasion de prélèvements d'ADN.

2.2.4 La comparaison génétique

L'ADN a une importance médico-légale considérable. Il peut survivre quasi-indéfiniment et être retrouvé sur des momies ou des squelettes anciens (Pääbo 1985, 1989). Cependant, certains processus le dégradent, tels que l'exposition aux ultra-violets, aux bactéries, la transformation adipocireuse du corps, ou la brûlure des tissus.

De nombreuses applications sont possibles, comme la comparaison entre l'ADN d'un échantillon recueilli sur une victime et celui d'un suspect, ou établir la présence d'un individu sur les lieux d'un crime ou d'un délit. II peut également être utile pour identifier un sujet altéré, ou encore dans le déterminisme sexuel, lorsque l'état du corps ne permet plus une identification visuelle. Il peut éventuellement être utilisé dans les affaires de filiation (sous l'autorité d'un magistrat), la recherche post-mortem de filiation étant toutefois interdite en dehors du consentement express de l'intéressé de son vivant. La grande limite de l'utilisation des empreintes génétiques est le risque de contamination par un ADN étranger. Le risque de faux positifs ou négatifs est alors important et à prendre en considération. En effet, une quantité infime d'ADN extérieur suffit à fausser le prélèvement après amplification.

Par ailleurs, n'oublions pas que la découverte de l'ADN du suspect signifie simplement l'existence d'un contact avec le support prélevé. En aucun cas cela n'atteste de sa culpabilité ni même de sa présence sur les lieux. Le support en question peut également avoir été laissé intentionnellement sur les lieux d'un crime ou d'un délit. Il ne s'agit de toute façon pas de se prononcer sur la culpabilité de l'individu ; ce n'est pas du ressort du médecin légiste mais de la Juridiction compétente.

Un fichier national automatisé d'empreintes génétiques (FNAEG) a été créé, initialement pour les criminels sexuels condamnés, étendu progressivement à d'autres crimes et délits ainsi qu'aux personnes non condamnées mais gardés à vue. En 2014, 2 449 855 empreintes d'individus étaient enregistrées. En 2012, 73 462 rapprochements de profils avaient permis la résolution d'affaires. Les empreintes génétiques des condamnés sont conservées 40 ans ; celles des mis en cause le sont 25 ans, sauf cas d'irresponsabilité pénale (Rapport du gouvernement, 2015).

2.2.5 Autres méthodes de comparaison

- Antécédent chirurgical : un matériel chirurgical peut parfois être retrouvé en place, avec un numéro d'identification permettant de retrouver l'identité du sujet.
- Tatouages : ils peuvent parfois permettre une identification absolue, sous réserve de la part de subjectivité liée à son interprétation.
- Oreilles : la morphologie des oreilles peut être un critère d'identification ou d'exclusion, sous réserve de la part de subjectivité liée à son interprétation.

- Conduit auditif : les comparaisons auriculaires peuvent être utilisées avec de très hauts niveaux de performance. Une technologie émettant un son infime via un haut-parleur permet l'analyse du signal répercuté par le conduit auditif interne de l'oreille via un micro intégré. D'une personne à l'autre, un spectre très variable sera obtenu et des points spécifiques de ce spectre peuvent-être utilisés pour identifier une personne. La fiabilité de reconnaissance de cette méthode serait proche de 100 % (Cameriere et coll. 2011 ; Purkait et Singh 2008 ; Singh et Purkait 2009). La comparaison des résultats ante-mortem et post-mortem n'est cependant pas disponible.

2.2.6 L'identification spécialisée crânio-faciale

De nombreuses méthodes spécialisées d'identification crânio-faciale existent. Elles sont généralement basées sur des méthodes reconstructives et ne permettent que très rarement l'identification comparative (Quatrehomme et Alunni 2010), seule méthode d'identification acceptée selon les recommandations européennes (Quatrehomme et Rougé 2003). Elles peuvent cependant exclure des identités potentielles. Ces méthodes ont en commun la connaissance de l'anatomie du visage, les épaisseurs des parties molles et les rapports des différents éléments du visage entre eux.

Parmi ces techniques, la superposition faciale compare le squelette crânio-facial avec le portrait ou la photographie (Quatrehomme et coll. 1999, Quatrehomme 2005). Elle fait appel à la superposition de photographies, la vidéo-superposition et la superposition informatique. Elle consiste en l'identification de points de convergence. C'est une méthode complexe, à utiliser lorsque les comparaisons radiologiques ou dentaires sont impossibles, ou encore lorsque l'ADN n'est pas utilisable.

La restauration faciale est utilisée sur des crânes ayant conservé une quantité suffisante de parties molles, même si la qualité des tissus est médiocre (Quatrehomme 2005). Elle se fait selon deux approches, l'une chirurgicale, l'autre thanatopraxique. L'approche "chirurgicale" est utilisée essentiellement lorsque le visage présente des lésions traumatiques mutilantes. Elle consiste en un comblement des pertes de substance ou en des sutures de qualité, dans le but de restaurer le visage délabré. L'approche thanatopraxique est utilisée lorsque le visage est décomposé. L'on y injecte des produits visant à soutenir les tissus, combler les parties du visage altérées et redonner une tonicité aux tissus mous.

La restitution du visage aux familles est limitée par la technique et l'éthique. La rendre sous forme de dessin (Ubelaker 1991 ; Civardi et Quatrehomme 2003) permet de la soumettre aux familles ou de la publier, ce qui n'est pas toujours le cas de la photographie (Dérobert 1974). Un moulage est également réalisable et la retouche informatique se développe (Quatrehomme et coll. 1995, 1996, Quatrehomme 2005). Cette méthode est à utiliser en première intention quand persistent des parties molles, permettant la reconstruction faciale dans un second temps si la restauration a échoué.

La reconstruction faciale est utilisée sur un crâne lisse, en dernier recours lorsqu'aucune autre possibilité reconstructive n'est possible. Elle consiste à reconstruire totalement le visage à partir du crâne osseux (Quatrehomme et coll. 1996, Quatrehomme et subbal 2005). La majorité des méthodes utilisées est basée sur la relation entre certains points osseux et les parties molles sous-jacentes. L'épaisseur des parties molles et les relations entre les éléments du visage sont des éléments importants. Le positionnement de la pointe nasale et des oreilles pose des problèmes redoutables. De plus, la corpulence, la couleur des yeux et cheveux, la coiffure et le port de lunettes sont d'autres freins à l'établissement d'un portrait (Zavala et Paley 1972). Une caricature peut en résulter et pourrait être suffisante, si elle est reconnaissable par les proches.

En résumé, parmi les quatre piliers de l'identification reconstructive, le déterminisme du sexe est un élément très important. Le sexe conditionne toute la suite de la procédure, les techniques d'évaluation de l'âge, de la stature ou du groupe biogéographique en étant influencées. Il est nécessaire de disposer d'éléments concernant l'ensemble du squelette, celui-ci pouvant être parfois incomplet. Les études doivent être récentes, en raison des modifications liées à l'évolution des modes de vie des populations. Les os de l'avant-bras n'ont jusqu'alors, que peu été étudiés en ce domaine.

3 Le radius en anthropologie reconstructive

3.1 Anatomie du radius

3.1.1 Description

Le radius est l'un des deux os longs de l'avant-bras et se situe en dehors de l'ulna. Il comporte une diaphyse et deux épiphyses. L'épiphyse proximale s'articule avec l'humérus et l'ulna. L'épiphyse distale s'articule avec le carpe, par les os scaphoïde et lunatum. Elle s'articule également avec l'ulna.

La diaphyse décrit une courbure concave vers le dedans et l'avant et augmente de volume de haut en bas en décrivant un prisme triangulaire. La face antérieure présente un foramen nourricier, orienté vers le coude, ainsi que l'insertion des muscles long fléchisseur propre du pouce et carré pronateur. La face postérieure présente deux crêtes obliques en bas et en dehors donnant insertion aux muscles long abducteur et court extenseur du pouce. La face latérale est rugueuse et donne insertion aux muscles supinateur en haut et rond pronateur à la partie moyenne. Le bord latéral donne la membrane interosseuse.

L'épiphyse proximale est composée de la tête, du col et de la tubérosité radiale. La tête est une saillie grossièrement cylindrique et asymétrique. Sa face supérieure décrit une fovéa, une excavation s'articulant avec le capitulum de l'humérus. Cette surface articulaire se prolonge sur le pourtour de la tête radiale, permettant l'articulation avec l'incisure radiale de l'ulna. La tête est supportée par le col, de forme cylindrique et se dirigeant vers le bas et le dedans. La tubérosité radiale est une éminence ovoïde, à grand axe vertical, située sur la partie antéro-médiale de l'os, à la jonction du col et de la diaphyse du radius. Elle donne insertion au tendon du muscle biceps brachial.

L’épiphyse distale est volumineuse, aplatie d’avant en arrière. Sa face inférieure est de forme triangulaire à base médiale, s’articulant d’une part avec le scaphoïde et d’autre part avec le lunatum ; ces deux articulations étant séparées par une crête mousse. Sa face inférieure est excavée et donne insertion au muscle carré pronateur. Sa face postérieure est particulièrement irrégulière, creusée de deux gouttières permettant le passage des tendons du muscle court extenseur radial du carpe, du long extenseur du pouce, du muscle extenseur des doigts et de l’extenseur de l’index. Ces deux sillons sont séparés par le tubercule dorsal. La face latérale se prolonge par le processus styloïde sur lequel s’insèrent le muscle long supinateur et le ligament collatéral radial du carpe. Enfin, la face médiale est destinée à l’articulation avec l’ulna par l’incisure ulnaire. Elle est concave, allongée, s’articulant avec la circonférence de la tête de l’ulna.

3.1.2 Latéralisation

La partie supérieure du radius droit décrit, en vue antérieure, un « S » inversé. La surface articulaire de l'épiphyse proximale est plus large médialement. Le côté latéral du col décrit une concavité nette, alors qu’il est plus rectiligne sur le versant médial.

Concernant la diaphyse, le foramen nourricier est orienté vers le coude et donc, la partie proximale. La crête interosseuse et la tubérosité du radius sont médiales. La tubérosité est légèrement antérieure, avec une face postérieure rugueuse. Le tiers moyen du corps, en vue antérieure, présente une zone excavée franchement convexe en bas, et inversement sur la face postérieure.

Le bord antérieur est plus marqué dans sa partie proximale, se dirige en bas et en dehors puis vers le processus styloïde radial.

La partie antérieure de l'épiphyse distale est lisse et concave, alors que la face postérieure est en reliefs et convexe. Le processus styloïde est latéral, l’incisure ulnaire est médiale, le tubercule dorsal est légèrement médial. Distalement, le bord latéral tend à former une concavité à l’extrémité distale alors que le bord médial reste rectiligne.

3.2 Étude anthropologique

3.2.1 Estimation de l'âge

Concernant la vie intra-utérine, l'apparition des points d'ossification du radius a été étudiée notamment par Bass (1987), Olivier (1960), Rouvière (2002), Scheuer et Black (2000). Le point épiphysaire distal semble apparaître entre 1 et 2 ans selon la plupart des auteurs. La tubérosité distale apparaitrait entre 13 et 14 ans et le processus styloïde à 8 ans. Des différences sont notables selon les auteurs pour l'apparition des points diaphysaire et épiphysaire proximal ; de même pour les périodes de fusion des épiphyses et de la diaphyse.

La longueur de l'os a été étudiée chez les indiens Knoll par Johnston (1962) de la naissance à l'âge de 5 ans et par Sundick (1972, 1978) de 1 à 18 ans, ainsi que sur une population germanique. Des moyennes et écarts-types ont été présentés. Selon ces mêmes auteurs, les épiphyses proximales seraient toutes unifiées à l'âge de 19 ans. En distalité, cela se produirait entre 17 et 20 ans.

3.2.2 Évaluation du groupe biogéographique

Seul l'angle cervico-diaphysaire présenterait un intérêt selon une étude d'Olivier (1960). Le radius ne semble pas permettre l'évaluation du groupe biogéographique d'un individu, notamment dans un contexte médico-légal.

3.2.3 Stature

Trotter et Gleser (1958) ont créé des tables donnant les statures moyennes à partir de la longueur totale de l'os.

3.2.4 Dimorphisme sexuel

Plusieurs études ont été réalisées mais à ce jour, aucune méthode fiable de déterminisme sexuel n'a pu être élaborée. Nous distinguerons les mesures faites sur os entier de celles réalisées sur des segments, afin de mettre en évidence les variables les plus adaptées selon chaque contexte.

3.2.4.1 L'os dans sa globalité

Wada (1994) a présenté une fonction discriminante visant à déterminer le sexe de sujets iraquiens en étudiant 108 radius et en comparant 15 variables différentes, sur des os droits et gauches. 13 de ces mesures révélaient des différences significatives selon le sexe, et aucune différence significative n'a pu être mise en évidence selon le côté. Il s'agissait de la *longueur maximale*, la *longueur physiologique*, le *périmètre minimal de la diaphyse*, les *diamètres transversal, sagittal et le périmètre de la diaphyse et à mi-hauteur*, *le périmètre de la tête*, la *largeur de l'épiphyse distale* ainsi que des *index longueur/épaisseur* et des *cross-sections*. Une fonction discriminante a été élaborée à l'aide de 63 de ces 108 os, en utilisant un groupe de 5 variables, avec un taux global observé de 95,2 % de bonnes classifications.

Waghmare et coll. (2012) ont réalisé une étude sur 198 radius et portant sur 6 variables. Ces variables étaient toutes significativement supérieures chez l'homme par rapport à la femme. Des régressions logistiques ont été élaborées pour chaque variable individuellement ; *le diamètre sagittal à mi-hauteur* était le plus significatif, suivi de la *circonférence à mi-hauteur* et enfin de la *circonférence de la tubérosité radiale*.

En 2001, Mall et coll. ont travaillé sur la *longueur totale*, atteignant 90 % d'évaluations correctes du sexe en analyse discriminante. Steel (1972) utilisait la *longueur totale*, le *diamètre de la tubérosité radiale* et *la largeur de l'épiphyse distale*, établissant des points de démarcation. Pour Barrier et L'Abbé (2008), la *longueur maximale* de l'os était la variable la plus discriminante. Ils ont également évalué les *diamètres transversal et sagittal de la diaphyse* et d'autres variables épiphysaires. Toutes les mesures montraient des différences significatives selon les sexes, permettant des bonnes classifications dans 82 à 88 % des cas, en analyse discriminante et régression logistique. Pour Charisi et coll. (2011), la *longueur totale de l'os* avait un faible pouvoir discriminant. Les variables à mi-hauteur du radius étaient très dimorphiques sur des études indiennes et japonaises (Singh 1974 et Sakaue 2004), moins sur la population sud-africaine.

3.2.4.2 Epiphyses

Berrizbeitia (1989) et Mall et coll. (2001) ont analysé le dimorphisme sexuel de la tête radiale, respectivement sur une population nord-américaine et allemande. Un dimorphisme était observé, avec des résultats concordants entre les deux études. Mall et coll. (2001) ont travaillé sur le *périmètre de la tête* et la *largeur distale* de l'os avec des résultats satisfaisants, atteignant jusqu'à 90 % d'évaluations correctes du sexe en analyse discriminante. Barrier et L'Abbé (2008) ont évalué la *largeur distale*, la *hauteur de la tête radiale,* les *diamètres maximal et minimal de la tête radiale* et la *circonférence de la tête radiale,* qui permettaient des classifications correctes dans 82 à 88 % des cas. Pour Charisi et coll. (2011), la variable la plus discriminante était *la largeur de l'épiphyse proximale*.

4 L’ulna en anthropologie reconstructive

4.1 Anatomie de l'ulna

4.1.1 Description

L’ulna est un os de l’avant-bras. Il est long, situé en dedans du radius, entre la trochlée humérale et le carpe. Son extrémité proximale est plus haut-située que celle du radius, et inversement en distalité ; les deux os s’articulant entre eux sur leurs deux extrémités. Il est constitué d’une diaphyse et de deux épiphyses.

La diaphyse dessine une légère courbure, concave vers l’avant. Elle décrit une sinuosité en « S » italique, dont la concavité supérieure est interne, et l’inférieure est externe. Son tiers supérieur est plus volumineux que l’inférieur, ses trois quarts supérieurs ayant une forme prismatique triangulaire, et son quart inférieur une forme cylindrique, irrégulière. La face antérieure est excavée dans ses trois quarts supérieurs et s’arrondit dans son quart inférieur. Elle donne lieu à l’insertion des muscles fléchisseur profond des doigts et carré pronateur. La face postérieure est divisée par une crête. Sa partie latérale est le lieu d’insertion, de haut en bas, des muscles long abducteur du pouce, court extenseur du pouce, long extenseur du pouce et extenseur propre de l’index. Sa partie médiale est légèrement excavée et est le lieu d’insertion du muscle fléchisseur profond des doigts. Latéralement se trouve le bord interosseux, donnant l’insertion de la membrane interosseuse, rejoignant le radius. Elle est le lieu d’insertion, en haut, du muscle supinateur.

L’épiphyse proximale est constituée de deux processus, l’un vertical, l’olécrane ; l’autre horizontal et antérieur, le processus coronoïde. L’olécrane surmonte la partie postérieure du corps et sa face antérieure contribue à former, avec la partie supérieure du processus coronoïde, l’incisure trochléaire de l’ulna. Elle permet l’articulation avec l’humérus et est séparée en deux surfaces articulaires par un sillon transversal. Sa face postérieure est convexe et est le lieu d’insertion du muscle triceps brachial. Sa face supérieure est prolongée par le processus anconé, saillie recourbée en avant sur laquelle s’insère la capsule articulaire. Les faces latérales sont le lieu d'insertion des faisceaux postérieurs des ligaments collatéraux radial et ulnaire du coude. Le processus coronoïde a la forme d’une pyramide quadrangulaire, implantée sur la face antérieure de l’ulna, au-dessous et en avant de l’olécrane. Son bord inférieur constitue la tubérosité ulnaire, où s’insère les muscle brachial, rond pronateur et fléchisseur superficiel des doigts. Le ligament collatéral ulnaire du coude s’y insère latéralement. La face latérale du processus coronoïde constitue, en haut, l’incisure radiale de l’ulna. Elle s’articule avec le pourtour de la tête du radius. Elle donne également insertion à des ligaments.

L’épiphyse distale se constitue de la tête de l’ulna et du processus styloïde. La tête de l’ulna est irrégulièrement arrondie. Son segment externe, vertical, a la forme d’un cylindre et s’articule avec l’incisure ulnaire du radius. Son segment inférieur donne attache au ligament radio-ulnaire. Le processus styloïde se sépare de la tête par une échancrure. Il donne insertion au disque de l’articulation radio-ulnaire distal et au ligament collatéral ulnaire du carpe.

4.1.2 Latéralisation

L’épiphyse proximale permet une latéralisation très aisée de l’os. En effet, l’incisure radiale, située latéralement, permet très facilement d’orienter l’os lorsqu’il est tenu de telle manière que la crête trochléaire fasse face à l’examinateur. D’autres particularités permettent de l’orienter. Par exemple, lorsque l’on observe la face postérieure de l’os, l’on notera que l’olécrane remonte plus haut médialement que latéralement.

Les reliefs de la diaphyse permettent également son orientation. En vue antérieure, la tubérosité ulnaire est médiale, la crête supinatrice est marquée latéralement, le bord interosseux est orienté vers le bas et latéralement. Il est convexe vers le dehors sur le tiers moyen de la diaphyse. Le foramen nourricier pénètre en s'orientant vers le haut. La face antérieure est plate, le bord médial grossièrement rectiligne. Distalement, le bord latéral est concave latéralement, la partie inférieure est rétrécie et le bord antérieur est convexe médialement.

L'épiphyse distale permet l'orientation par son processus styloïde qui est situé en position postéro-médiale.

4.2 Étude anthropologique

4.2.1 Estimation de l'âge

Selon Rouvière (2002), l'os se développe en un point primitif dès le deuxième mois de la vie fœtale. Il produit la diaphyse et une grande partie des extrémités de l'os. Deux points secondaires le complètent. Le premier, supérieur, se développe à partir de l'âge de 8 ans et termine sa maturation à l'âge de 14 ans. Il donne la partie supérieure de l'olécrane et se soude à la diaphyse entre 15 et 20 ans. Le second, inférieur, apparaît entre 6 et 9 ans. Il donne le processus styloïde et la partie inférieure de la tête de l'ulna qui se soudent à la diaphyse entre 20 et 24 ans.

Fazekas et Kosa (1978) ont étudié la longueur de l'os en fonction de l'âge gestationnel, permettant ainsi d'apprécier l'âge du fœtus selon la *longueur totale* de l'os. Sundick (1972, 1978) a évalué la *longueur avec et sans les épiphyses* sur des populations amérindienne et allemande, en indiquant la corrélation avec l'âge. Scheuer et coll. (1980) ont proposé des équations linéaires et logarithmiques évaluant l'âge en semaines en fonction de la *longueur totale* de l'os. Maresh (1970) a proposé des mesures de la *longueur totale* de l'ulna, avec et sans le processus styloïde, de 2 mois à 18 ans avec moyennes et écarts-types.

4.2.2 Origine biogéographique

Les méthodes existantes sont très peu nombreuses et peu applicables à la pratique médico-légale. L'indice de robustesse, représentant le rapport entre la *circonférence à mi-hauteur* et la *longueur totale* de l'os, ou à la *longueur physiologique* selon les études, varierait légèrement selon les groupes. D'autres critères qualitatifs morphologiques existent mais sont soumis à une certaine subjectivité (Wilder 1920).

4.2.3 Stature

Trotter et Gleser ont élaboré des formules permettant l'estimation de la stature (1952, 1958, 1977). Des marges d'erreur de 4,05 à 4,72 cm sont à appliquer selon l'origine biogéographique du sujet. Au-delà de l'âge de 30 ans, une correction supplémentaire est à apporter.

4.2.4 Dimorphisme sexuel

Plusieurs études ont été réalisées sur l'ulna mais à ce jour, aucune méthode fiable de déterminisme sexuel n'a pu être élaborée ; l'os serait particulièrement sujet aux variations selon l'origine biogéographique du sujet et de nombreuses mesures et critères se recouvriraient entre les sexes. Il est important de distinguer les mesures faites sur un os entier de celles réalisées sur des segments, notamment les épiphyses. En effet, les découvertes de squelettes peuvent mener à étudier des os segmentés ou détériorés. Il faut pouvoir déterminer le sexe en n'utilisant que des parties de ces os.

4.2.4.1 L'os dans sa globalité

Les études les plus anciennes nous viennent d'Olivier (1960), étudiant la *longueur maximale*, la *longueur physiologique* et le *poids*, identifiant des points de démarcation. Ferembach et coll (1979, 1980) ont mis en évidence un dimorphisme significatif concernant la *longueur maximale* de l'os et la *largeur de* son *épiphyse proximale*. Une zone relativement large d'indécision rendait cependant la méthode peu applicable à un contexte médico-légal. Singh et coll. (1974) ont eux aussi déterminé des points de démarcation pour la *longueur maximale*. De même que pour Ferembach, la zone d'indécision était trop large pour être applicable à un contexte médico-légal. Selon Krogman (1955), un ratio femme/homme de 85,5 % existerait pour la *longueur totale* de l'os. Sur des échantillons Sud-africains, Barrier et L'Abbé (2008) obtenaient des résultats concordants pour la *longueur maximale* de l'os, avec 87 % de classements corrects chez les sujets masculins et 89 % chez les sujets féminins. Mall et coll. (2001), Holman et Bennett (1991) et Leopold (1998) obtenaient des résultats comparables. Pour Srivastava et coll. (2013), en Inde, la *longueur maximale* était la variable la plus performante avec 84,9 % de bons classements en analyse discriminante et régression logistique. En analyse multivariée, la combinaison des *longueur maximale*, *largeur de l'incisure radiale* et *hauteur de l'incisure* permettait d'obtenir les meilleurs résultats, avec 92,3 % de bonnes classifications chez les sujets de sexe masculin et 92,5 % chez les sexes féminins. Introna et coll (1993) en Italie obtenaient ses meilleurs résultats par combinaison de la *longueur maximale* et du *périmètre minimal* de l'os. En Turquie, Celbis et Agritmis (2006) ont étudié la *longueur totale* durant des autopsies et ont finalement pu classer correctement les ulnas à plus de 90 % en analyse discriminante.

Olivier (1960) a étudié *l'indice de platôlénie*, rapport entre les *diamètres transversal* et *sagittal à mi-hauteur*, évaluant le degré d'aplatissement transversal à mi-hauteur, tel que l'a défini Verneau en 1903. Il serait en moyenne de 91 chez un sujet de sexe masculin français, de 88 chez le sujet féminin.

4.2.4.2 Epiphyses - diaphyse

Singh et coll. (1974) ont déterminé des points de démarcation pour le *périmètre à mi-hauteur* et la *largeur distale*. La zone d'indécision était trop large pour être applicable à un contexte médico-légal (15,4 mm pour le *périmètre à mi-hauteur* et 9,1 mm pour la *largeur distale*). Ils ont également étudié les *diamètres transversal et sagittal à mi-hauteur*, le *périmètre minimum*, la *largeur maximale de l'olécrane*, la *largeur minimale de l'olécrane* et la *hauteur de l'olécrane*. France (1998) a étudié les *diamètres diaphysaires transversal et sagittal* de l'ulna et obtenait 91 % de bonnes classifications. Mall (2001), Charisi (2010), Singh et Purkait (2001) ont étudié la *largeur épiphysaire distale* et observaient des différences significatives selon le sexe.

Purkait (2001) a étudié la *circonférence à mi-hauteur* qui était significativement informative dans son échantillon, contrairement aux résultats obtenus par Singh et coll (1974), ainsi que la *longueur totale*. Une fonction discriminante aurait permis d'obtenir 100 % de bonnes classifications chez les sujets masculins et 88,23 % chez les sexes féminins. Il a également étudié l'épiphyse proximale en Inde et a développé de nouvelles variables : *l'angle olécrano-coronoide*, qui avait un taux de bonnes classifications de 85 %, avec cependant des méthodes de mesure difficiles à mettre en œuvre, et les *longueur et largeur de l'incisure radiale* qui étaient, elles aussi, hautement dimorphiques. Pour Singh et coll. (1974) et Sakaue (2004), en Inde et au Japon, *les variables à mi-hauteur* étaient très dimorphiques. C'était légèrement moins le cas sur un échantillon sud-africain.

Cowal et Pastor (2008) ont travaillé sur l'épiphyse proximale de l'ulna, en utilisant *les hauteur et largeur de l'incisure radiale, la largeur de l'olécrane et la hauteur du processus coronoïde*. La combinaison de la *largeur de l'incisure radiale et de la largeur de l'olécrane* permettait d'atteindre 85 % de bonnes classifications en analyse discriminante. Srivastava (2013) obtenait des résultats concordants sur ces valeurs avec 81 % de bons classements. Il a également appliqué la formule discriminante à son propre échantillon et obtenait des résultats à 73,5 %.

Pour Charisi (2011), les variables les plus discriminantes seraient *la largeur épiphysaire distale* suivie du *diamètre minimal de la diaphyse.*

5 Objectifs de la présente étude

La détermination du sexe (tout comme l'évaluation de la stature, de l'âge et du groupe biogéographique), constitue l'un des piliers de l'identification reconstructive. De nombreuses études ont été réalisées sur les os longs, notamment l'humérus et le fémur ; peu s'intéressent à l'heure actuelle aux os de l'avant-bras, l'ulna et le radius, et aucune étude française, et plus spécifiquement sur un échantillon de la région niçoise, n'a pu être retrouvée dans la littérature. De plus, rares étaient celles applicables à des os fragmentés, étudiant généralement l'os dans sa globalité.

L'objectif de cette étude était donc d'évaluer les variables actuellement décrites dans la littérature, celles habituellement étudiées sur les os longs et d'en évaluer de nouvelles, relatives aux différents reliefs observés sur l'ulna et le radius, sur un échantillon de sujets d'origine méditerranéenne. Des tests statistiques ont ensuite été appliqués aux résultats afin d'en obtenir des modèles statistiques de détermination du sexe applicables à un contexte médico-légal.

Compte tenu de la relative faiblesse de notre échantillon, l'objectif est donc de générer différents modèles statistiques et de comparer leur efficacité pour classer correctement le sexe. Ultérieurement, un échantillon de validation sera indispensable pour tester les différents modèles générés dans cette étude.

II. Méthodologie

1 Échantillons

Notre collection se situe au laboratoire d'Anthropologie médico-légale de la Faculté de Médecine de Nice (Université de Nice Sophia-Antipolis). Elle comprenait 64 observations, principalement issues de dons du corps du laboratoire d'Anatomie de la Faculté de Médecine de Nice (57 observations) et prélevéess entre 2006 et 2016. Les sept autres cas étaient issus d'autopsies médicolégales, pour lesquelles l'identité et le sexe des sujets étaient connus à la fin du processus d'identification, ou encore d'os confiés au laboratoire pour missions anthropologiques médico-légales, à but d'identification ou lésionnel. Certaines observations médico-légales n'ont pu être incluses dans les mesures qu'une fois l'identité du sujet formellement établie. Étaient exclues de l'échantillon les observations pour lesquelles les années de naissance et de décès n'étaient pas référencées, ou lorsque le sexe seul avait été seulement estimé sans certitude finale (autopsies médico-légales, expertises anthropologiques). Les conditions socio-économiques des sujets n'étaient pas connues. L'échantillon est issu dans sa totalité de sujets d'origine européenne, et probablement dans sa majorité de sujets d'origine méditerranéenne (région niçoise).

L’étape de préparation était corrélée à l’état de préservation ou d’altération des éléments présents. Les corps issus du laboratoire d'Anatomie étaient conservés en chambre froide ; aucun ne présentait d'état de décomposition avancé. Les os étaient prélevés après dissection des tissus mous puis étaient préparés par immersion en eau chaude, frémissante mais non bouillante. Une surveillance régulière étaient appliquée afin d'éviter toute brûlure. Après refroidissement, les parties molles restant adhérentes à l'os étaient enlevées manuellement. L'os était ensuite replacé dans un récipient d'eau et chauffé à nouveau. Cette méthode était renouvelée jusqu'à l'obtention d'un os propre et sec. Cette même méthode a été utilisée pour les cas autopsiques. Les os provenant de missions anthropologiques étaient secs et dépourvus de tissu mou. Tout os présentant un état pathologique manifeste, du matériel médical en place, une enthésopathie prononcée ou une fragmentation, était exclu.

2 Méthodes

2.1 Méthodes de mesure

Un pied à coulisse avec une précision de 0,01mm était utilisé pour les mesures les plus fines (Mitutoyu Absolute Solar Digimatic), un compas d'épaisseur avec graduation millimétrique pour les mesures reliant deux articulations entre-elles et une table ostéométrique avec graduation millimétrique pour les mesures les plus longues. Le poids était évalué à l'aide d'une balance électronique (OHAUS Trooper TR15RS, certifiée de 5g à 15 kg et de précision +/- 2g).

2.2 Description des variables

Habituellement, les repères standard de description utilisés en anthropologie sont les mêmes que ceux utilisés en anatomie. Le sujet est alors face à l'examinateur, en position debout, les paumes de la main vers l'avant, pieds vers l'avant et parallèles entre eux, et le regard horizontal. Cela définit la vue antérieure des os du corps. Dans la présente étude, d'autres repères ont été utilisés, habituellement dans des positions proches de la position anatomique de référence et permettant une meilleure reproductibilité des mesures. Des vues anthropologiques antérieure et latérale ont ainsi été décrites pour chaque os.

2.2.1 Concernant le radius

2.2.1.1 Définition des vues anthropologiques

- **vue antérieure anthropologique** : sur une table, positionner le radius horizontalement, en appui proximal sur la tête radiale, diaphysaire sur le tubercule interosseux et distal, sur le bord postérieur de l'incisure ulnaire distale et les crêtes des gouttières laissant passer les tendons des muscles long extenseur du pouce, extenseur commun et extenseur propre de l'index.

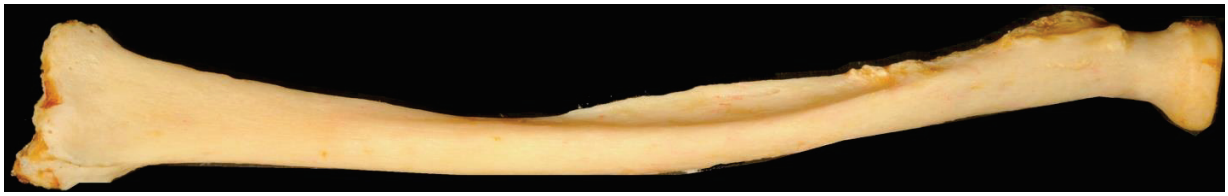


Figure 1 : vue antérieure anthropologique du radius

- **vue latérale anthropologique** : sur une table, positionner horizontalement le radius, en appui proximal sur la face médiale de la tête radiale et en appui distal, sur les bords antérieur et postérieur de l'incisure ulnaire distale,



Figure 2 : vue latérale anthropologique du radius

2.2.1.2 Définition des variables

Les variables mesurées sur le radius étaient les suivants :

- deux mesures ont été réalisées sur l'os dans sa globalité, la *longueur totale* et la *longueur physiologique*.

- neuf mesures ont été réalisées sur l'épiphyse proximale de l'os, les *diamètres transversal, sagittal et le périmètre de la tête radiale, du col et sous la tubérosité radiale*.

- six mesures ont été réalisées sur la diaphyse de l'os, *les diamètres transversal, sagittal et le périmètre à mi-hauteur ainsi qu'au foramen nourricier*.

- quatre mesures ont été réalisées sur l'épiphyse distale, la *largeur maximale, la largeur minimale, les diamètres transversal et sagittal physiologiques.*

- s'ajoutent à ces mesures, *l'index de robustesse* et le *poids*.

Longueur totale :

Elle se mesure sur la table ostéométrique entre le point le plus proximal de la tête radiale et le point le plus distal du processus styloïde. Le point le plus proximal de la tête radiale est positionné contre le bord fixe de la table ostéométrique, et le bord mobile de la table est ajusté pour rencontrer le point le plus distal du processus styloïde.

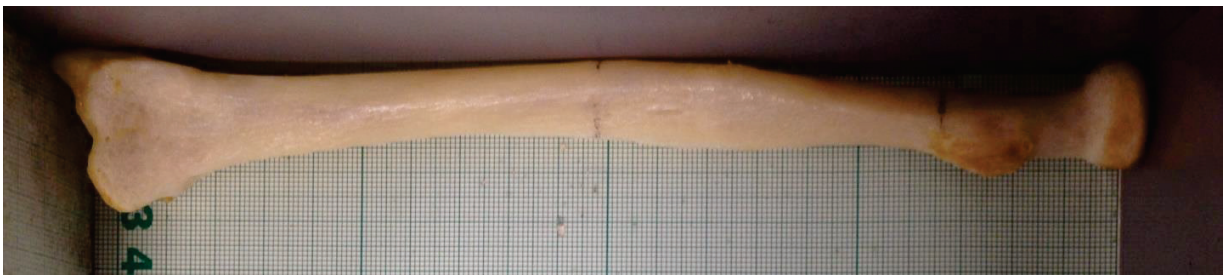


Figure 3 : longueur totale du radius

Longueur physiologique :

Elle se mesure en positionnant les extrémités d'un compas d'épaisseur entre les surfaces articulaires proximale et distale du radius, depuis la profondeur de la fovéa au sommet de la tête jusqu'à la surface articulaire distale, en regard du tubercule dorsal.



Figure 4 : longueur physiologique du radius

Diamètre transversal de la tête radiale :

L'os est positionné en vue antérieure anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure en ajustant les bras d'un pied à coulisse contre les points les plus médial et latéral de la tête radiale.



Figure 5 : diamètre transversal de la tête radiale

Diamètre sagittal de la tête radiale :

L'os est positionné en vue latérale anthropologique. Il se mesure en ajustant les bras d'un pied à coulisse contre les points les plus antérieur et postérieur de la tête radiale.



Figure 6 : diamètre sagittal de la tête radiale

Circonférence de la tête radiale :

Il se mesure à l'aide d'un mètre de couture, au niveau de l'extrémité la plus proximale de la tête radiale.



Figure 7 : périmètre de la tête radiale

Diamètre transversal au col :

L'os est positionné en vue antérieure anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure en ajustant les bras d'un pied à coulisse contre les bords latéral et médial du col, à l'emplacement où la concavité du bord externe de l'os est maximale.

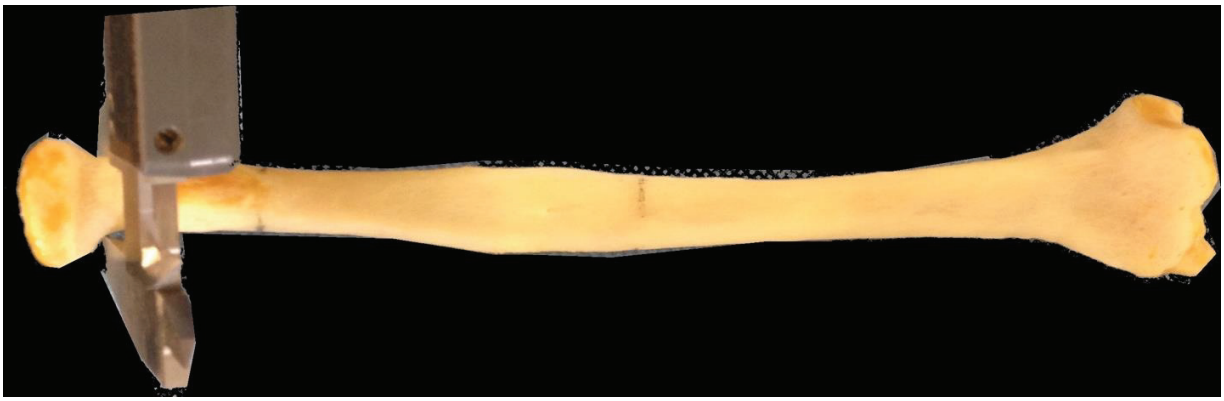


Figure 8 : diamètre transversal au col du radius

Diamètre sagittal au col :

L'os est positionné en vue latérale anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure en ajustant les bras d'un pied à coulisse contre les bords antérieur et postérieur du col, à l'emplacement où la concavité du bord externe de l'os est maximale.



Figure 9 : diamètre sagittal au col du radius

Périmètre du col :

Il se mesure à l'aide d'un mètre de couture, au niveau du col, perpendiculairement au grand axe du col, à l'emplacement où la concavité du bord externe de l'os est maximale.



Figure 10 : périmètre du col du radius

Diamètre transversal sous la tubérosité radiale :

L'os est positionné en vue antérieure anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure à l'aide d'un pied à coulisse juste au-dessous de la tubérosité radiale, perpendiculairement au grand axe du radius.



Figure 11 : diamètre transversal sous la tubérosité radiale

Diamètre sagittal sous la tubérosité radiale :

L'os est positionné en vue latérale anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure à l'aide d'un pied à coulisse juste au-dessous de la tubérosité radiale, perpendiculairement au grand axe du radius.



Figure 12 : diamètre sagittal sous la tubérosité radiale

Périmètre sous la tubérosité radiale :

Il se mesure à l'aide d'un mètre de couture juste au-dessous de la tubérosité radiale, perpendiculairement à l'axe du radius.



Figure 13 : périmètre sous la tubérosité radiale

Diamètre transversal au foramen nourricier :

L'os est positionné en vue antérieure anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure à l'aide d'un pied à coulisse perpendiculairement au grand axe du radius en regard du foramen nourricier

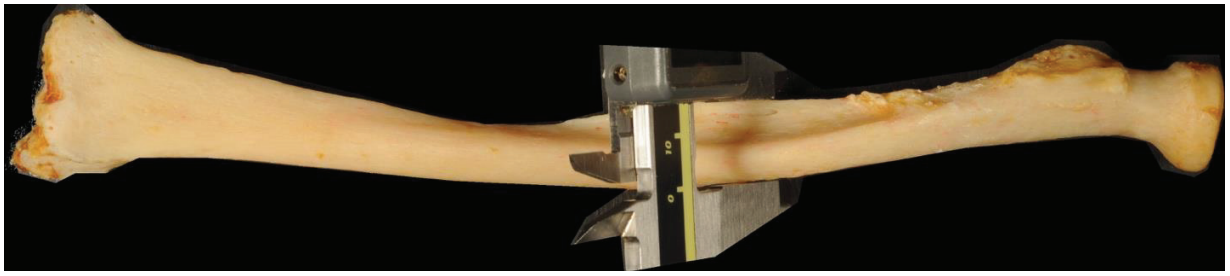


Figure 14 : diamètre transversal au foramen nourricier du radius

Diamètre sagittal au foramen nourricier :

L'os est positionné en vue latérale anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure à l'aide d'un pied à coulisse perpendiculairement au grand axe du radius en regard du foramen nourricier.

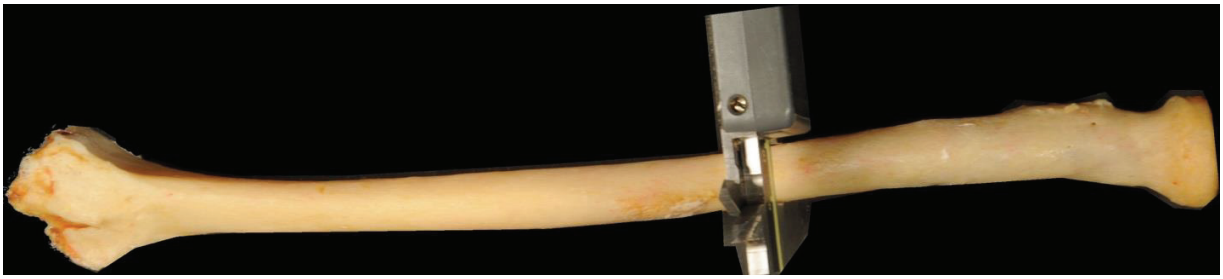


Figure 15 : diamètre sagittal au foramen nourricier du radius

Périmètre au foramen nourricier :

Il se mesure à l'aide d'un mètre de couture perpendiculairement au grand axe du radius en regard du foramen nourricier.

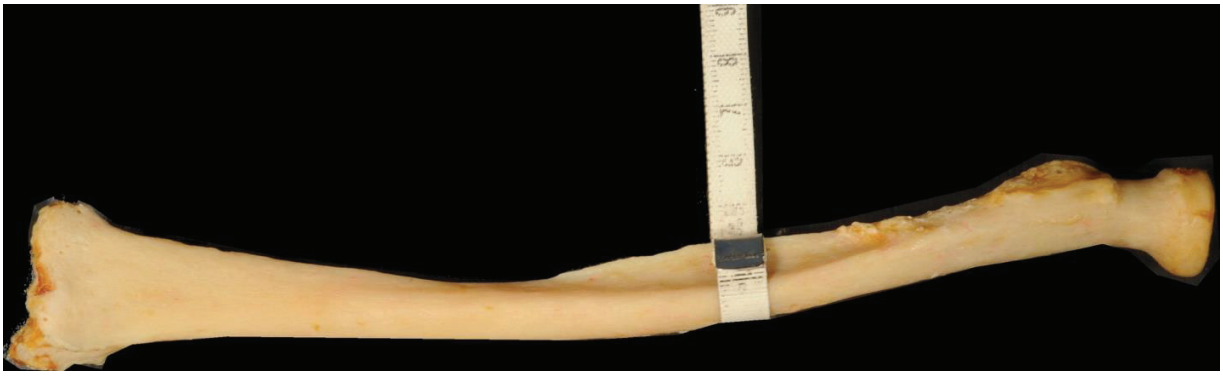


Figure 16 : périmètre au foramen nourricier du radius

Diamètre transversal à mi-hauteur :

L'os est positionné en vue antérieure anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure sur la table ostéométrique à l'aide d'un pied à coulisse, perpendiculairement au grand axe du radius à la moitié de la longueur totale décrite précédemment.

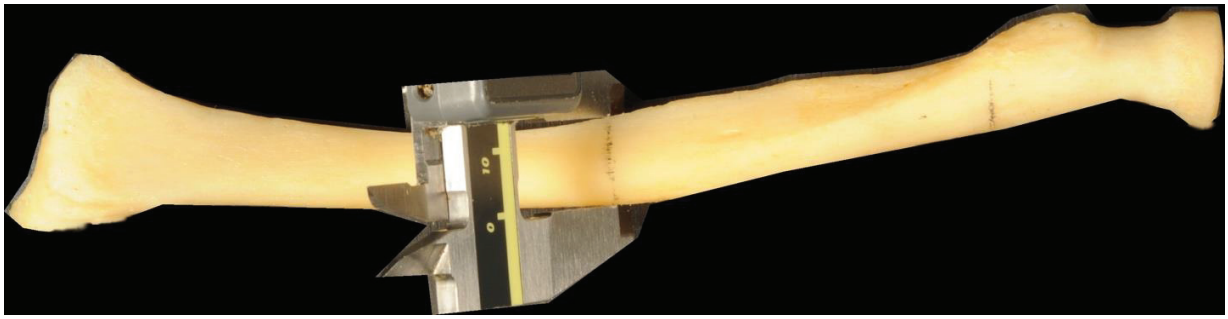


Figure 17 : diamètre transversal à mi-hauteur du radius

Diamètre sagittal à mi-hauteur :

L'os est positionné en vue latérale anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure sur la table ostéométrique à l'aide d'un pied à coulisse, perpendiculairement au grand axe du radius à la moitié de la longueur totale décrite précédemment.

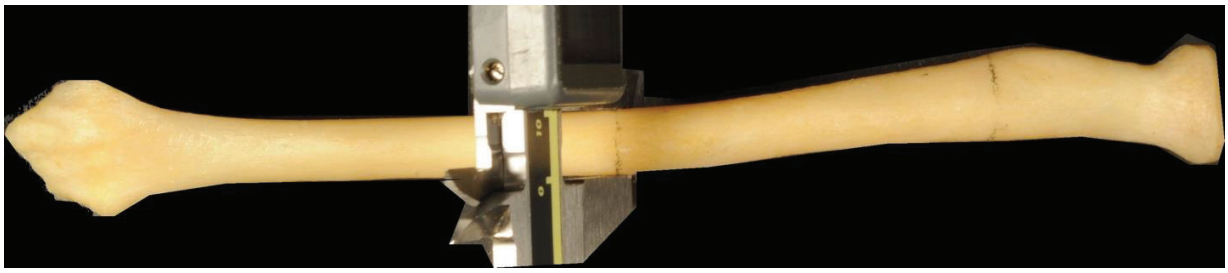


Figure 18 : diamètre sagittal à mi-hauteur du radius

Périmètre à mi-hauteur :

Il se mesure sur la table ostéométrique à l'aide d'un mètre de couture, perpendiculairement au grand axe du radius à la moitié de la longueur totale décrite précédemment.



Figure 19 : périmètre à mi-hauteur du radius

Largeur épiphysaire distale maximale :

L'os est positionné en vue antérieure anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure à l'aide d'un pied à coulisse entre le bord latéral de l'épiphyse distale et le bord antérieur de l'incisure ulnaire distale.



Figure 20 : largeur épiphysaire distale maximale du radius

Largeur épiphysaire distale minimale :

L'os est positionné en vue antérieure anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure à l'aide d'un pied à coulisse entre le bord latéral de l'épiphyse distale et le creux de l'incisure ulnaire distale.

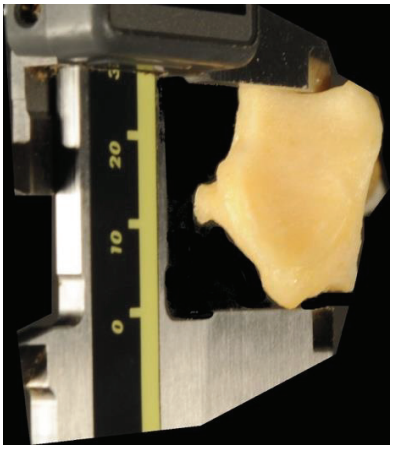


Figure 21 : largeur épiphysaire distale minimale du radius

Diamètre transversal physiologique de l'extrémité distale :

L'os est positionné en vue antérieure anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure entre le bord antérieur de l'incisure ulnaire distale et l'extrémité la plus latérale de la surface articulaire distale.

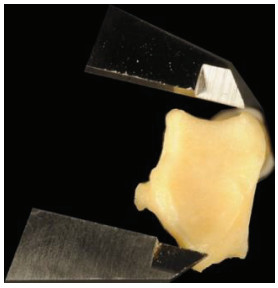


Figure 22 : diamètre transversal physiologique de l'extrémité distale du radius

Diamètre sagittal physiologique de l'extrémité distale :

Il se mesure entre les extrémités antérieure et postérieure du sillon médian de la surface articulaire distale.

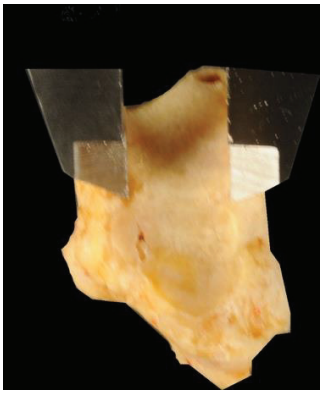


Figure 23 : diamètre sagittal physiologique de l'extrémité distale du radius

Indice de robustesse :

Il s'agit du rapport entre la circonférence à mi-hauteur et la longueur totale de l'os.

Poids :

Poids total de l'os, mesuré à l'aide d'une balance électronique.

2.2.2 Concernant l'ulna

2.2.2.1 Définition des vues anthropologiques

- **vue antérieure anthropologique** : sur une table, positionner l'ulna horizontalement, en appui sur son bord postérieur, de sorte que le processus styloïde soit orienté à six heures sur un cadran horaire.



Figure 24 : vue antérieure anthropologique de l'ulna

- **vue latérale anthropologique** : sur une table, positionner l'ulna horizontalement, en appui proximal sur l'extrémité antérieure de l'incisure radiale proximale et le bord latéral de la partie olécranienne de l'incisure trochléaire, et, plus distalement, en appui sur le bord interosseux diaphysaire.



Figure 25 : vue latérale anthropologique de l'ulna

2.2.2.2 Définition des variables

Les variables mesurées sur l'ulna étaient les suivantes :

- deux mesures ont été réalisées sur l'os dans sa globalité, la *longueur maximale* et la *longueur physiologique*.

- neuf mesures ont été réalisées sur l'épiphyse proximale de l'os, les *diamètres transversal, sagittal et le périmètre de la tête radiale, du col et sous la tubérosité radiale*.

- six mesures ont été réalisées sur la *diaphyse de l'os*, les *diamètres transversal et sagittal et le périmètre à mi-hauteur ainsi qu'au foramen nourricier*.

- trois mesures ont été réalisées sur l'épiphyse distale, les *diamètres transversal, sagittal et le périmètre distal*.

- s'ajoutent à ces mesures, *l'indice de Verneau*, *l'indice de robustesse* et le *poids*.

Longueur totale :

Elle se mesure sur la table ostéométrique entre le point le plus proximal de l'olécrane et le point le plus distal du processus styloïde, sans tenir compte de l'axe de la diaphyse.

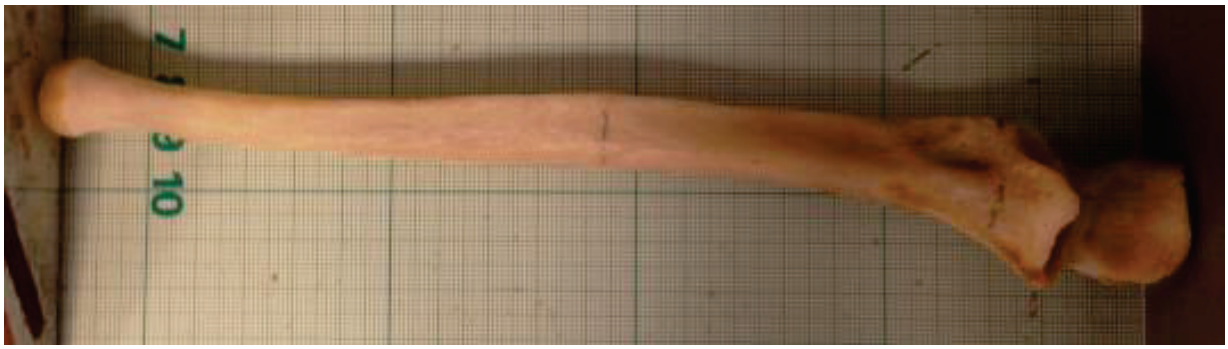


Figure 26 : longueur totale de l'ulna

Longueur totale sans le processus styloïde :

Sur une vue latérale anthropologique, elle se mesure table ostéométrique, en vue latérale anthropologique, elle se mesure entre le point le plus proximal de l'olécrane et le point le plus distal de l'épiphyse distale, excluant le processus styloïde, sans tenir compte de l'axe de la diaphyse.

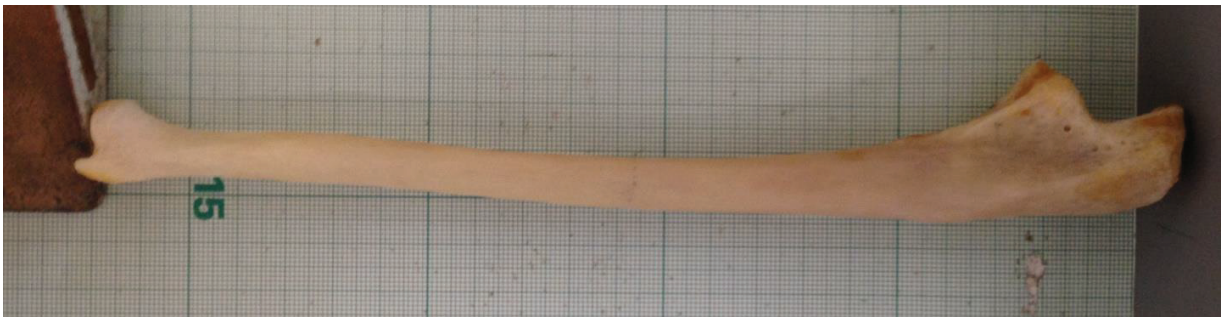


Figure 27 : longueur totale de l'ulna sans le processus styloïde

Longueur physiologique :

Elle se mesure en positionnant les extrémités d'un compas d'épaisseur entre le point le plus inférieur du sillon transversal séparant les deux facettes de l'incisure trochléaire et l'extrémité la plus distale de la tête ulnaire, excluant le processus styloïde.



Figure 28 : longueur physiologique de l'ulna

Hauteur de l'olécrane :

Elle se mesure à l'aide d'un pied à coulisse entre les points les plus supérieur et inférieur du sillon transversal de l'incisure trochléaire.

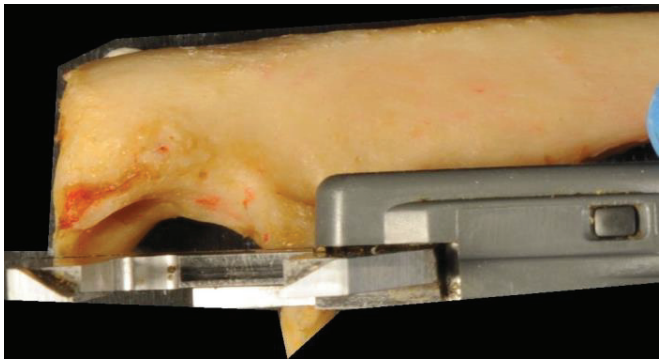


Figure 29 : hauteur de l'olécrane

Distance olécrane - processus coronoïde :

Elle se mesure à l'aide d'un pied à coulisse entre les extrémités proximale et distale du sillon transversal de l'incisure trochléaire.



Figure 30 : distance olécrane - processus coronoïde

Largeur maximale de l'olécrane :

L'os est positionné en vue antérieure anthropologique par rapport à l'examinateur. Elle correspond à la distance maximale entre les bords médial et latéral du l'olécrane et se mesure à l'aide d'un pied à coulisse.



Figure 31 : largeur maximale de l'olécrane

Largeur minimale de l'olécrane :

L'os est positionné en vue antérieure anthropologique par rapport à l'examinateur. Elle correspond à la distance minimale entre les bords médial et latéral du l'olécrane et se mesure à l'aide d'un pied à coulisse.



Figure 32 : largeur minimale de l'olécrane

Diamètre sagittal maximal de l'olécrane :

Il se mesure en positionnant l'os sur sa vue latérale anthropologique et en mesurant, à l'aide d'un pied à coulisse, la distance entre les bords antérieur et postérieur de l'olécrane.



Figure 33 : diamètre sagittal maximal de l'olécrane

Diamètre sagittal minimal de l'olécrane :

Il se mesure en positionnant l'os sur sa vue latérale anthropologique et en mesurant, à l'aide d'un pied à coulisse, la distance entre le creux postérieur du sillon transversal de l'incisure trochléaire et le bord postérieur de l'olécrane.

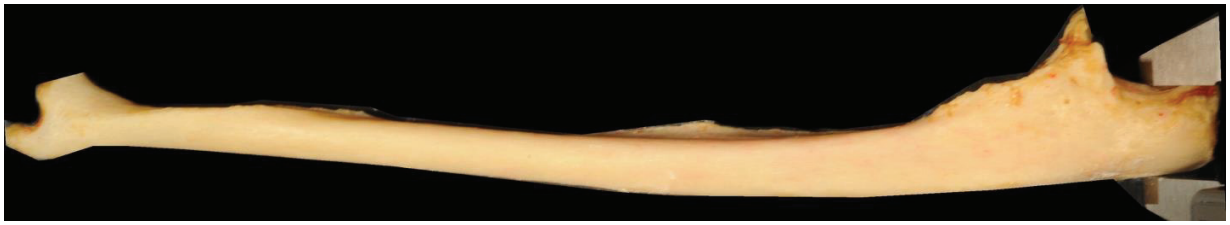


Figure 34 : diamètre sagittal minimal de l'olécrane

Diamètre sagittal du processus coronoïde :

Il se mesure en positionnant l'os sur sa vue latérale anthropologique et en mesurant, à l'aide d'un pied à coulisse, la distance entre l'extrémité la plus distale du sillon transversal de l'incisure trochléaire et le bord postérieur de l'olécrane, perpendiculairement au grand axe de l'os.



Figure 35 : diamètre sagittal du processus coronoïde

Largeur maximale du processus coronoïde :

L'os est positionné en vue antérieure anthropologique par rapport à l'examinateur. Elle se mesure, à l'aide d'un pied à coulisse, entre le bord le plus médial du processus coronoïde et le bord postérieur de l'incisure radiale proximale.



Figure 36 : largeur maximale du processus coronoïde

Largeur minimale du processus coronoïde :

L'os est positionné en vue antérieure anthropologique par rapport à l'examinateur. Elle se mesure, à l'aide d'un pied à coulisse, entre le bord le plus médial du processus coronoïde et le creux de l'incisure radiale proximale.



Figure 37 : largeur minimale du processus coronoïde

Diamètre sous-sigmoïdien transversal :

L'os est positionné en vue antérieure anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure à l'aide d'un pied à coulisse entre les bords médial et latéral de l'os au niveau du bord inférieur de l'incisure radiale, perpendiculairement à l'axe physiologique de l'articulation, figuré par le sillon transversal de l'incisure trochléaire.



Figure 38 : diamètre sous-sigmoïdien transversal

Diamètre sous-sigmoïdien sagittal :

L'os est positionné en vue latérale anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure à l'aide d'un pied à coulisse entre les bords médial et latéral de l'os au niveau du bord inférieur de l'incisure radiale, perpendiculairement à l'axe physiologique de l'articulation, figuré par la crête trochléaire.



Figure 39 : diamètre sous-sigmoïdien sagittal

Diamètre transversal à mi-hauteur :

L'os est positionné en vue antérieure anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure sur la table ostéométrique à l'aide d'un pied à coulisse, perpendiculairement au grand axe de l'ulna, à la moitié de la longueur totale décrite précédemment.

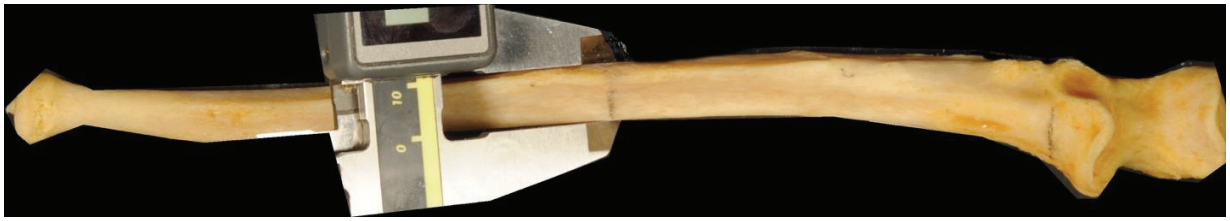


Figure 40 : diamètre transversal à mi-hauteur

Diamètre sagittal à mi-hauteur :

L'os est positionné en vue latérale anthropologique par rapport à l'examinateur. Il se mesure sur la table ostéométrique à l'aide d'un pied à coulisse, perpendiculairement au grand axe de l'ulna, à la moitié de la longueur totale décrite précédemment.

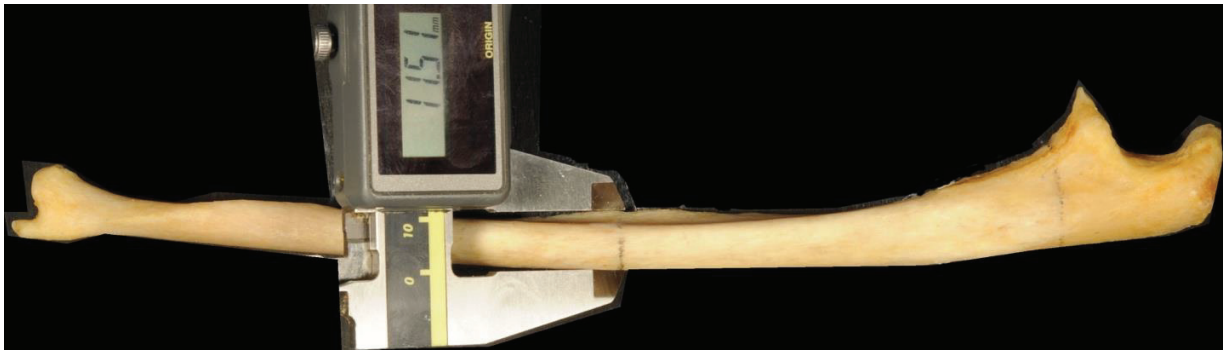


Figure 41 : diamètre sagittal à mi-hauteur

Circonférence à mi-hauteur :

Il se mesure sur la table ostéométrique à l'aide d'un mètre de couture, perpendiculairement au grand axe de l'ulna, à la moitié de la longueur totale décrite précédemment.

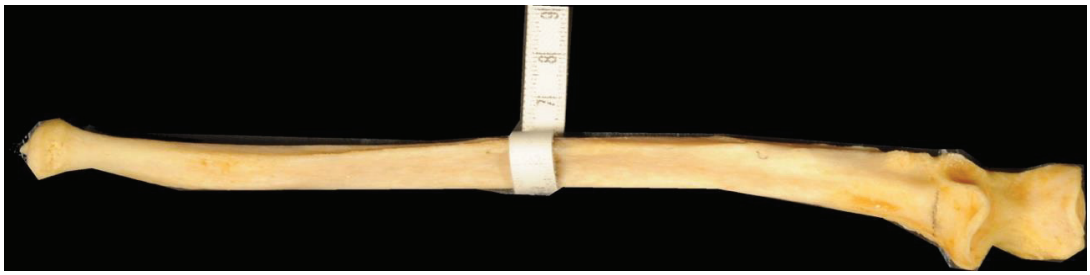


Figure 42 : périmètre à mi-hauteur

Diamètre transversal maximal de l'épiphyse distale :

Il se mesure en positionnant l'os sur sa vue antérieure anthropologique et en mesurant, à l'aide d'un pied à coulisse, la largeur de l'extrémité la plus distale de l'os, en excluant le processus styloïde.



Figure 43 : diamètre transversal maximal de l'épiphyse distale

Diamètre sagittal maximal de l'épiphyse distale :

Il se mesure en positionnant l'os sur sa vue latérale anthropologique et en mesurant, à l'aide d'un pied à coulisse, la largeur de l'extrémité la plus distale de l'os, en excluant le processus styloïde.



Figure 44 : diamètre sagittal maximal de l'épiphyse distale

Indice de robustesse :

Il s'agit du rapport entre le périmètre à mi-hauteur et la longueur totale de l'os.

Indice de platôlénie de Verneau :

Il s'agit du rapport entre le diamètre transversal et le diamètre sagittal à mi-hauteur. Il traduit le degré d'aplatissement transversal de l'ulna.

Poids :

Poids total de l'os, mesuré à l'aide d'une balance électronique.

2.3 Analyses statistiques

Afin de déterminer les différences entre hommes et femmes à l'examen des radius et ulnas, nous avons décrit l'échantillon, recherché des différences selon le sexe, la latéralité (droite/gauche) et selon les observateurs, puis, nous avons comparé le potentiel de chaque variable dans différents modèles statistiques (analyses discriminantes, régressions logistiques et réseaux neuronaux).

Pour le radius, l'ensemble de cette procédure a été appliquée. Concernant l'ulna, il s'agit de résultats préliminaires qui seront complétés par un travail ultérieur.

2.3.1 Description de l'échantillon, comparaison entre les deux sexes

Les statistiques descriptives classiques ont été effectuées, comprenant la dimension de l'échantillon, ses caractéristiques démographiques (sexe, âge des sujets au moment du décès, année de décès, chaque fois que ces deux derniers paramètres étaient connus), ainsi que les paramètres de position et de dispersion habituels que sont les moyenne, médiane, écart-type, minimum et maximum. Le sexe était connu avec certitude dans tous les cas.

Les différences selon le sexe ont été évaluées par un test de Student. Il s'agit d'un test statistique permettant de comparer des moyennes entre deux groupes et d'évaluer la significativité de leur différence d'un point de vue statistique. La valeur de t est calculée puis comparée à des valeurs contenues dans une table qui indique les différences significatives, pour un degré de liberté donné. En l'occurrence, le nombre de degrés de liberté correspond à la somme des effectifs de chaque sexe moins deux ($n_A + n_B - 2$). L'hypothèse nulle est qu'il n'y a pas de différence entre les deux sexes. Le risque α est fixé à 5 % (0,05).

Le test n'est utilisable que si le caractère étudié est distribué, dans les deux populations d'où proviennent les échantillons, selon des lois normales et de même variance. La normalité de la distribution est en principe assurée quand chaque échantillon (masculin et féminin) est supérieur à 30. L'égalité ou homogénéité des variances (ou homoscedasticité) a été contournée par l'approximation de Welch.

2.3.2 Différences selon la latéralité (droite/gauche)

Le radius et l'ulna étant deux os des membres supérieurs, il nous a semblé intéressant de regarder s'il existait une différence significative entre les os du côté droit et du côté gauche. Si cette différence était mise en évidence, cela signifierait sans doute une influence de la main dominante, habituellement droite. S'il n'existe aucune différence statistiquement significative, il apparaît alors licite de substituer les variables manquantes (parties osseuses abimées ou fragments) par les variables homologues controlatérales.

Nous avons testé l'hypothèse nulle (à savoir l'absence de différence droite/gauche) par une comparaison des moyennes observées par analyse de leur variance. L'ANOVA (ANalysis Of VAriance) a pour but de comparer les moyennes de plusieurs (k) populations, à partir d'échantillons, généralisant le test de Student pour deux échantillons, en comparant les variances de chacune des variables. Ce test est considéré comme statistiquement robuste, c'est-à-dire encore valable quand les conditions ne sont qu'à peu près vérifiées.

Les conditions de validité sont, comme précédemment, la normalité et l'égalité des variances.

2.3.3 Différences intra-observateur

Afin de vérifier la reproductibilité des mesures, l'ensemble des variables a été mesuré par un premier observateur à trois reprises, en aveugle du sexe. Les mesures ont ensuite été testées statistiquement par une ANOVA pour mesures répétées.

Un test de sphéricité de Mauchly a été utilisé. La sphéricité est une condition dans laquelle les variances des différences entre toutes les combinaisons de groupes sont équivalentes.

2.3.4 Différences inter-observateur

Afin de vérifier la reproductibilité des mesures entre deux observateurs indépendants, un échantillon aléatoire de dix observations a été sélectionné. Toutes les variables ont été mesurées de façon indépendante par les deux observateurs, à dix reprises, en aveugle du sexe.

La différence entre les deux observateurs a été testée par une ANOVA pour mesures répétées.

2.3.5 Analyses discriminantes

L'analyse discriminante linéaire permet de distinguer le sexe entre hommes et femmes à l'aide d'une équation du type $y = ax_1 + bx_2 + ... + nx_n$ en déterminant un point discriminant. Elle peut être réalisée dans un modèle à une ou plusieurs variables. Elle sert essentiellement à décrire et prédire ce qui distingue les moyennes par groupe de plusieurs variables mesurées sur plusieurs individus de plusieurs groupes. La fonction de classement s'exprime comme une combinaison linéaire des variables prédictives, facile à analyser et à interpréter.

Les résultats des analyses discriminantes sont très dépendants de la taille de l'échantillon et elle n'est possible que sous certaines conditions. Comme pour le t-test, les variables doivent suivre une loi normale et les variances doivent être homogènes. Idéalement, il faudrait que la corrélation entre les variables soit faible. En effet, des fortes dispersions dans un groupe avec moyennes particulièrement élevées rendront ces fortes moyennes peu fiables. Enfin, la linéarité doit être respectée.

L'analyse discriminante permet ainsi de fournir une combinaison de plusieurs variables. Le logiciel est capable de choisir les combinaisons de variables les plus performantes. Elle calcule un score Z selon lequel $Z=W_1X_1 + W_2X_2 +...+ W_nX_n$ où W_i (i=1, 2, ..., n) sont les coefficients de pondération et X_i (i=1, 2, ..., n) sont les variables.

En pratique chaque os reçoit un score que l'on compare à un point discriminant qui détermine le groupe auquel celui-ci appartient.

2.3.6 Régressions logistiques

La régression logistique est un modèle de régression binomiale. Elle consiste à exprimer une variable qualitative binomiale, par exemple, homme ou femme, à l'aide d'un certain nombre de variables qualitatives ou quantitatives, en tenant compte de la corrélation des variables entre elles. Dans notre étude, elle exprime le sexe en fonction des différentes variables quantitatives. En général on ne dispose pas de suffisamment d'observations pour avoir une estimation fiable des probabilités. Nous ne pouvons donc pas utiliser la méthode des moindres carrés. L'approche retenue est la maximisation de la vraisemblance.

Des régressions logistiques univariées ont d'abord été réalisées pour chaque variable, permettant de calculer leur niveau de performance. Ensuite, les variables ont été évaluées entre elles, afin de calculer la probabilité explicative de chacune. Celles fournissant les meilleurs résultats ont été sélectionnées pour former des régressions logistiques multivariées.

Nous avons également effectué des régressions logistiques segment par segment, en différenciant l'épiphyse supérieure, la diaphyse et l'épiphyse inférieure. Cette procédure nous semble utile en pratique car les os sont souvent fragmentés en anthropologie médico-légale (par exemple persistance uniquement de l'épiphyse supérieure).

Enfin des régressions logistiques multivariées ont également été créées à partir de variables sélectionnées par analyses discriminantes.

Les conditions de validité d'une régression logistique sont assez délicates à démontrer. Il faut tenter d'obtenir au moins cinq à dix évènements par variable explicative, ce qui est atteint dans ce travail.

2.3.7 Réseaux neuronaux artificiels

Le réseau neuronal (Fig. 1) est une méthode permettant de déduire une fonction lorsque les relations entre les variables ne sont pas linéaires. Cette méthode est considérée comme habituellement plus précise que les autres méthodes précédemment décrites et ne sous-entend aucune condition particulière de validité. Ces réseaux sont constitués de noyaux d'entrée, de couches cachées et de noyaux de sortie. Les différentes couches sont interconnectées entre-elles, ressemblant à des synapses.

Le réseau neuronal fonctionne avec une première phase d'apprentissage, permettant de découvrir les meilleures relations entre chaque variable. Les interconnexions sont ensuite pondérées afin d'obtenir en sortie une fonction permettant un classement correct. La phase d'apprentissage est terminée quand la meilleure classification possible est obtenue pendant cette phase, en fonction de la structure qui a été imposée au départ au réseau neuronal.

Dans notre étude, les critères choisis pour optimiser le modèle et sélectionner les meilleures variables étaient l'erreur de généralisation et la sensibilité.

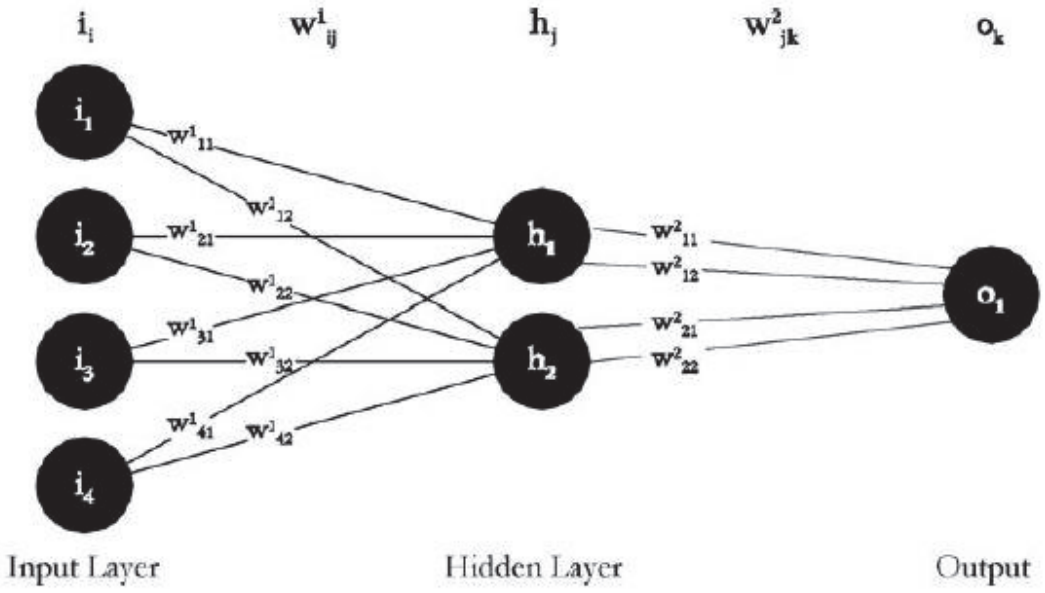
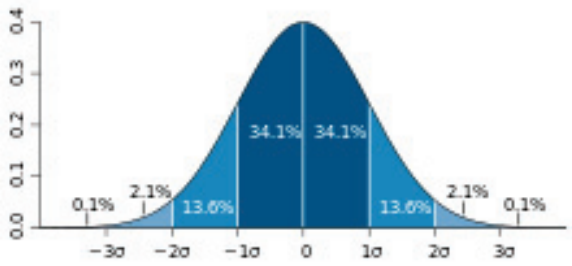


Figure 1 : un exemple de réseau neuronal

2.3.7.1 Tests de normalité

Nous avons vu à que certains tests statistiques (test de Student, ANOVA, analyse discriminante) nécessitaient la normalité de distribution des variables (autrement dit une courbe de Gauss). Une des façons d'obtenir une normalité est d'avoir un échantillon supérieur ou égal à 30 (en dehors de certaines distributions statistiques aberrantes), ce qui est le cas ici. Cependant il nous a paru intéressant de voir la distribution réelle de chaque variable.



Afin d'évaluer la normalité ou non de distribution des variables, nous avons utilisé la représentation par histogramme et l'ajustement par la droite de Henry, permettant d'évaluer les écarts par rapport à la courbe de Gauss. Un test de significativité de Shapiro-Wilk a également été réalisé en complément. L'hypothèse nulle est que la distribution statistique suit une loi normale ($p > 0,05$). L'hypothèse alternative est que la loi n'est pas normale au sens statistique du terme ($p < 0,05$).

III. RÉSULTATS

1 Description de l'échantillon

L'échantillon comprenait 32 sujets masculins et 32 féminins. Il était constitué en très grande majorité d'os prélevés sur des personnes ayant donné leur corps à la science, au laboratoire d'Anatomie. Les 7 autres cas étaient des cas médico-légaux (autopsie médico-légale et anthropologie médico-légale).

Les années de décès, lorsque les données étaient disponibles, s'échelonnaient de 2004 à 2015, formant ainsi un échantillon récent, et les âges moyens au moment du décès étaient de 87 ans pour les hommes (médiane 84 ans, écart-type 11,8) et de 83 ans pour les femmes (médiane 86, écart-type 13,6).

Concernant les cas anthropologiques et autopsiques, les âges au moment du décès n'étaient pas toujours connus et ont donc été estimés. Les âges moyens au moment du décès étaient de 63 ans (médiane 57, écart-type 18,3).

1.1 Radius : statistiques descriptives

Étaient à notre disposition 49 radius masculins, dont 29 os gauches et 20 os droits, et 49 radius féminins, dont 29 os gauches et 20 os droits.

Les variables mesurées sur le radius étaient les suivantes :

Nom de la variable	Acronyme
Longueur totale	LT
Longueur physiologique	LP
Diamètre transversal de la tête	DTT
Diamètre sagittal de la tête	DST
Périmètre de la tête	PT
Diamètre transversal cervical	DTC
Diamètre sagittal cervical	DSC
Périmètre au col	PC
Diamètre transversal sous-tubérositaire	DTST
Diamètre sagittal sous-tubérositaire	DSST
Périmètre sous-tubérositaire	PST
Diamètre transverse à mi-hauteur	DTM
Diamètre sagittal à mi-hauteur	DSM
Périmètre à mi-hauteur	PM
Diamètre transversal au foramen nourricier	DTFN
Diamètre sagittal au foramen nourricier	DSFN
Périmètre au foramen nourricier	PFN
Largeur distale maximale	LDMA
Largeur distale minimale	LDMI
Diamètre transversal physiologique distal	DTPD
Diamètre sagittal physiologique distal	DSPD
Indice de robustesse	IR
Poids	P

Tableau 1.1 Radius intitulé des variables

Les statistiques de base sont présentées pour chaque variable selon les côtés dans les Tableaux 1.3, 1.4 et 1.5, puis selon le sexe dans le Tableau 1.6.

On aperçoit que l'ensemble des moyennes et médianes sont supérieures chez le sujet masculin, à l'exception de l'*indice de robustesse* (rapport entre la circonférence à mi-hauteur de l'os et la longueur totale) qui est identique. On remarque également que minimas masculins et maximas féminins se recouvrent pour chaque variable, avec une importance variable (cf. Tableau 1.6). Le t test de Student a permis de mettre en évidence que les mesures de chaque variable étaient significativement supérieures chez l'hommes (p <0,000).

1.2 Ulna : statistiques descriptives

Concernant les ulnas, étaient à notre disposition 46 os masculins, dont 27 os gauches et 19 os droits, et 47 os féminins, dont 25 os gauches et 22 os droits. Les statistiques de base sont présentées pour chaque variable selon le côté dans les Tableaux 1.7, 1.8 et 1.9, puis selon sexe dans le Tableau 2.0.

Les variables mesurées sur le radius étaient les suivantes :

Nom de la variable	Acronyme
Longueur totale	LT
Longueur totale sans le processus styloïde	LTS
Longueur physiologique	LP
Hauteur de l'olécrane	HO
Distance olécrane - coronoïde	DOC
Largeur maximale de l'olécrane	LMAO
Largeur minimale de l'olécrane	LMIO
Diamètre sagittal maximal de l'olécrane	DSMAO
Diamètre sagittal minimal de l'olécrane	DSMIO
Diamètre sagittal du processus coronoïde	DSPC
Largeur maximale du processus coronoïde	LMAPC
Largeur minimale du processus coronoïde	LMIPC
Diamètre sous-sigmoïdien transversal	DST
Diamètre sous-sigmoïdien sagittal	DSS
Diamètre transverse à mi-hauteur	DTM
Diamètre sagittal à mi-hauteur	DSM
Périmètre à mi-hauteur	PM
Diamètre transversal distal	DTD
Diamètre sagittal distal	DSD
Périmètre distal	PD
Indice de robustesse	IR
Indice de Verneau	IV
Poids	P

Tableau 1.2 Ulna intitulé des variables

On aperçoit que l'ensemble des variables, y compris *l'indice de robustesse* (rapport circonférence au milieu/longueur), sont supérieurs chez les sujets masculins. Seul *l'indice de Verneau* (rapport entre le diamètre transversal et le diamètre sagittal à mi-hauteur, traduisant le degré d'aplatissement de l'ulna au milieu de l'os) était supérieur chez les sujets féminins. On remarque également que les minimas masculins et maximas féminins se recouvrent pour chaque variable, avec une importance variable (cf. Tableau 2.0).

Le t test de Student a permis de mettre en évidence que les mesures de chaque variable étaient significativement supérieures chez l'hommes ($p < 0{,}000$), à l'exception de *l'indice de robustesse* et *l'indice de Verneau*.

2 Comparaisons des os droits et gauches

2.1 Radius

La description de l'échantillon met en évidence que, chez les hommes, aucune supériorité franche n'était en faveur d'un côté en particulier. En effet, les moyennes de 11 variables (sur 23) étaient supérieures du côté droit, contre 10 du côté gauche. 2 étaient identiques. En revanche, chez les femmes, 19 variables étaient supérieures du côté droit, contre 4 du côté gauche.

L'ANOVA a permis d'affirmer qu'aucune différence significative n'était observée selon les côtés.

2.2 Ulna

La description de l'échantillon montre que chez les hommes, 12 variables (sur 23) étaient supérieures du côté droit, contre 10 du côté gauche. Une seule variable restait inchangée. Chez les femmes, 19 variables étaient supérieures du côté droit, contre 4 du côté gauche.

L'ANOVA a permis d'affirmer qu'aucune différence significative n'était observée selon les côtés.

3 Différences intra-observateur

3.1 Radius

L'étude des différences intra-observateur a montré qu'il existait une différence significative pour les variables *longueur physiologique gauche, diamètre transverse de la tête, périmètre de la tête, diamètre transverse cervical, diamètre sagittal cervical, périmètre cervical, diamètre transverse sous-tubérositaire gauche, périmètre sous-tubérositaire gauche, diamètre transverse à mi-hauteur gauche, largeur distale maximale gauche, diamètre transverse physiologique distal, diamètre sagittal physiologique distal.*

3.2 Ulna

L'étude des différences intra-observateur a montré que les variables suivantes présentaient une variation intra-observateur significative : *hauteur de l'olécrane droite, distance olécrane-coronoïde droite, diamètre sagittal du processus coronoïde, largeur minimale du processus coronoïde gauche et périmètre distal gauche.*

4 Différences inter-observateur

4.1 Radius

L'étude des différences inter-observateur a montré qu'il existait une différence significative pour les variables *longueur totale, longueur physiologique, diamètre transverse de la tête, diamètre sagittal de la tête, diamètre transverse cervical, périmètre cervical, diamètre transverse sous-tubérositaire, diamètre sagittal sous-tubérositaire, périmètre sous-tubérositaire, périmètre à mi-hauteur, largeur distale minimale, diamètre transverse physiologique distal, diamètre sagittal physiologique distal*.

4.2 Ulna

L'étude des différences inter-observateur a montré que les variables suivantes présentaient une variation inter-observateur significative: *longueur physiologique, hauteur de l'olécrane, distance olécrane-coronoïde, largeur maximale de l'olécrane, diamètre sagittal minimal de l'olécrane, diamètre sagittal du processus coronoïde, largeur maximale du processus coronoïde, largeur minimale du processus coronoïde, diamètre sous-sigmoïdien transversal, diamètre sous-sigmoïdien sagittal, diamètre transversal à mi-hauteur, diamètre sagittal à mi-hauteur, périmètre à mi-hauteur* et *diamètre transversal distal.*

Variables	côté gauche						côté droit					
Radius (sexe masculin)	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Longueur totale	29	247,5	249	9,69	229	266,3	20	249,2	252	12,11	229	265
Longueur physiologique	29	234,2	235	9,65	215,7	251,7	20	235,2	238,8	11,73	215	253
Diamètre transversal de la tête radiale	29	23,67	23,69	1,38	21,14	27,62	20	23,65	23,65	1,56	20,87	26,36
Diamètre sagittal de la tête radiale	29	24,66	25	1,26	21,47	26,91	20	24,53	24,29	1,52	22,26	27,61
Périmètre de la tête	29	78,34	78,33	4,05	69,67	88,33	20	78,02	77,33	4,28	70,67	85,67
Diamètre transversal au col	29	15,77	15,83	1,24	13,27	18,57	20	15,76	15,8	1,16	13,78	17,48
Diamètre sagittal au col	29	16,38	16,37	1,2	13,59	19,61	20	15,97	15,9	1,12	13,44	17,78
Périmètre du col	29	52,41	52,67	3,94	45,67	60,33	20	52,78	51,67	3,41	46	65,33
Diamètre transversal sous-tubérositaire	29	15,98	15,91	1,34	13,51	18,91	20	16	16,26	1,42	13,48	18,37
Diamètre sagittal sous-tubérositaire	29	15,98	16,3	1,44	11,83	19,04	20	16,02	15,46	1,54	14,09	18,85
Périmètre sous-tubérositaire	29	50,33	51	3,34	43	55,33	20	50,45	51,33	3,24	44,33	55,67
Diamètre transversal à mi-hauteur	29	17,03	17	1,42	14,75	20,31	20	17,11	17,41	1,58	14,34	19,49
Diamètre sagittal à mi-hauteur	29	12,92	12,71	1,2	10,85	15,8	20	12,92	12,88	0,9	11,29	14,48
Périmètre à mi-hauteur	29	46,82	46	3,54	40,33	54,33	20	47,35	47	3,73	41,33	53,67
Diamètre transversal au foramen nourricier	29	17,15	16,71	1,87	13,82	21,39	18	16,99	16,66	1,79	13,46	20,71
Diamètre sagittal au foramen nourricier	29	12,6	12,41	1,36	9,86	15,61	18	12,6	12,71	0,86	11,03	14,22
Périmètre au foramen nourricier	29	48,17	47,67	4,19	41,33	57	18	48,19	47	3,79	43,33	54,67
Largeur distale maximale	29	37,05	36,98	2,31	32,76	41,89	20	36,13	36,39	2,58	31,11	40,99
Largeur distale minimale	29	32,84	32,82	1,56	30,22	35,59	20	32,08	32,21	1,58	29,44	34,72
Diamètre transversal physiologique distal	29	32,64	32,38	2,4	28,15	37,41	20	32,2	32,21	2,32	27,54	36,35
Diamètre sagittal physiologique distal	29	13,64	13,65	1,83	11,24	19,76	20	13,05	13,647	1,83	9,387	16,03
Indices de robustesse	29	0,1893	0,1893	0,01	0,1555	0,2149	20	0,1904	0,189	0,02	0,1563	0,2164
Poids	29	47,79	48	8,74	32	68	20	49,6	50	10,43	32	68

Tableau 1.3 : Description de l'échantillon de radius masculins

Variables	côté gauche						côté droit					
Radius (sexe féminin)	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Longueur totale	29	213,4	213	11,48	191,3	240	20	214,5	214,2	12,86	195	246
Longueur physiologique	29	202,2	201	10,84	194,3	228	20	202,6	201	12,42	183,3	234
Diamètre transversal de la tête radiale	28	19,7	19,71	1,29	17,27	22,56	20	19,89	20,12	1,27	17,5	23,08
Diamètre sagittal de la tête radiale	29	20,56	20,66	1,5	17,09	23,84	20	20,65	20,73	1,29	18,39	23,94
Périmètre de la tête	29	65,52	65	3,59	57,67	74,33	21	65,72	66	3,42	59,5	75
Diamètre transversal au col	29	12,51	12,33	1,21	10,39	15,59	20	12,65	12,43	1,42	10,13	15,59
Diamètre sagittal au col	29	12,86	12,64	1,17	10,55	15,63	20	12,91	13,1	1,21	10,65	15,42
Périmètre du col	29	42,49	42	2,89	37	49,33	21	43,48	44,33	2,91	38	48,67
Diamètre transversal sous-tubérositaire	29	13,46	13,38	0,99	11,44	16,04	20	13,48	13,5	1	11,37	15,34
Diamètre sagittal sous-tubérositaire	29	13,05	13,14	0,96	11,26	14,51	20	13,13	13,2	0,87	10,9	14,49
Périmètre sous-tubérositaire	29	41,83	41,33	2,72	37,33	47,67	21	41,9	42	2,43	36	46,5
Diamètre transversal à mi-hauteur	29	14,45	14,32	1,15	11,84	16,9	20	14,65	14,47	1,54	12,06	18,32
Diamètre sagittal à mi-hauteur	29	10,708	10,537	1,3	9,533	16,447	20	10,568	10,283	1,08	8,99	13,967
Périmètre à mi-hauteur	29	39,8	39,33	2,13	36	44	20	40,13	40	3,3	34,67	48,33
Diamètre transversal au foramen nourricier	28	14,48	14,29	1,49	10,73	17,78	20	14,57	14,46	1,08	11,56	16,85
Diamètre sagittal au foramen nourricier	28	10,22	9,927	0,84	8,887	12,697	20	10,21	10,05	0,9	8,58	12,17
Périmètre au foramen nourricier	28	40,43	39,83	2,68	36,33	46,67	20	40,95	41	2,64	36	47
Largeur distale maximale	29	31,32	31,48	1,65	28,32	34,36	20	30,86	31,19	1,98	27,45	33,99
Largeur distale minimale	29	28,42	28,4	1,54	25,89	32,55	20	28,03	28,2	1,57	25,89	32,55
Diamètre transversal physiologique distal	29	28,08	28,37	1,61	23,47	31,43	20	28,19	28,49	1,66	25,1	32,19
Diamètre sagittal physiologique distal	29	11,679	11,92	1,86	6,403	15,497	20	11,967	12,105	2	6,227	15,697
Indices de robustesse	29	0,1869	0,1848	0,01	0,162	0,2095	20	0,1874	0,19	0,02	0,1614	0,2302
Poids	29	23,38	22	6,03	14	36	20	23,5	22	5,98	16	36

Tableau 1.4 Description de l'échantillon de radius féminins

Variables	côté gauche						côté droit					
Radius (sexes confondus)	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Longueur totale	58	230,48	231,83	20,15	191,3	266,3	40	231,82	230,5	21,46	195	265
Longueur physiologique	58	218,23	220	19,07	182,7	251,7	40	218,87	217,17	20,36	183,3	253
Diamètre transversal de la tête radiale	57	32,93	21,81	84,26	17,22	27,81	40	21,77	21,34	2,37	17,5	26,36
Diamètre sagittal de la tête radiale	58	22,61	22,51	2,49	17,09	26,91	40	22,59	22,29	2,4	18,39	27,61
Périmètre de la tête	58	71,92	72,5	7,5	57,67	88,33	41	71,72	70,67	7,3	59,5	85,67
Diamètre transversal au col	58	14,14	14,06	2,05	10,39	18,57	40	14,21	14,37	2,03	10,13	17,48
Diamètre sagittal au col	58	14,61	14,71	2,17	10,55	19,61	40	14,44	14,35	1,93	10,65	17,78
Périmètre du col	58	47,42	46,67	6,05	37	60,33	41	47,97	47	6,02	38	65,33
Diamètre transversal sous-tubérositaire	58	14,72	14,51	1,73	11,44	18,91	40	14,73	14,55	1,75	11,37	18,32
Diamètre sagittal sous-tubérositaire	58	14,52	14,34	1,91	11,26	19,04	40	14,57	14,15	1,91	10,9	18,85
Périmètre sous-tubérositaire	58	46,07	45,33	5,24	37,33	55,33	41	46,09	45	5,143	37,33	56
Diamètre transversal à mi-hauteur	58	15,72	15,38	1,83	11,84	20,31	40	15,88	15,59	1,98	12,06	19,49
Diamètre sagittal à mi-hauteur	58	11,81	11,55	1,67	9,533	16,447	40	11,74	11,61	1,54	8,99	14,48
Périmètre à mi-hauteur	58	43,31	42,83	4,57	36	54,33	40	43,74	42,67	5,04	34,67	53,67
Diamètre transversal au foramen nourricier	57	15,84	15,75	2,15	10,73	21,39	38	15,72	15,52	1,89	11,56	20,71
Diamètre sagittal au foramen nourricier	57	11,41	11,01	1,65	8,887	15,613	38	11,34	11,25	1,49	8,58	14,22
Périmètre au foramen nourricier	57	44,39	43,33	5,24	36,33	57	38	44,38	43,67	4,86	36	54,67
Largeur distale maximale	58	34,18	33,58	3,5	28,32	41,89	40	33,49	33,37	3,5	27,45	40,99
Largeur distale minimale	58	30,63	30,7	2,7	25,89	35,59	40	30,05	29,55	2,58	25,38	34,72
Diamètre transversal physiologique distal	58	30,35	29,7	3,08	23,47	37,41	40	30,19	29,86	2,84	25,1	36,35
Diamètre sagittal physiologique distal	58	12,67	12,68	2,07	6,403	19,763	40	12,51	12,55	1,97	6,227	16,03
Indices de robustesse	58	0,19	0,19	0,01	0,1555	0,2149	40	0,19	0,19	0,02	0,1563	0,2302
Poids	58	35,59	36	14,39	14	68	40	36,55	36	15,66	16	68

Tableau 1.5 Description de l'échantillon de radius (sexes confondus)

Variables	Hommes						Femmes					
Radius (sexes confondus)	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Longueur totale	49	248,19	250	10,65	229	266.33	49	213,87	213	11,94	191,33	246
Longueur physiologique	49	234,57	236,67	10,49	215	253	49	202,38	201	11,39	182,67	234
Diamètre transversal de la tête radiale	49	23,67	23,69	1,44	20,87	27,61	48	19,78	19,77	1,27	17,27	23,07
Diamètre sagittal de la tête radiale	49	24,60	24,58	1,38	21,47	27,61	49	20,6	20,66	1,41	17,09	23,94
Périmètre de la tête	49	78,2	77,67	4,11	69.67	88.3	50	65,6	65,5	3,49	57,67	75
Diamètre transversal au col	49	15,77	15,83	1,20	13,27	18,57	49	12,57	12,33	1,29	10,13	15,59
Diamètre sagittal au col	49	16,13	16,05	1,17	13,44	18,42	49	12,88	13,03	1,18	10,55	15,63
Périmètre du col	49	52,32	52,66	3,72	45,67	60,33	50	42,87	42,58	2,9	37	49,3
Diamètre transversal sous-tubérositaire	49	16	16,07	1,47	11,83	19,04	49	13,47	13,41	0,99	11,37	16,04
Diamètre sagittal sous-tubérositaire	49	16	15,96	1,48	12,75	18,96	49	13,08	13,14	0,91	10,9	14,51
Périmètre sous-tubérositaire	49	50,37	51,13	3,27	43	55,67	50	41,88	42	2,58	37,3	47,67
Diamètre transversal à mi-hauteur	49	17,04	17,06	1,5	14,34	20,30	49	14,53	14,44	1,31	11,84	18.32
Diamètre sagittal à mi-hauteur	49	12,92	12,80	1,08	10,85	15,8	49	10,65	10,34	1,20	8,99	16,45
Périmètre à mi-hauteur	49	47	46,33	3,63	40,33	54,33	49	39,94	39,3	2,64	34,67	48,33
Diamètre transversal au foramen nourricier	47	17,08	16,7	1,83	13,46	21,39	48	14,52	14,33	1,32	10,72	17,79
Diamètre sagittal au foramen nourricier	47	12,6	12,67	1,21	9,86	15,61	48	10,22	9,98	0,86	8,58	12,7
Périmètre au foramen nourricier	47	48,2	47,3	4	41,3	57	48	40,65	40,33	2,65	36	47
Largeur distale maximale	49	36,67	36,45	2,44	31,11	41,89	49	31,13	31,34	1,79	27,45	34,26
Largeur distale minimale	49	32,53	32,61	1,6	29,4	35,59	49	28,26	28,4	1,55	25,4	32,55
Diamètre transversal physiologique distal	49	32,45	32,3	2,36	27,5	37,4	49	28,05	28,37	1,61	24,47	32,19
Diamètre sagittal physiologique distal	49	13,4	13,65	1,83	9,39	19,76	49	11,8	12	1,9	6,23	15,69
Indices de robustesse	49	0,19	0,19	0,02	0,16	0,22	49	0,19	0,19	0,01	0,16	0,23
Poids	49	48,53	48	9,41	32	68	49	23,43	22	5,94	14	36

Tableau 1.6 : Description de l'échantillon de radius selon le sexe (côtés confondus)

Variable	côté gauche						côté droit					
Ulna (sexe masculin)	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Longueur totale	27	266,8	266	9,87	248	285	19	267	271	11,19	248	283,3
Longueur totale sans styloïde	27	263,4	263	10,37	245,3	283,7	19	263,4	266	11,41	244,3	280,7
Longueur physiologique	28	235,7	234,7	10,01	218	253,3	19	237,6	240,7	10,49	219,7	254,7
Hauteur de l'olécrâne	27	22,59	22,32	1,95	19,31	26,22	19	22,19	22,18	1,72	19,1	26,2
Distance olécrâne - coronoïde	27	24,51	24,47	2,47	20,38	30,34	19	24,23	23,98	2,07	20,74	29,57
Largeur maximale de l'olécrâne	27	27,79	28,22	2,17	23,13	32,11	19	27,98	28,36	1,92	23,86	31,38
Largeur minimale de l'olécrâne	27	22,37	22,24	2,59	17,86	29,67	19	22,68	22,98	1,9	8,81	26,04
Diamètre sagittal maximal de l'olécrâne	27	26,44	25,93	2,11	22,44	32,51	19	27,92	27,67	2,12	23,37	32,47
Diamètre sagittal minimal de l'olécrâne	27	19,28	19,08	1,28	17,06	21,55	19	19,41	20,2	1,44	17,09	22,49
Diamètre sagittal du processus coronoïde	28	38,08	38,27	2,36	33,04	43,33	19	37,29	37,51	2,12	33,39	40,93
Largeur maximale du processus coronoïde	28	35,67	35,47	2,65	30,12	41,72	19	35,51	35,522	3,55	28,74	43,02
Largeur minimale du processus coronoïde	28	26,02	25,93	1,69	22,06	30,41	19	25,9	25,76	1,99	21,78	30,64
Diamètre sous-sigmoïdien transversal	28	25,54	24,55	3,25	20,15	32,23	19	26,88	26,52	2,88	22,63	32,35
Diamètre sous-sigmoïdien sagittal	28	26,61	26,79	2,76	20,49	34,78	19	27,11	27,38	2,01	22,84	29,95
Diamètre transversal à mi-hauteur	27	15,08	14,76	1,62	11,57	18,25	19	14,67	15,5	1,3	12,02	17,24
Diamètre sagittal à mi-hauteur	27	14,5	14,28	1,82	10,84	19,06	19	14,16	14,22	1,57	10,85	17,04
Périmètre à mi-hauteur	27	50,43	49,67	3,9	43	57,67	19	51,51	52	4,44	43,67	59
Diamètre transversal distal	28	18,38	17,75	2,27	15,47	24,78	19	18,77	18,76	1,97	15,55	22,57
Diamètre sagittal distal	28	21,07	20,22	2,7	15,39	25,91	19	20	20,57	2,27	16,08	23,75
Périmètre distal	28	62,68	61,67	6,25	52,33	77,67	19	62,26	62	5,26	53,67	72
Indice de robustesse	27	0,1892	0,1908	0,01	0,1589	0,2143	19	0,1931	0,1906	0,02	0,1605	0,2256
Indice de Verneau	27	1,0481	1,0643	0,12	0,8798	1,4857	19	1,0428	1,0576	0,09	0,8308	1,1622
Poids	27	60,15	58	10,93	36	84	19	60,32	60	10,71	40	80

Tableau 1.7 : Description de l'échantillon d'ulnas maculins

Variable	côté gauche						côté droit					
Ulna (sexe féminin)	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Longueur totale	25	229,7	227,7	10,51	216	257,7	22	231,3	229,2	12,76	210	261,7
Longueur totale sans styloïde	25	226,5	223,3	9,91	221	254,3	22	228,2	225,5	12,35	207,3	259,7
Longueur physiologique	26	204,3	201,7	9,96	188	230,7	22	205,1	203,5	11,54	186,3	234,7
Hauteur de l'olécrâne	25	19,48	19,07	1,25	16,74	22,18	22	19,92	19,59	1,62	17	23,12
Distance olécrâne - coronoïde	25	21,81	21,84	1,74	18,3	25,99	22	22,04	21,63	1,86	18,42	25,55
Largeur maximale de l'olécrâne	25	23,42	23,47	1,4	19,82	26,26	22	23,06	23,37	1,64	19,87	25,99
Largeur minimale de l'olécrâne	26	19,25	18,71	2,23	16,56	25,14	22	19,19	18,46	1,98	16,64	23,48
Diamètre sagittal maximal de l'olécrâne	25	22,19	22,18	0,97	20,43	23,97	22	23,27	23,12	1,45	19,29	26,35
Diamètre sagittal minimal de l'olécrâne	25	16,31	16,17	1,03	13,57	18,31	22	16,64	16,6	1,4	13,59	19,06
Diamètre sagittal du processus coronoïde	26	32,31	31,96	1,93	28,48	36,12	22	32,13	32,21	1,81	28,37	35,53
Largeur maximale du processus coronoïde	26	29,36	29,73	2,5	24,23	34,78	22	29,4	29,93	3,21	22,56	35,93
Largeur minimale du processus coronoïde	26	21,47	21,42	1,31	19,31	24,32	22	21,76	22,06	1,53	19,09	24,29
Diamètre sous-sigmoïdien transversal	26	20,89	20,89	2,33	15,9	25,74	22	21,43	20,83	2,66	17,66	28,55
Diamètre sous-sigmoïdien sagittal	26	21,85	21,99	1,9	18,57	26,07	22	22,28	22,3	1,92	18,48	26
Diamètre transversal à mi-hauteur	26	12,51	12,51	1,29	10,51	15,11	22	12,47	12,2	1,17	10,85	15,39
Diamètre sagittal à mi-hauteur	26	11,43	11,2	1,27	9,3	14,03	22	11,46	11,34	1,02	9,25	13,18
Périmètre à mi-hauteur	26	41,62	41,5	2,38	36,33	46,33	22	42,24	42	2,3	38,33	47,67
Diamètre transversal distal	26	15,57	15,27	1,82	12,35	21,17	22	16,05	15,88	1,44	13,74	18,2
Diamètre sagittal distal	26	17,84	17,59	1,73	13,8	21,24	22	18,34	18,11	1,65	15,24	22,16
Périmètre distal	26	53,53	53,17	5,14	40	69,67	22	54,83	55,17	3,68	45	59
Indice de robustesse	25	0,1813	0,1808	0,01	0,1615	0,2018	22	0,183	0,1837	0,01	0,1584	0,2021
Indice de Verneau	25	1,0967	1,1096	0,16	0,8231	1,4421	22	1,0972	1,0764	0,14	0,8831	1,433
Poids	26	28,85	28	6,43	20	44	22	29,36	28	6,74	20	44

Tableau 1.8 Description de l'échantillon d'ulnas féminins

Variable	côté gauche						côté droit					
Ulna (Sexes confondus)	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Longueur totale	52	248,95	251	21,24	216	285	41	247,86	247	21,59	210	283,3
Longueur totale sans styloïde	52	245,65	245,67	21,18	211	283,7	41	244,51	243	21,35	207,3	280,7
Longueur physiologique	54	220,58	221,17	18,66	188	253,3	41	220,18	221	19,7	186,3	254,7
Hauteur de l'olécrâne	52	21,09	20,52	2,27	16,74	26,22	41	20,97	21,11	2,01	17	26,2
Distance olécrâne - coronoïde	52	23,21	22,87	2,53	18,3	30,34	41	23,06	22,71	2,23	18,42	29,57
Largeur maximale de l'olécrâne	52	25,68	24,93	2,86	19,82	32,11	41	25,34	25,12	3,04	19,87	31,38
Largeur minimale de l'olécrâne	53	20,84	20,76	2,87	16,56	29,67	41	20,81	20,93	2,61	16,64	26,04
Diamètre sagittal maximal de l'olécrâne	52	24,4	23,88	2,71	20,43	32,51	41	25,42	25,17	2,94	19,29	32,47
Diamètre sagittal minimal de l'olécrâne	52	17,85	17,76	1,89	13,57	21,55	41	18,01	17,87	2,05	13,59	22,49
Diamètre sagittal du processus coronoïde	54	35,3	34,94	3,62	28,48	43,33	41	34,52	34,14	3,25	28,37	40,93
Largeur maximale du processus coronoïde	54	32,63	32,53	4,08	24,23	41,72	41	32,23	31,88	4,54	22,56	43,02
Largeur minimale du processus coronoïde	54	23,83	24,1	2,75	19,31	30,41	41	23,68	23,36	2,72	19,09	30,64
Diamètre sous-sigmoïdien transversal	54	23,3	22,92	3,67	15,9	32,23	41	23,96	23,68	3,88	17,66	32,35
Diamètre sous-sigmoïdien sagittal	54	24,32	23,73	3,37	18,57	34,78	41	24,51	23,52	3,12	18,48	29,95
Diamètre transversal à mi-hauteur	53	13,82	13,65	1,95	10,51	18,25	41	13,49	13,28	1,65	10,85	17,24
Diamètre sagittal à mi-hauteur	53	13	13,02	2,2	9,3	19,06	41	12,71	12,68	1,87	9,25	17,04
Périmètre à mi-hauteur	53	46,11	45,67	5,49	36,33	57,67	41	46,54	44,67	5,79	38,33	59
Diamètre transversal distal	54	17,03	16,69	2,49	12,35	24,78	41	17,31	17,12	2,17	13,74	22,57
Diamètre sagittal distal	54	19,52	19,01	2,79	13,8	25,91	41	19,11	18,55	2,11	15,24	23,75
Périmètre distal	54	58,27	57,5	7,33	40	77,67	41	58,28	58	5,8	45	72
Indice de robustesse	52	0,19	0,18	0,01	0,1589	0,2143	41	0,19	0,19	0,02	0,1584	0,2256
Indice de Verneau	52	1,07	1,07	0,14	0,8231	1,4857	41	1,07	1,06	0,12	0,8308	1,433
Poids	53	44,79	44	18,14	20	84	41	43,71	40	17,88	20	80

Tableau 1.9 : Description de l'échantillon d'ulnas selon le côté (sexes confondus)

Variable	Hommes						Femmes					
Ulna	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum	N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Minimum	Maximum
Longueur totale	46	266,88	268,07	10,42	248	284,3	47	230,45	228,4	11,56	213,19	259,57
Longueur totale sans styloïde	46	263,4	264,24	10,8	244,89	282,46	47	227,3	224,33	11,05	214,59	256,83
Longueur physiologique	47	336,77	337	14,46	311,45	361,65	48	204,7	202,6	10,75	9,9	259,7
Hauteur de l'olécrâne	46	22,42	22,26	1,86	19,22	26,21	47	19,69	19,31	1,42	16,86	22,62
Distance olécrâne - coronoïde	46	24,39	24,27	2,3	20,53	30,02	47	21,92	21,74	1,8	18,36	25,78
Largeur maximale de l'olécrâne	46	27,87	28,28	2,07	23,43	31,81	47	23,25	23,42	1,51	19,84	26,13
Largeur minimale de l'olécrâne	46	22,5	22,55	2,31	14,12	28,17	48	19,22	18,59	2,11	16,56	25,14
Diamètre sagittal maximal de l'olécrâne	46	27,05	26,65	2,11	22,82	32,49	47	22,7	22,62	1,19	19,9	25,08
Diamètre sagittal minimal de l'olécrâne	46	19,33	19,54	1,35	17,07	21,94	47	16,46	16,37	1,2	13,58	18,66
Diamètre sagittal du processus coronoïde	47	53,96	54,25	3,27	47,24	60,8	48	32,22	32,09	1,87	28,37	36,12
Largeur maximale du processus coronoïde	47	50,78	50,58	4,14	42,38	60	48	29,38	29,83	2,86	22,56	35,93
Largeur minimale du processus coronoïde	47	37,04	36,9	2,53	31,33	43,44	48	21,62	21,74	1,42	19,09	24,32
Diamètre sous-sigmoïdien transversal	47	36,95	35,79	4,48	29,73	45,99	48	21,16	20,86	2,5	15,9	28,55
Diamètre sous-sigmoïdien sagittal	47	38,14	38,43	3,63	30,16	47,63	48	22,07	22,15	1,91	18,48	26,07
Diamètre transversal à mi-hauteur	46	14,91	15,07	1,49	11,76	17,83	48	12,49	12,36	1,23	10,51	15,39
Diamètre sagittal à mi-hauteur	46	14,36	14,26	1,72	10,84	18,23	48	11,45	11,27	1,15	9,25	14,03
Périmètre à mi-hauteur	46	50,88	50,63	4,12	43,28	58,22	48	41,93	41,75	2,34	36,33	47,67
Diamètre transversal distal	47	26,36	25,71	3,11	22,09	34,43	48	15,81	15,58	1,63	12,35	21,17
Diamètre sagittal distal	47	29,6	28,97	3,68	22,22	36,06	48	18,09	17,85	1,69	13,8	22,16
Périmètre distal	47	89,18	88,05	8,51	75,14	108,43	48	54,18	54,17	4,41	40	69,67
Indice de robustesse	46	0,19	0,19	0,01	0,16	0,22	47	0,18	0,18	0,01	0,16	0,2
Indice de Verneau	46	1,05	1,06	0,11	0,86	1,35	47	1,1	1,09	0,15	0,85	1,44
Poids	46	60,22	58,83	10,84	37,65	82,35	48	29,11	28	6,59	20	44

Tableau 2.0 : Description de l'échantillon d'ulnas selon le sexe (côtés confondus)

Test de Student : différence significative selon le sexe (p <0,0000) pour toutes les variables sauf pour l'indice de robustesse (p-value = 0,02536 à gauche et 0,03867 à droite) et l'indice de Verneau (p-value = 0,2132 à gauche et 0,151 à droite)

5 Analyses discriminantes (radius)

Le tableau 2.1 présente les pourcentages de classification correctes obtenus en analyse discriminante à une variable. Ces analyses discriminantes ont été réalisées sur les variables du côté gauche, qui présentaient le plus de données.

Les résultats en termes de classements corrects du sexe s'étendent de 53 % à 93 %, les meilleurs résultats étant obtenus pour les variables suivantes :

- *diamètre sagittal de la tête* : 93 %.

- *longueur totale* : 91 %.

- *longueur physiologique* : 91 %.

- *largeur distale maximale* : 93 %.

- *largeur distale minimale* : 93 %.

- *périmètre de la tête* : 93 %.

- *diamètre transverse cervical* : 93 %.

- *diamètre sagittal cervical* : 91 %.

Après avoir sélectionné les variables les moins corrélées entre-elles, les variables obtenant les meilleurs résultats étaient les *longueur physiologique, diamètre sagittal à mi-hauteur, diamètre transversal physiologique distal et diamètre sagittal au foramen nourricier.*

Radius - Fonctions discriminantes	Hommes	Femmes	Total
Longueur totale	93%	90%	91%
Longueur physiologique	93%	90%	91%
Diamètre transversal de la tête radiale	52%	55%	53%
Diamètre sagittal de la tête radiale	93%	93%	93%
Périmètre de la tête	93%	93%	93%
Diamètre transversal au col	93%	93%	93%
Diamètre sagittal au col	93%	90%	91%
Périmètre du col	83%	93%	88%
Diamètre transversal sous-tubérositaire	79%	93%	86%
Diamètre sagittal sous-tubérositaire	79%	97%	88%
Périmètre sous-tubérositaire	86%	93%	90%
Diamètre transversal à mi-hauteur	79%	83%	81%
Diamètre sagittal à mi-hauteur	83%	93%	88%
Périmètre à mi-hauteur	83%	90%	86%
Diamètre transversal au foramen nourricier	72%	76%	74%
Diamètre sagittal au foramen nourricier	83%	90%	86%
Périmètre au foramen nourricier	79%	86%	83%
Largeur distale maximale	90%	97%	93%
Largeur distale minimale	93%	93%	93%
Diamètre transversal physiologique distal	83%	90%	86%
Diamètre sagittal physiologique distal	69%	69%	69%
Indices de robustesse	55%	59%	57%

Tableau 2.1 : Radius - Résultats des fonction discriminantes univariées

6 Régressions logistiques univariées

6.1 Radius

Les régressions logistiques sont présentées pour chaque variable individuelle avec leurs coefficient et constante respectifs dans le Tableau 2.2 avec leurs pourcentages de classements corrects respectifs sur notre échantillon. Les résultats s'étendaient de 50 % à 95,1 % de bonnes classifications.

On observe qu'un pourcentage supérieur à 90 % était obtenu avec les variables suivantes :

- *Périmètre de la tête* (94,8 % à gauche, 95,1 % à droite)
- *Diamètre sagittal sous-tubérositaire* (93,1 % à gauche, 95 % à droite)
- *Poids* (94,8 % à gauche, 92,5 % à droite)
- *Diamètre transversal de la tête* (91,2 % à gauche, 95 % à droite)
- *Longueur physiologique* (91,4 % à gauche, 92,5 % à droite)
- *Diamètre sagittal cervical* (91,4 % à gauche, 92,5 % à droite)
- *Diamètre transversal cervical* (93,1 % à gauche, 90 % à droite)
- *Périmètre au col* (91,4 % à gauche, 90,2 % à droite)
- *Longueur totale* (91,4 % à gauche, 90 % à droite)

En sélectionnant les variables les moins corrélées entre-elles, les variables les plus performantes étaient les *longueur physiologique, diamètre sagittal à mi-hauteur et le diamètre transversal physiologique distal.*

6.2 Ulna

Les régressions logistiques sont présentées pour chaque variable individuelle avec leurs coefficient, constante respectifs et classements respectifs dans le Tableau 2.3. Les résultats s'étendaient de 63 % à 95,3 % de bonnes classifications.

On observe qu'un pourcentage supérieur à 90 % était obtenu avec les variables suivantes :

- *Longueur totale (94,4 à gauche, 93 % à droite)*

- *Longueur totale sans styloïde (96,3 % à gauche, 95,3 % à droite)*

- *Longueur physiologique (91,1 % à gauche, 93 % à droite)*

- *Diamètre sagittal maximal de l'olécrane (94,4 % à gauche, 93 % à droite)*

- *Largeur minimale du processus coronoïde (94,6 % à gauche, 90,7 % à droite)*

- *Poids (96,4 % à gauche, 95,3 % à droite)*

Radius - Régressions logistiques univariées	gauche			droit			global
Logistique	Coefficient	Constante	% Classement	Coefficient	Constante	% Classement	% Classement
Longueur totale	0,27177	-62,89958	91,4	0,21152	-48,92001	90	90,7
Longueur physiologique	0,26757	-58,59734	91,4	0,21483	-46,92599	92,5	91,95
Diamètre transversal de la tête radiale	2,5179	-54,668	91,2	2,0553	-44,2807	95	93,1
Diamètre sagittal de la tête radiale	0,6686	-15,2365	93,1	2,1936	-49,2431	92,5	92,8
Périmètre de la tête	0,7476	-53,726	94,8	0,7769	-55,4548	95,1	94,95
Diamètre transversal au col	2,2431	-31,6855	93,1	1,9227	-27,5086	90	91,55
Diamètre sagittal au col	2,4087	-35,0592	91,4	2,2696	-32,8054	92,5	91,95
Périmètre du col	0,9007	-42,1952	91,4	1,0221	-48,6462	90,2	90,8
Diamètre transversal sous-tubérositaire	1,889	-27,514	84,5	1,5771	-23,0027	85	84,75
Diamètre sagittal sous-tubérositaire	2,0619	-29,5759	93,1	6,965	-98,737	95	94,05
Périmètre sous-tubérositaire	0,7953	-36,3581	89,7	1,2151	-55,3109	92,7	91,2
Diamètre transversal à mi-hauteur	1,7018	-26,6354	81	0,9298	-14,7018	75	78
Diamètre sagittal à mi-hauteur	1,5289	-17,792	87,9	1,8865	-22,0832	90	88,95
Périmètre à mi-hauteur	0,8687	-37,1454	86,2	0,5601	-24,3014	87,5	86,85
Diamètre transversal au foramen nourricier	1,0656	-16,6664	80,7	1,3863	-21,7177	78,9	79,8
Diamètre sagittal au foramen nourricier	1,8601	-20,8283	87,7	2,5924	-29,7021	89,5	88,6
Périmètre au foramen nourricier	0,6463	-28,1674	87,7	0,9243	-40,7398	84,2	85,95
Largeur distale maximale	1,7964	-60,7469	91,4	1,1855	-39,4302	85	88,2
Largeur distale minimale	1,9402	-59,3576	93,1	1,823	-54,634	87,5	90,3
Diamètre transversal physiologique distal	1,4596	-43,597	86,2	1,0409	-31,1879	87,5	86,85
Diamètre sagittal physiologique distal	0,6939	-8,7681	69	0,3175	-3,9798	60	64,5
Indices de robustesse	12,797	-2,407	56,9	12,118	-2,289	50	53,45
Poids	0,6079	-21,0498	94,8	0,509	-17,6982	92,5	93,65

Tableau 2.2 : Radius - Régressions logistiques

Ulna - Régressions logistiques univariées	gauche			droite			global
	Coefficient	Constante	% Classement	Coefficient	Constante	% Classement	% Classement
Longueur totale	0,2891	-71,9706	94,4	0,25361	-63,43502	93	93,7
Longueur totale sans styloïde	0,2824	-69,1628	96,3	0,24704	-60,933369	95,3	95,8
Longueur physiologique	0,26689	-58,69919	91,1	0,24549	-54,62155	93	92,05
Hauteur de l'olécrâne	1,2736	-26,3885	85,2	0,8032	-17,0286	79,1	82,15
Distance olécrâne - coronoïde	0,6598	-15,1188	79,6	0,6104	-14,2333	74,4	77
Largeur maximale de l'olécrâne	1,3792	-34,6695	88,9	1,6545	-42,0325	93	90,95
Largeur minimale de l'olécrâne	0,5752	-11,838	76,4	0,7723	-16,2962	81,4	78,9
Diamètre sagittal maximal de l'olécrâne	2,263	-53,887	94,4	1,4859	-37,77	93	93,7
Diamètre sagittal minimal de l'olécrâne	2,7874	-49,1765	87	1,6264	-29,5348	86	86,5
Diamètre sagittal du processus coronoïde	1,2469	-43,6125	87,5	1,5603	-54,004	90,7	89,1
Largeur maximale du processus coronoïde	1,0733	-34,6452	92,9	0,6645	-21,6459	88,4	90,65
Largeur minimale du processus coronoïde	1,7598	-41,4828	94,6	1,6917	-40,2325	90,7	92,65
Diamètre sous-sigmoïdien transversal	0,6686	-15,2365	82,1	0,7203	-17,4198	86	84,05
Diamètre sous-sigmoïdien sagittal	0,8642	-20,7321	87,5	1,1027	-27,3532	88,4	87,95
Diamètre transversal à mi-hauteur	1,2226	-16,7267	83,6	1,394	-18,9915	81,4	82,5
Diamètre sagittal à mi-hauteur	1,272	-16,3065	85,5	1,646	-21,02	85,4	85,45
Périmètre à mi-hauteur	1,0061	-45,5663	92,7	0,7717	-35,4479	88,4	90,55
Diamètre transversal distal	0,9115	-15,1976	80,4	1,069	-18,6228	74,4	77,4
Diamètre sagittal distal	0,7234	-13,8383	76,8	0,4358	-8,481	74,4	75,6
Périmètre distal	0,3544	-20,266	83,9	0,5479	-31,9361	83,7	83,8
Indice de robustesse	51,884	-9,532	63	50,097	-9,554	67,4	65,2
Indice de Verneau	-2,71	2,98	66,7	-3,925	4,048	53,5	60,1
Poids	0,3633	-15,2606	96,4	0,4662	-20,1974	95,3	95,85

Tableau 2.3 : Ulna - Régressions logistiques

7 Régressions logistiques multivariées

7.1 Radius

Une première série de fonctions a été faite sur os entier (Tableau 2.4) ; une seconde, segment par segment (Tableau 2.5a et 2.5b), dans le but de déterminer le sexe sur os fragmenté comme cela peut être le cas en anthropologie médico-légale.

Concernant l'os entier, nous constatons que 4 fonctions permettaient 100 % de bonnes classifications, sur 57 ou 58 cas. Nous rappelons cependant qu'il conviendrait de tester les meilleures fonctions obtenues sur un autre échantillon indépendant, pour obtenir la réalité de la bonne classification.

L'analyse segment par segment permettait elle aussi d'obtenir des classements très satisfaisants, supérieurs à 90 % dans tous les cas et atteignant parfois 100 % (Tableaux 2.5a et b).

Enfin nous avons tenté une sélection de variables par analyse discriminante avec l'outil « stepwise forward ». Puis nous avons retenu les variables les plus performantes que nous avons combinées dans une régression logistique. Nous obtenions 100 % des classements corrects sur 58 cas. Les résultats sont indiqués dans le Tableau 2.5c.

7.2 Ulna

Comme précédemment, des régressions logistiques multivariées ont été réalisées sur l'os entier, puis segment par segment, et enfin après sélection des variables par analyse discriminante (« stepwise forward »). L'analyse segment par segment permettait comme pour le radius d'obtenir des classements très satisfaisants, supérieurs à 90 % pour l'épiphyse proximale et la diaphyse, et atteignant parfois 100 %, notamment pour les sujets féminins (Tableaux 2.6a, b). La sélection de variables par analyse discriminante permettait d'obtenir 100 % de bons classements. (Tableaux 2.6c).

Radius - régressions logistiques multivariées variables pondérées	Constante	N	Hommes	N	Femmes	N	Sexes confondus
0,4778(MLTG) + (-0,2146) (MLPG)	-63,5407	29	93,10 %	29	93,10 %	58	93,10 %
0,4378(MLTG) + (-0,2783) (MPCG) +1,1289(MDTTG) +0,379(MDSTG)	-73,6646	29	96,55 %	28	92,86 %	57	94,74 %
1,364(MDSCG) + 0,1946(MPCG) + 0,3337(MDTSTG) +0,7702(MDSSTG) + (-0,0008672) (MPSTG)	-44,71	29	93,10 %	29	96,55 %	58	94,83 %
(-0,06592)(MLTG)+0,19978(MLPG) + (-1,54663) (MDTTG) + (-4,9985) (MDSTG) +2,94189(MPTG) +1,27322(MDTCG)	-111,46646	29	100,00 %	28	96,43 %	57	98,25 %
3,115(MLTG)+0,1388(MLPG)+(-2,405)(MDTTG)+(-34,91)(MDSTG)+12,06(MPTG)+(-52,22)(MDTCG)+(-13,91)(MDSCG)+31,37(MPCG)+(-6,065)(MDTSTG)+30,62(MDSSTG)+(-12,05)(MPSTG)	-1114	29	100,00 %	28	100,00 %	57	100,00 %
61,95(MLTG)+5,18(MDSCG)+25,25(MPSTG)+(-23,94)(MDTMG)+22,57(MPTG)+(-75,65)(MDTSTG)+(-54,27)(MLTG)	-3839,3	29	100 %	29	100 %	58	100 %
0,3114(MLTG) + (-0,2445) (MLPG) +1,7283(MDDTD)	-56,3145	17	94,10 %	17	0 %	34	52,90 %
0,7637(MLTG)+0,8862(MLPG)-0,02332(MDTTG)-15,03(MDSTG)+3,126(MPTG)-12,16MDTCG)-2,181(MDSCG)+7,932(MPCG)-4,195(MDTSTG)+ 2,04(MDSSTG)+3,067(MPSTG)-1,937(MDTMG)-3,901(MDSMG)+6,021(MPMG)-14,95(MDTFNG)-19,93(MDSFNG)+3,578(MPFNG)+3,224(MLDMAG)-2,737(MLDMIG)+3,726(MDTPDG)-0,08921(MDSPDG)+742,1(MIRG)+0,2623(PG)	-695,1	29	100,00 %	27	100 %	56	100 %

3,115(MLTG)+0,1388(MLPG)+(-2,405)(MDTTG)+(-34,91)(MDSTG)+12,06(MPTG)+(-52,22)(MDTCG)+(-13,91)(MDSCG)+31,37(MPCG)+(-6,065)(MDTSTG)+30,62(MDSSTG)+(-12,05)(MPSTG)	-1114	29	100,00	28	100,00 %	57	100,00 %

Tableau 2.4 : Radius - Régressions logistiques multivariées - os entier

Segments	Coefficients respectifs	Constantes	Hommes	Femmes	Global
Epiphyse proximale	16,83(MDTTG)+(-186,5)(MDSTG)+77,18(MPTG)+ (-31,73)(MDTCG)+(-0,07969)(MDTSCG)+11,93(MPCG)+ (-8,485)(MDTSTG)+39,41(MDTSSG)+(-2,779)(MPSTG)	-2095	100%	100%	100%
Diaphyse	(-1,0241)(MDTMG)+0,4247(MDSMG)+1,0827(MPMG)+ (-1,1332)(MDTFNG)+(-0,4760)(MDSFNG)+0,7188(MPFNG)	-43,6014	89,7%	96,4%	93%
Epiphyse distale	1,9026(MLDMAG)+1,1271(MLDMIG)+ (-0,1484)(MDTPDG)+1,0548(MDSPDG)	-107,6061	96,6%	96,6%	96,6%

Tableau 2.5a : Radius gauche - régressions logistiques multivariées - par segment

Segments	Variables pondérées	Constantes	Hommes	Femmes	Global
Epiphyse proximale	(-116,2)(MDTTD)+(-20,87)(MDSTD)+53,22(MPTD)+1,338(MDTCD)+ (-24,35)(MDSCD)+5,244(MPCD)+(-20,91)(MDTSTD)+(-30,69)(MDSSTD)+26,08(MPSTD)	-1173	100%	100%	100%
Diaphyse	(-121,070)(MDTM)+6,465(MDSM)+22,547(MPM)+103,865(MDTFN)+ 174,054(MDSFN)+(-21,427)(MPFN)	-1792,642	100%	100%	100%
Epiphyse distale	0,4333(MLDMAD)+1,5517(MLDMID)+(-0,1561)(MDTPD)+ (-0,1403)(MDSPD)	-54,4306	85%	95%	90%

Tableau 2.5b : Radius droit - régressions logistiques multivariées - par segment

Radius - régression logistique multivariée avec sélection en analyse discriminante	Constante	N	Hommes	N	Femmes	N	Sexes confondus
61,95(MLTG) + 5,18(MDSCG) + 25,25(MPSTG) + (-23,94)(MDTMG) + 22,57(MPTG) + (-75,65)(MDTSTG) + (-54,27)(MLPG)	-3839,3	29	100%	29	100%	58	100%

Tableau 2.5c : Radius - Régression logistique multivariée après sélection de variable en analyse discriminante

Segments	Variables pondérées	Constantes	Hommes	Femmes	Global
Epiphyse proximale	32,197(MHOG) + (-12,967)(MDOCG) + 8,911(MLMAOG) + (-1,193)(MLMIOG) + 7,708(DSMAOG) + 43,006(MDSMIOG) + (-18,361)(DSPCG) + (-10,842)(MLMAPCG) + 35,141(MLMIPCG) + (-0,991)(MDSTG) + (-17,472)(MDSSG)	-903,858	81,5	100	90,4
Diaphyse	(-0,1340)(MDTMG) + 0,2071(MDSMG) + 1,0156(MPMG)	-46,7868	92,6	92,3	92,5
Epiphyse distale	(-0,3982) ; 0,1158 ; 0,4496	-21,2625	82,1	92,3	87

Tableau 2.6a : Ulna gauche - régressions logistiques multivariées - par segment

Segments	Variables pondérées	Constantes	Hommes	Femmes	Global
Epiphyse proximale	31,63(MHOD) + (-24,31)(MDOCD) + (8,814)(MLMAOD) + (-8,176)(MLMIOD) + 10,81(MDSMAOD) + (-6,380)(MDSMIOD) + 17,59(MDSPCD) + (-3,432)(MLMAPCD) + (-2,120)(MLMIPCD) + (-1,727)(MDSTD) + 6,908(MDSSD)	-897,4	100	100	100
Diaphyse	0,8201(MDTMD) + 0,7257(MDSMD) + 0,5540(MPMD)	-45,3071	89,5	95,5	92,7
Epiphyse distale	(-0,1359)(MDTDD) + (-0,5100)(MDSDD) + 0,8201(MPDD)	-35,6701	78,9	90,9	85,4

Tableau 2.6b : Ulna droit - régressions logistiques multivariées - par segment

Ulna - régression logistique multivariée variables pondérées	Constante	N	hommes	N	Femmes	N	Sexes confondus
-7,668(MLTG)+8,323(MLTSG+5,869(MLPG)+54,536(MDSMAOG)+ (-14,802)(MLMAPCG)	-2249,944	27	100%	25	100%	53	100%

Tableau 2.6c : Ulna - Régression logistique multivariée

8 Réseaux neuronaux artificiels (radius)

Le Tableau 2.7 présente les pourcentages de classifications corrects obtenus à l'aide des réseaux neuronaux. Ceux-ci ont été réalisés sur les variables du côté gauche car nous disposions de plus de données. Les résultats s'étendaient de 52 % à 95 % de bonnes classifications.

L'on constate que les meilleurs résultats étaient obtenus pour les variables suivantes :

- *longueur totale :* 95 %.
- *longueur physiologique* : 95 %.
- *largeur distale minimale* : 95 %.
- *diamètre sagittal de la tête* : 93 %.
- *périmètre de la tête* : 95 %.
- *diamètre transversal cervical* : 93 %.
- *diamètre sagittal cervical* : 93 %.
- *Périmètre cervical* : 93 %.
- *Diamètre sagittal sous-tubérositaire* : 91 %.
- *largeur distale maximale* : 91 %.
- *Diamètre sagittal à mi-hauteur* : 90 %.

En sélectionnant les variables les moins corrélées, les variables les plus performantes étaient les *longueur physiologique, diamètres transversal et sagittal sous-tubérositaire, diamètre sagittal à mi-hauteur et le diamètres transversal et sagittal au foramen nourricier.*

Le réseau neuronal n’a pas été calculé pour l’ulna, et fera l’objet de travaux ultérieurs.

Radius - Réseaux neuronaux	Hommes	Femmes	Total
Longueur totale	100%	90%	95%
Longueur physiologique	100%	90%	95%
Diamètre transversal de la tête radiale	52%	69%	60%
Diamètre sagittal de la tête radiale	93%	93%	93%
Périmètre de la tête	97%	93%	95%
Diamètre transversal au col	93%	93%	93%
Diamètre sagittal au col	93%	93%	93%
Périmètre du col	97%	90%	93%
Diamètre transversal sous-tubérositaire	93%	86%	90%
Diamètre sagittal sous-tubérositaire	90%	93%	91%
Périmètre sous-tubérositaire	86%	93%	90%
Diamètre transversal à mi-hauteur	76%	97%	86%
Diamètre sagittal à mi-hauteur	90%	90%	90%
Périmètre à mi-hauteur	93%	83%	88%
Diamètre transversal au foramen nourricier	97%	66%	81%
Diamètre sagittal au foramen nourricier	83%	93%	88%
Périmètre au foramen nourricier	83%	86%	84%
Largeur distale maximale	97%	86%	91%
Largeur distale minimale	100%	90%	95%
Diamètre transversal physiologique distal	83%	93%	88%
Diamètre sagittal physiologique distal	66%	83%	74%
Indices de robustesse	52%	62%	57%

Tableau 2.7 : Radius - Réseaux neuronaux

9 Test de normalité

9.1 Radius

Nous présentons les histogrammes et les ajustements par la droite de Henry, vérifiant la normalité de distribution pour chaque variable. On aperçoit que, bien que les échantillons dépassent les 30 par groupes, la distribution n'est pas toujours idéale.

Les résultats du test de Shapiro-Wilk sont présentés dans le tableau 2.8, montrant que la non-normalité est rarement démontrée.

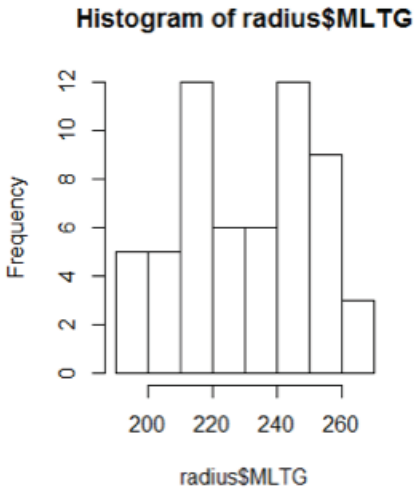


Figure 1 : Représentation graphique de la variable "longueur totale gauche" par histogramme

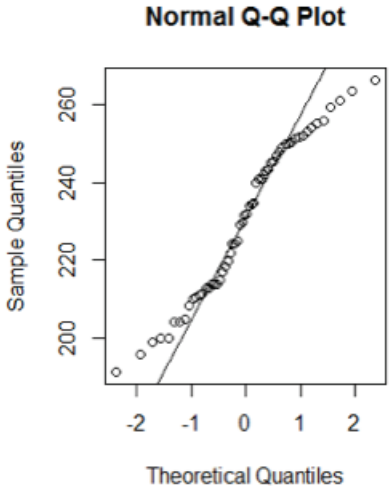


Figure 2 : Etude de la normalité de la variable "longueur totale gauche"

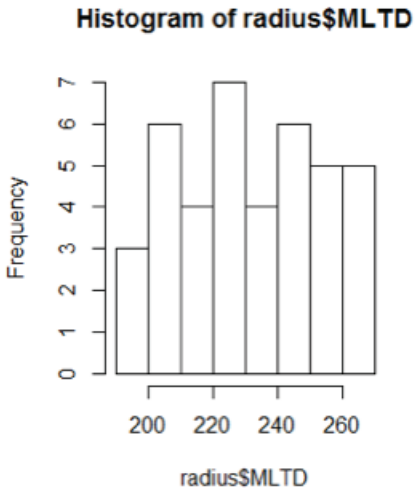


Figure 3 : Représentation graphique de la variable "longueur totale droite" par histogramme

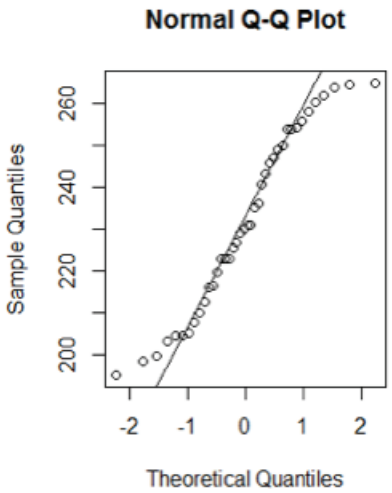


Figure 4 : Etude de la normalité de la variable "longueur totale droite"

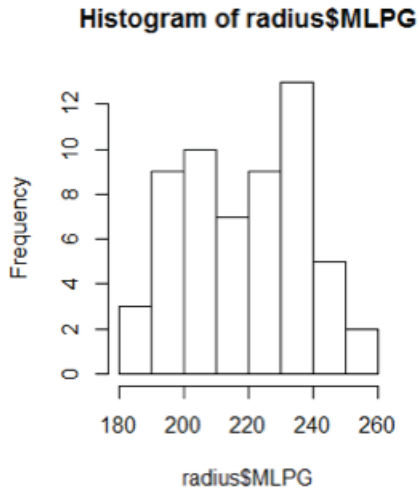


Figure 5 : Représentation graphique de la variable "longueur physiologique gauche" par histogramme

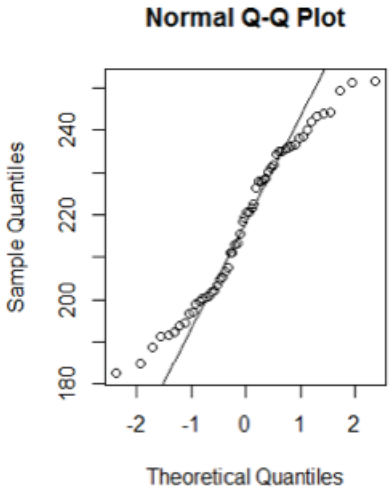


Figure 6 : Etude de la normalité de la variable "longueur physiologique gauche"

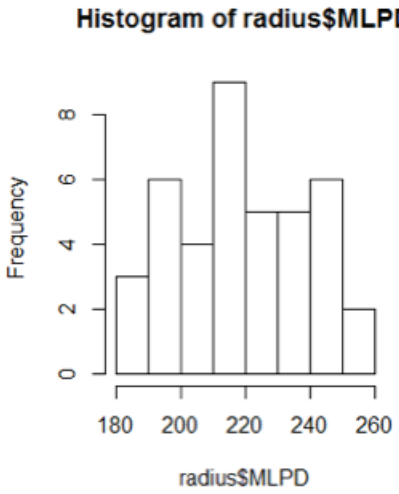


Figure 7 : Représentation graphique de la variable "longueur physiologique droite" par histogramme

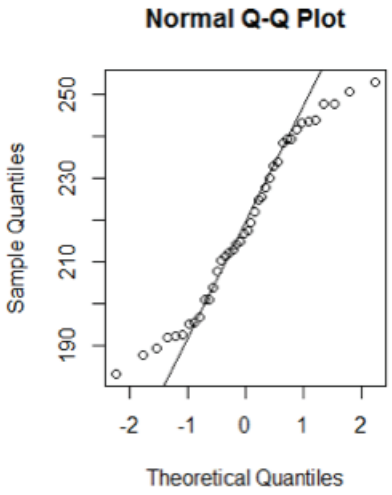


Figure 8 : Etude de la normalité de la variable "longueur physiologique droite"

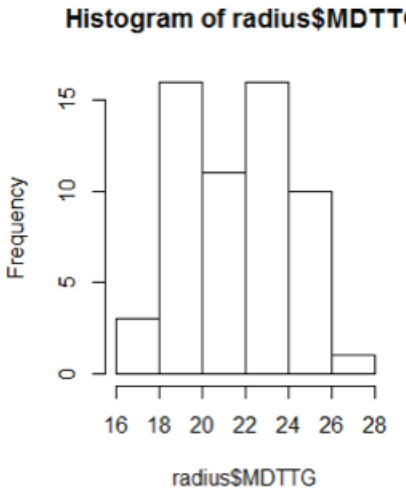


Figure 9 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal de la tête gauche" par histogramme

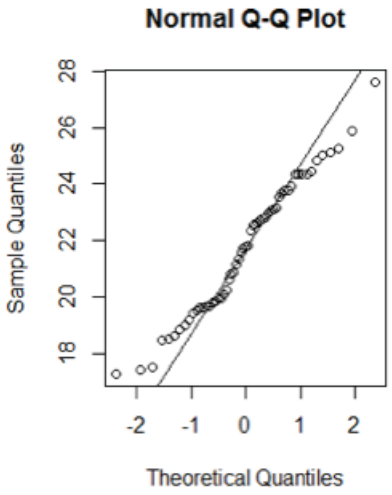


Figure 10 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal de la tête gauche"

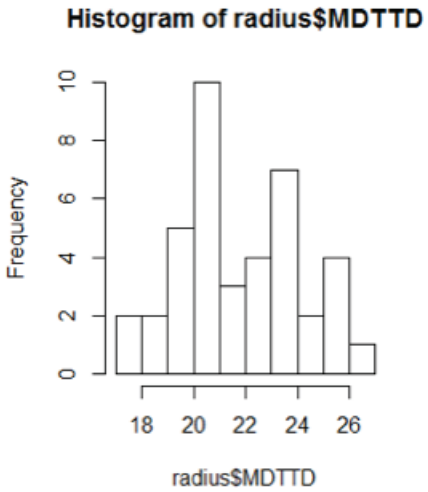


Figure 11 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal de la tête droite" par histogramme

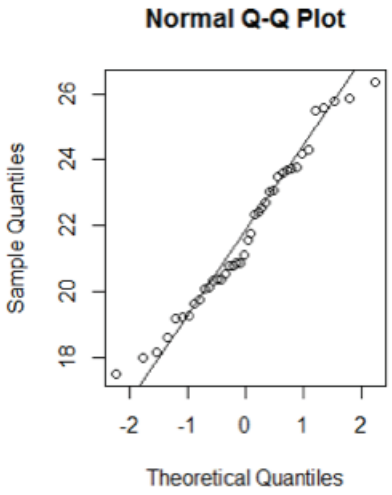


Figure 12 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal de la tête droite"

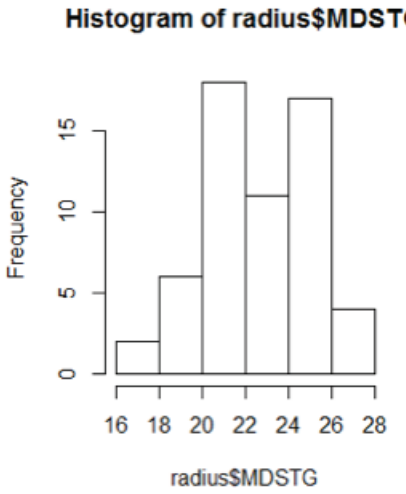


Figure 13 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal de la tête gauche" par histogramme

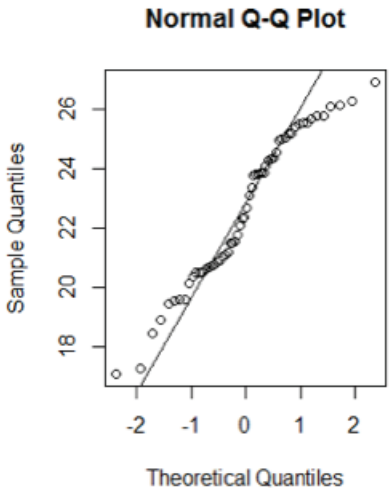


Figure 14 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal de la tête gauche"

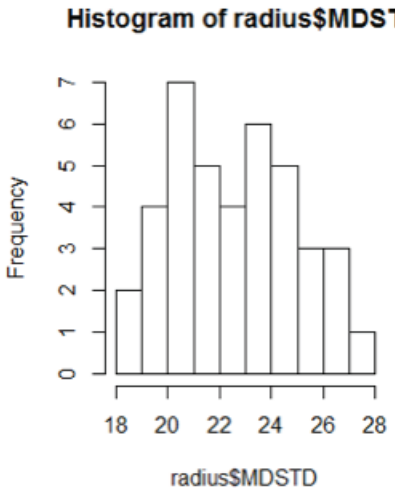


Figure 15 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal de la tête droite" par histogramme

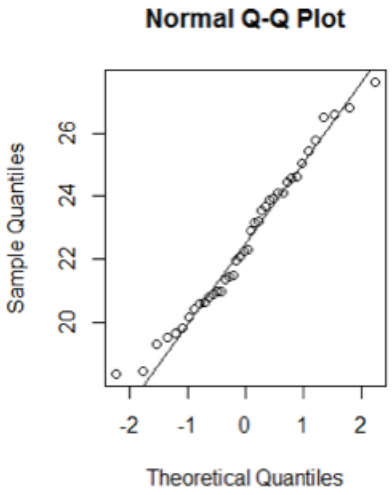


Figure 16 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal de la tête droite"

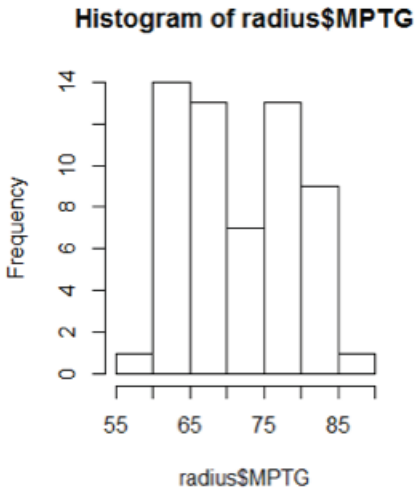


Figure 17 : Représentation graphique de la variable "périmètre de la tête gauche" par histogramme

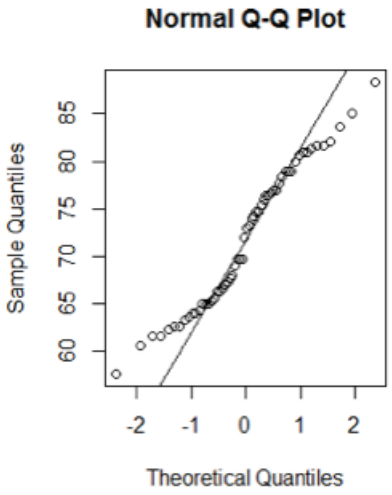


Figure 18 : Etude de la normalité de la variable "périmètre de la tête gauche"

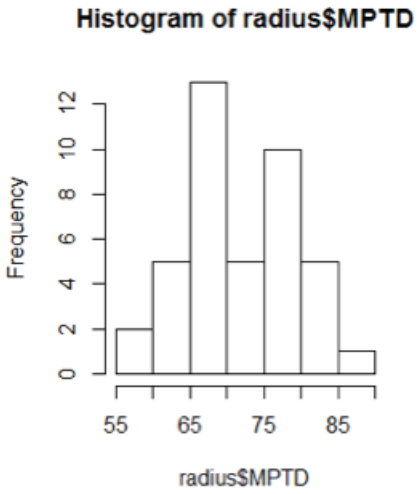


Figure 19 : Représentation graphique de la variable "périmètre de la tête droite" par histogramme

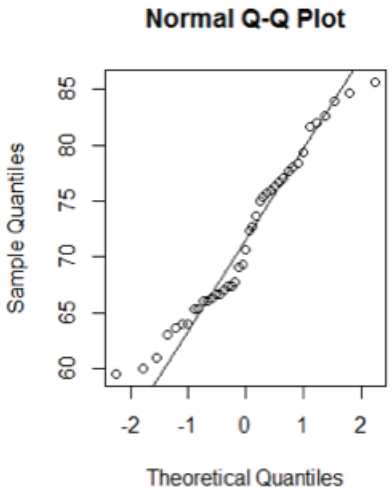


Figure 20 : Etude de la normalité de la variable "périmètre de la tête droite"

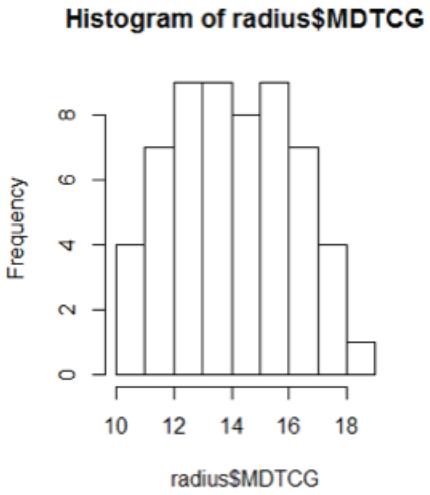


Figure 21 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal au col gauche" par histogramme

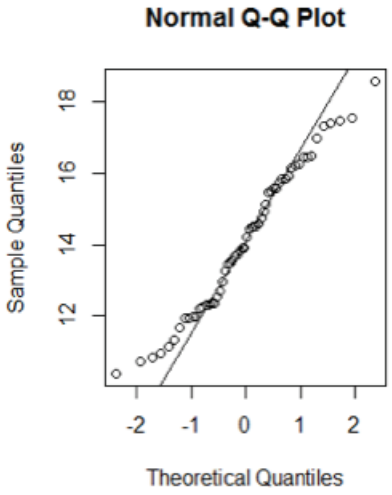


Figure 22 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal au col gauche"

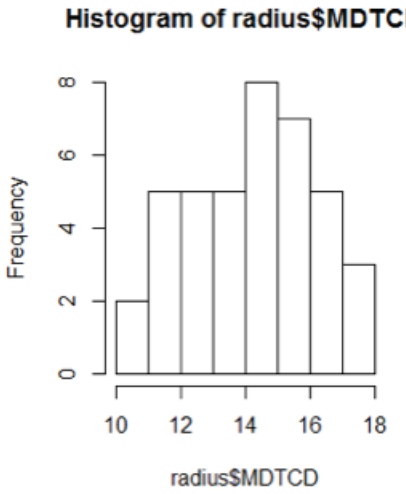


Figure 23 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal au col droit" par histogramme

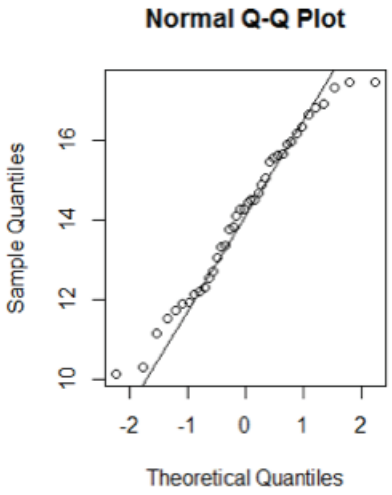


Figure 24 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal au col droit"

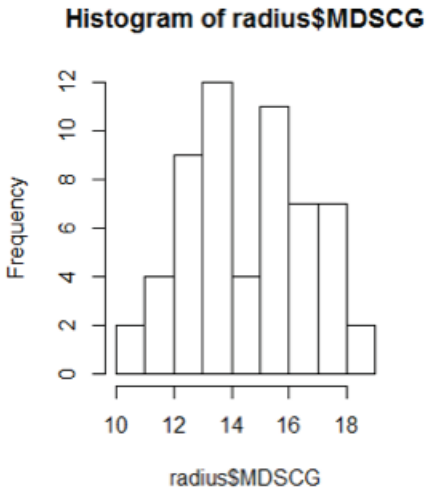


Figure 25 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal au col gauche" par histogramme

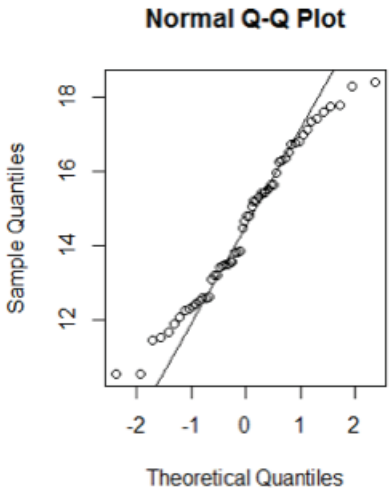


Figure 26 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal au col gauche"

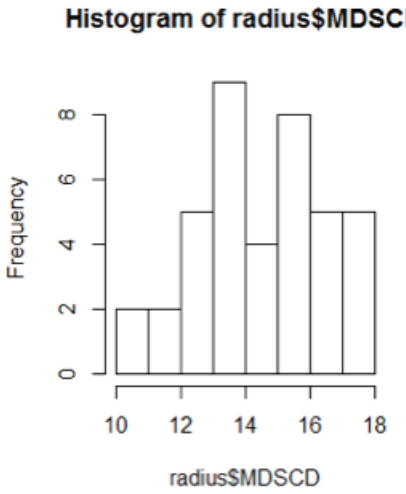


Figure 27 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal au col droit" par histogramme

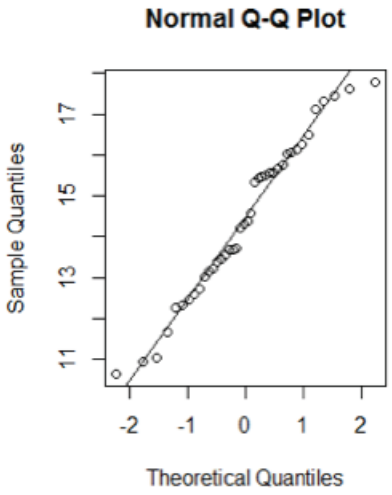


Figure 28 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal au col droit"

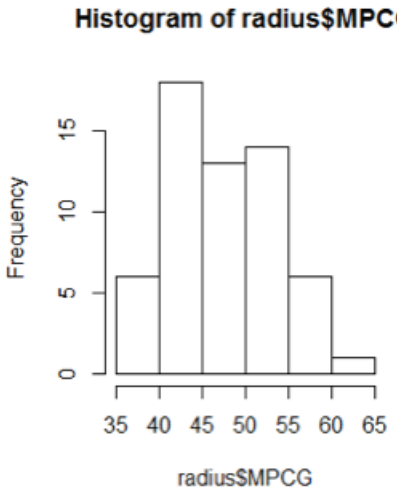


Figure 29 : Représentation graphique de la variable "périmètre au col gauche" par histogramme

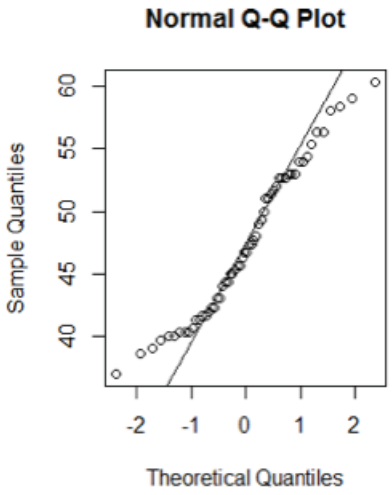


Figure 30 : Etude de la normalité de la variable "périmètre au col gauche"

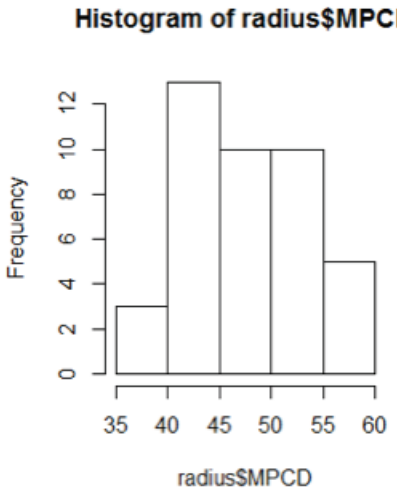


Figure 31 : Représentation graphique de la variable "périmètre au col droit" par histogramme

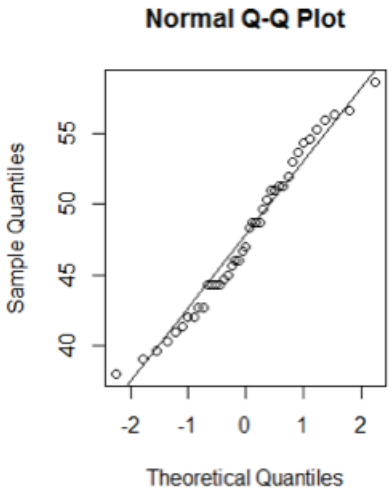


Figure 32 : Etude de la normalité de la variable "périmètre au col droit"

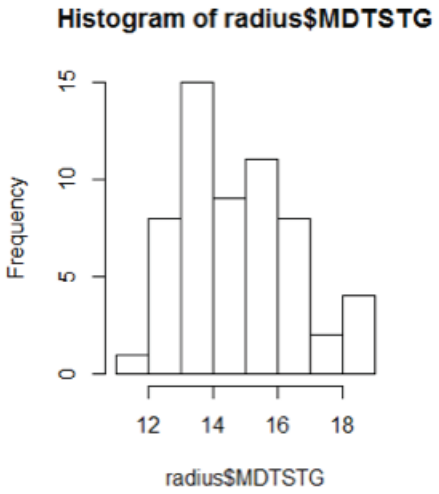


Figure 33 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal sous-tubérositaire gauche" par histogramme

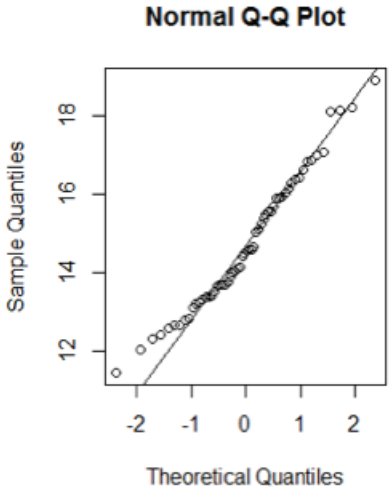


Figure 34 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal sous-tubérositaire gauche"

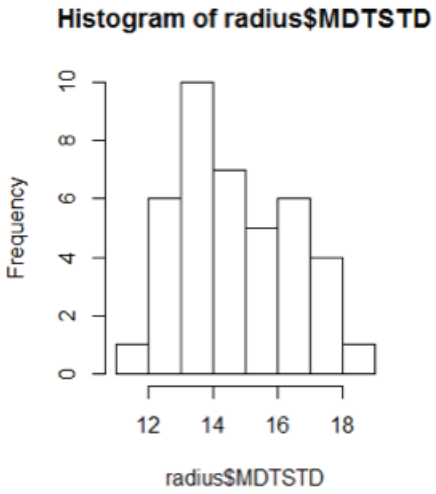


Figure 35 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal sous-tubérositaire droit" par histogramme

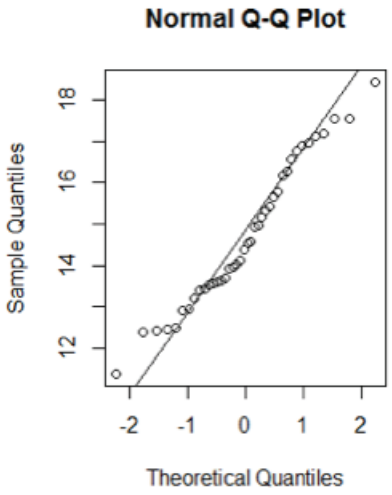


Figure 36 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal sous-tubérositaire droit"

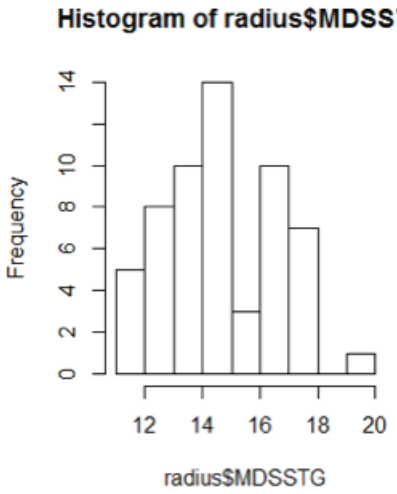


Figure 37 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal sous-tubérositaire gauche" par histogramme

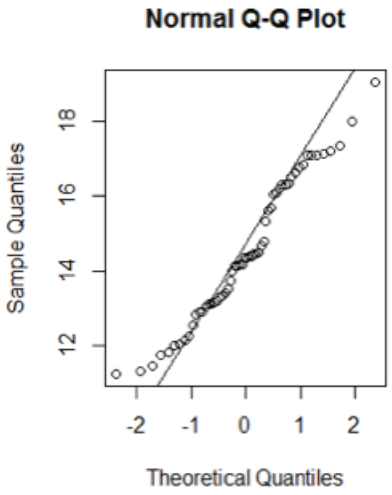


Figure 38 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal sous-tubérositaire gauche"

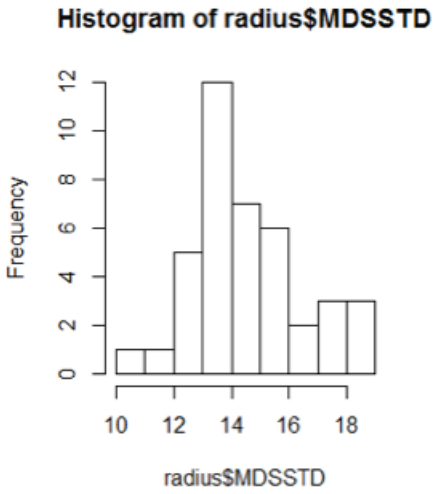


Figure 39 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal sous-tubérositaire droit" par histogramme

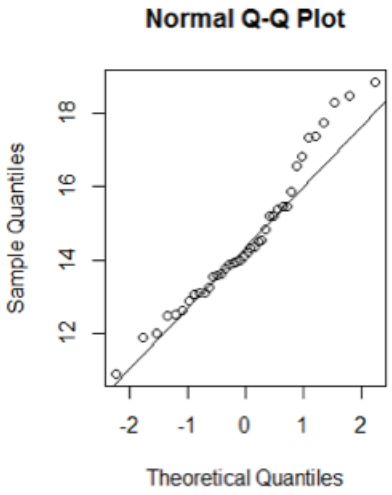


Figure 40 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal sous-tubérositaire droit"

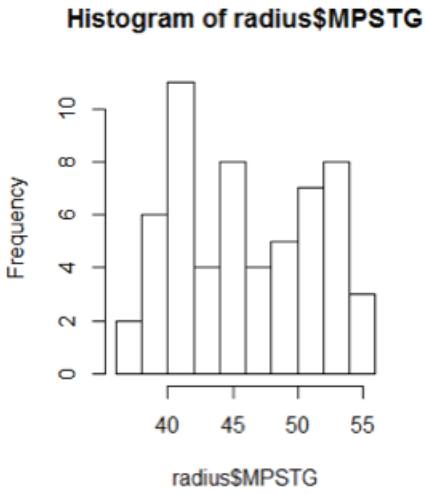


Figure 41 : Représentation graphique de la variable "périmètre sous-tubérositaire gauche" par histogramme

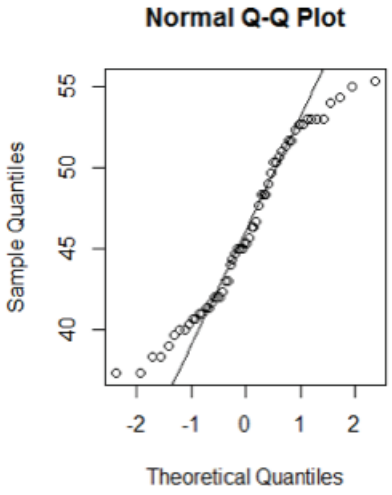


Figure 42 : Etude de la normalité de la variable "périmètre sous-tubérositaire gauche"

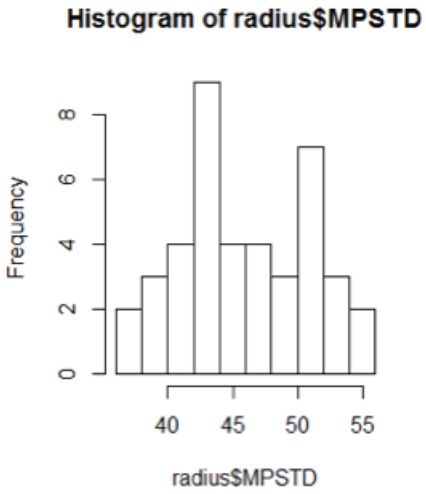


Figure 43 : Représentation graphique de la variable "périmètre sous-tubérositaire droit" par histogramme

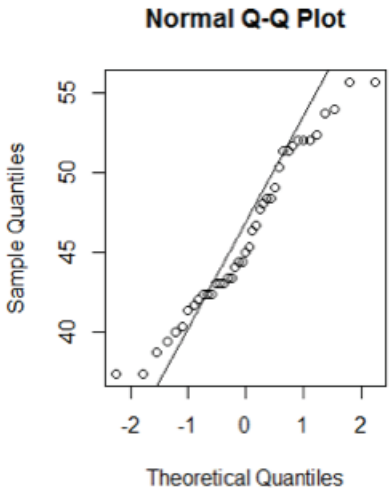


Figure 44 : Etude de la normalité de la variable "périmètre sous-tubérositaire droit"

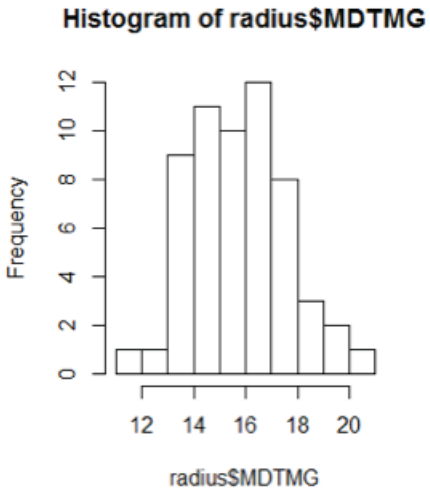


Figure 45 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal à mi-hauteur gauche" par histogramme

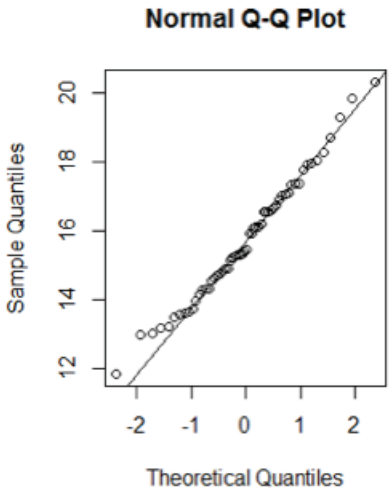


Figure 46 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal à mi-hauteur gauche"

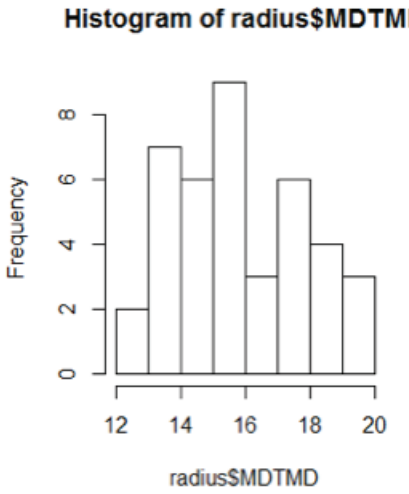


Figure 47 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal à mi-hauteur droit" par histogramme

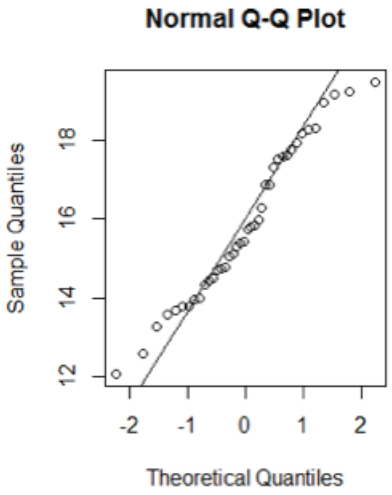


Figure 48 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal à mi-hauteur droit"

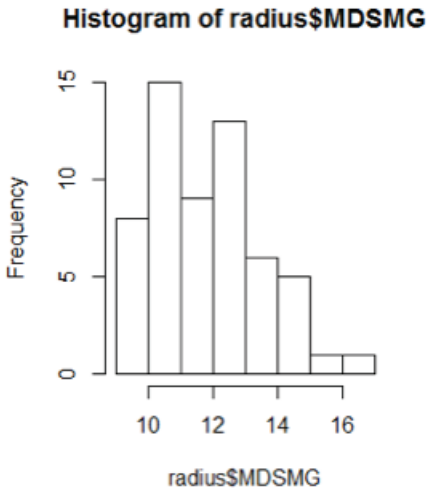


Figure 49 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal à mi-hauteur gauche" par histogramme

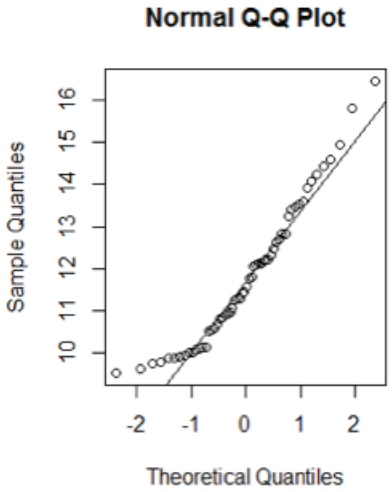


Figure 50 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal à mi-hauteur gauche"

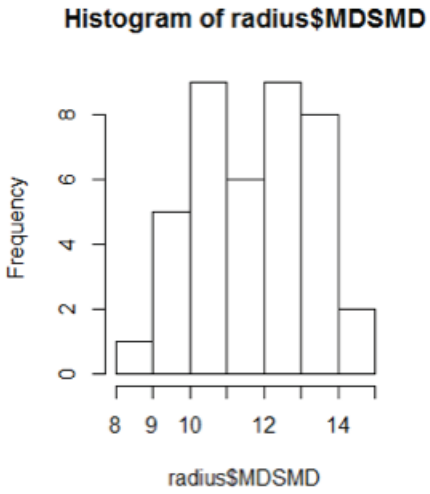


Figure 51 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal à mi-hauteur droit" par histogramme

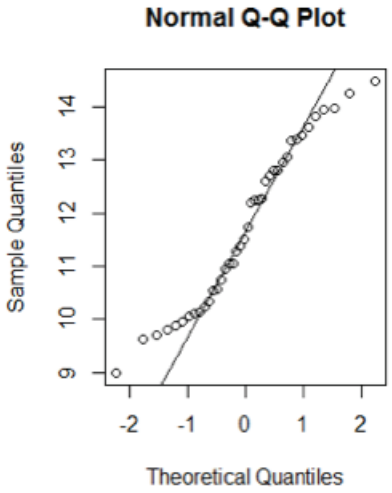


Figure 52 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal à mi-hauteur droit"

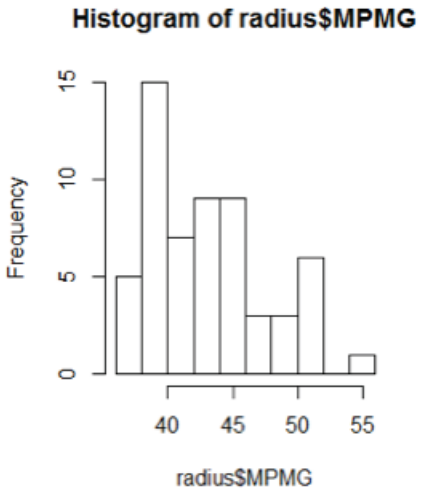


Figure 53 : Représentation graphique de la variable "périmètre à mi-hauteur gauche" par histogramme

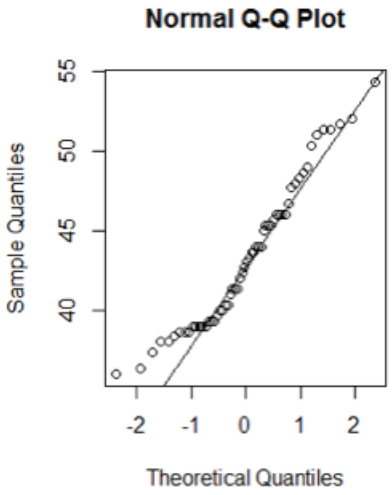


Figure 54 : Etude de la normalité de la variable "périmètre à mi-hauteur gauche"

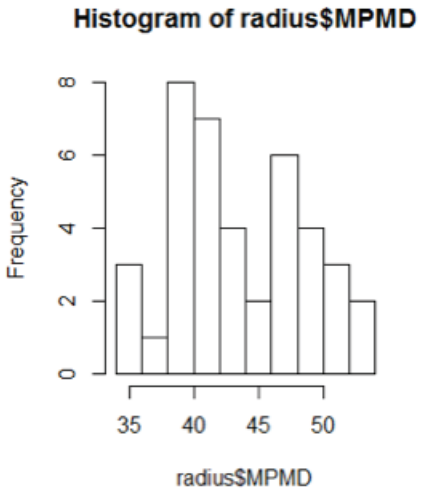


Figure 55 : Représentation graphique de la variable "périmètre à mi-hauteur droit" par histogramme

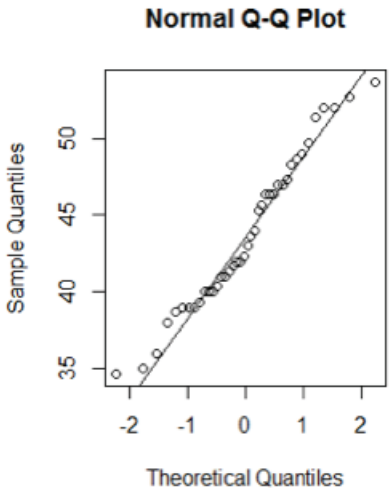


Figure 56 : Etude de la normalité de la variable "périmètre à mi-hauteur droit"

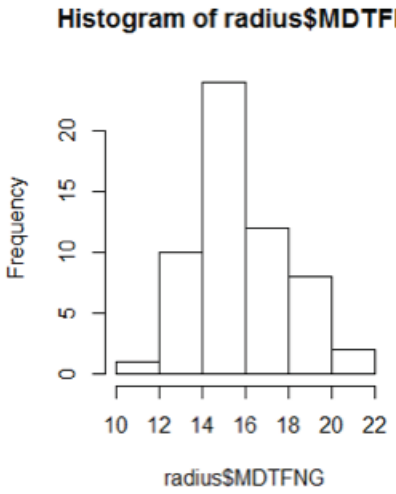


Figure 57 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal au foramen nourricier gauche" par histogramme

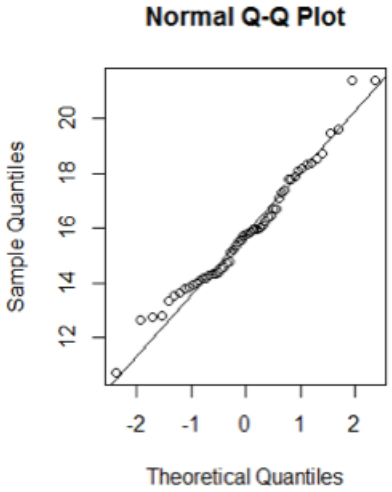


Figure 58 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal au foramen nourricier gauche"

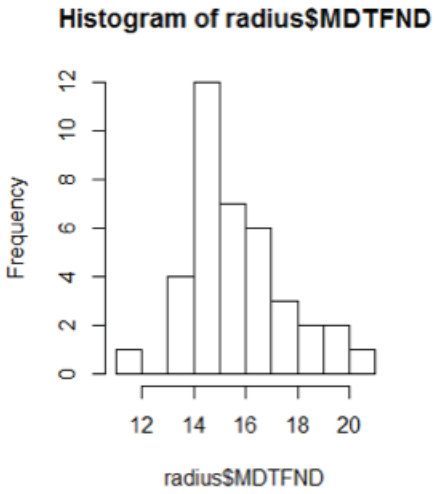


Figure 59 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal au foramen nourricier droit" par histogramme

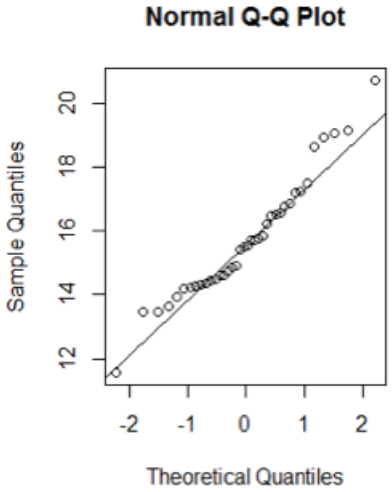


Figure 60 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal au foramen nourricier droit"

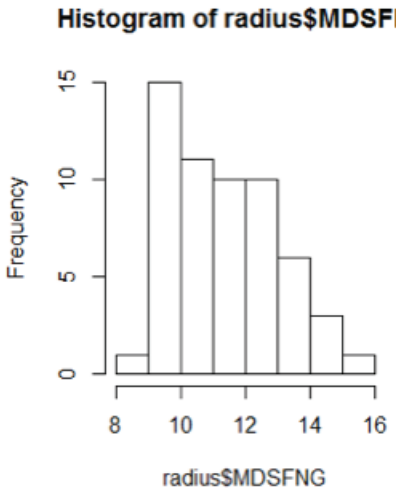


Figure 61 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal au foramen nourricier gauche" par histogramme

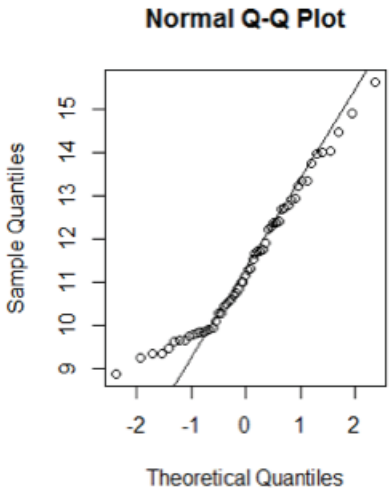


Figure 62 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal au foramen nourricier gauche"

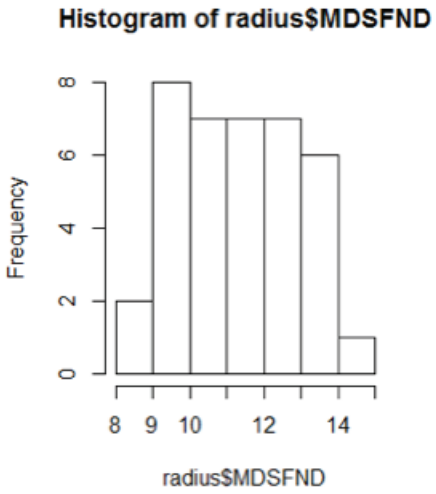


Figure 63 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal au foramen nourricier droit" par histogramme

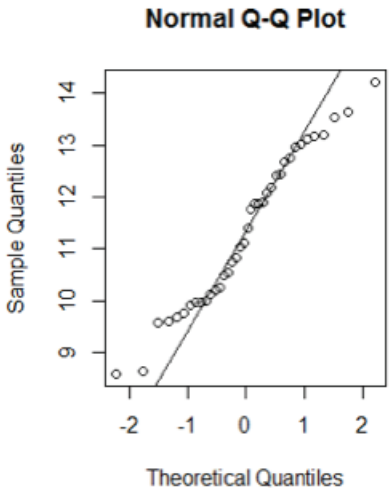


Figure 64 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal au foramen nourricier droit"

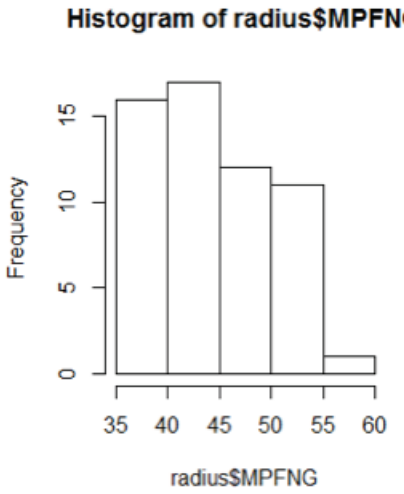


Figure 65 : Représentation graphique de la variable "périmètre au foramen nourricier gauche" par histogramme

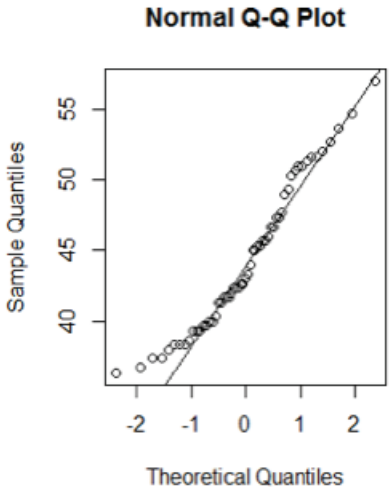


Figure 66 : Etude de la normalité de la variable "périmètre au foramen nourricier gauche"

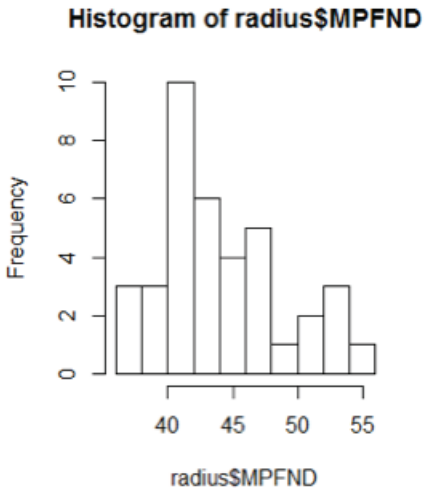


Figure 67 : Représentation graphique de la variable "périmètre au foramen nourricier droit" par histogramme

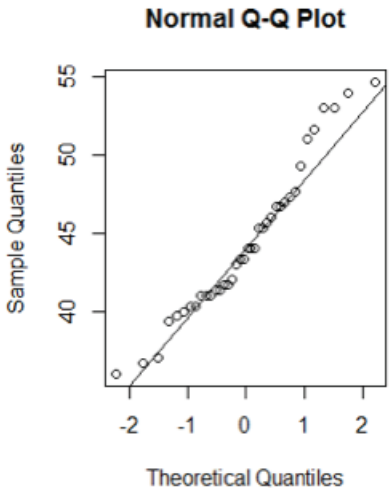


Figure 68 : Etude de la normalité de la variable "périmètre au foramen nourricier droit"

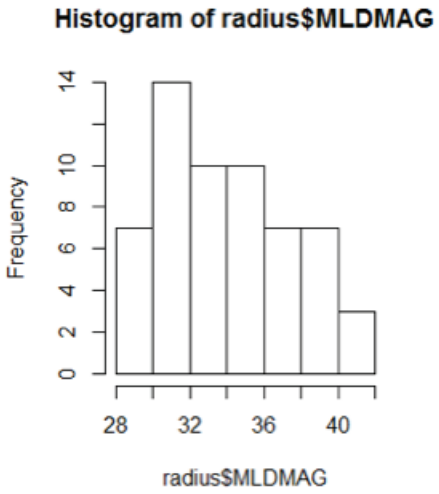


Figure 69 : Représentation graphique de la variable "largeur distale maximale gauche" par histogramme

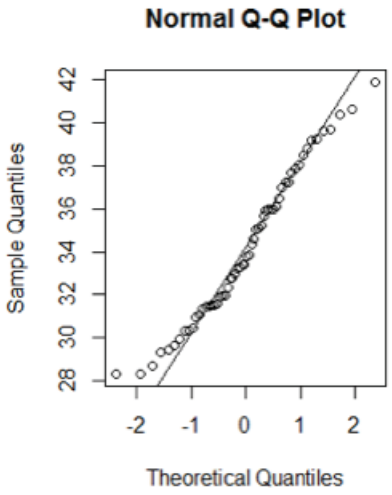


Figure 70 : Etude de la normalité de la variable "largeur distale maximale gauche"

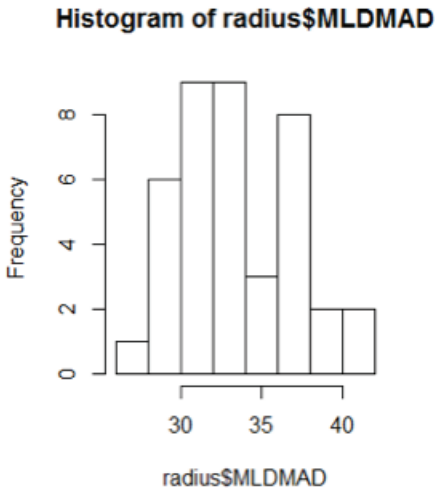


Figure 71 : Représentation graphique de la variable "largeur distale maximale droite" par histogramme

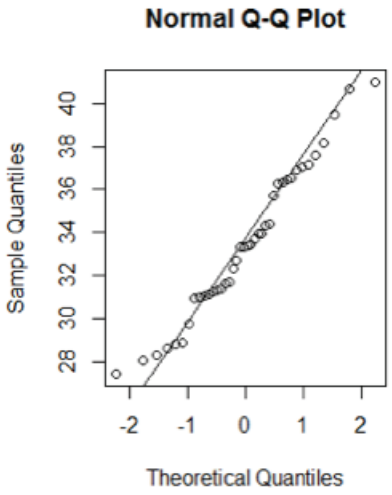


Figure 72 : Etude de la normalité de la variable "largeur distale maximale droite"

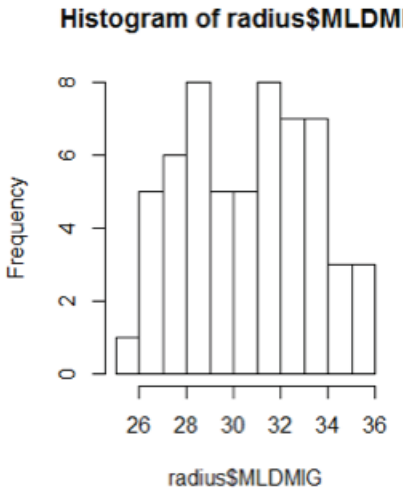


Figure 73 : Représentation graphique de la variable "largeur distale minimale gauche" par histogramme

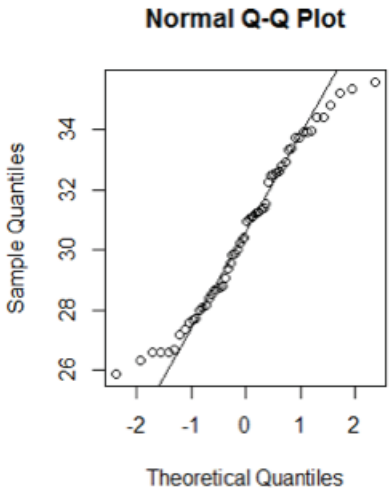


Figure 74 : Etude de la normalité de la variable "largeur distale minimale gauche"

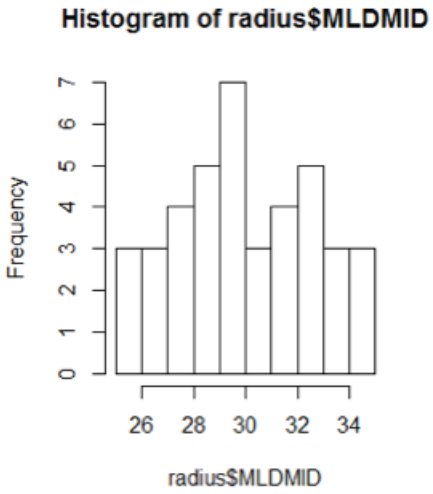


Figure 75 : Représentation graphique de la variable "largeur distale minimale droite" par histogramme

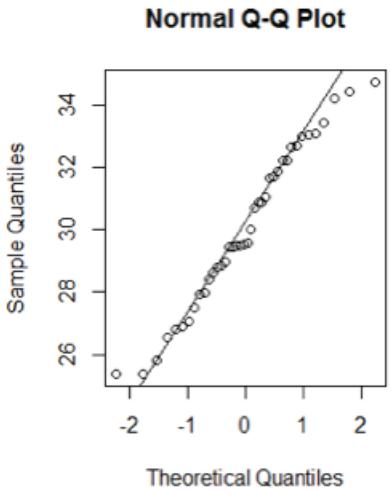


Figure 76 : Etude de la normalité de la variable "largeur distale minimale droite"

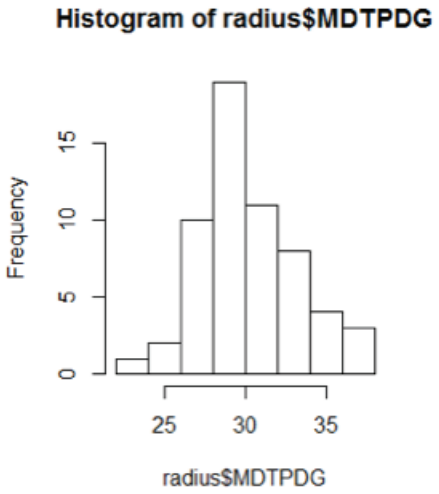


Figure 77 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal physiologique distal gauche" par histogramme

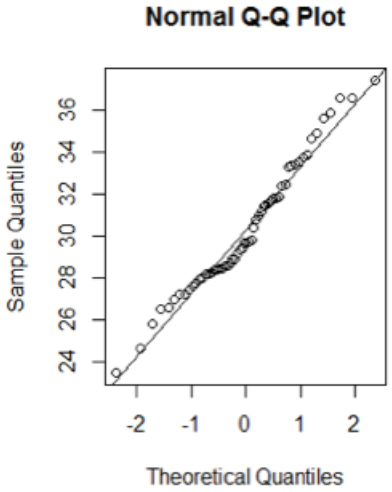


Figure 78 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal physiologique distal gauche "

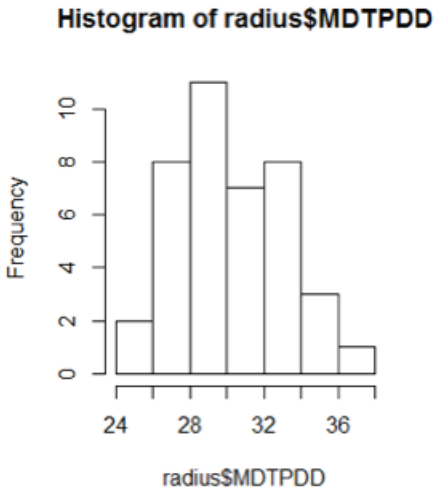


Figure 79 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal physiologique distal droit" par histogramme

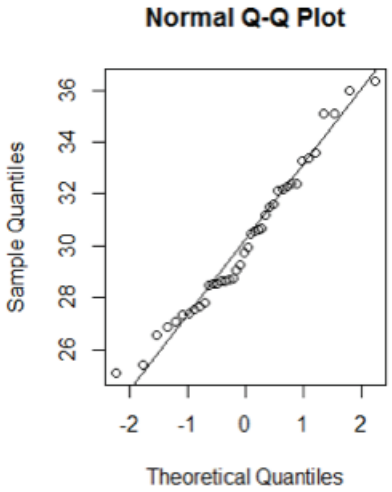


Figure 80 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal physiologique distal droit "

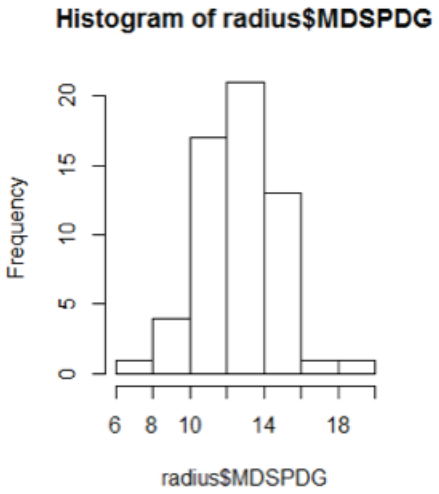


Figure 81 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal physiologique distal gauche" par histogramme

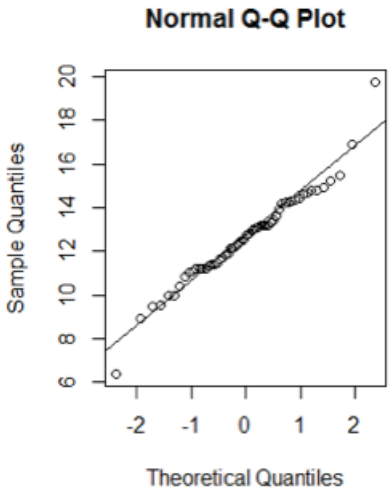


Figure 82 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal physiologique distal gauche "

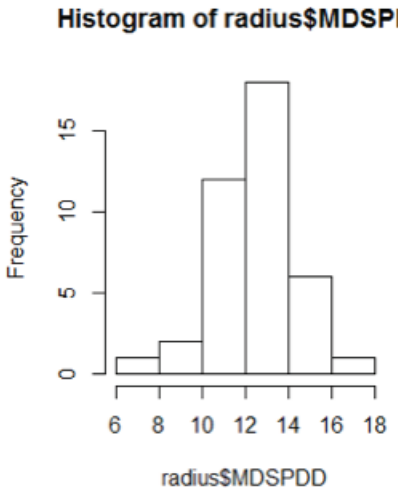


Figure 83 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal physiologique distal droit" par histogramme

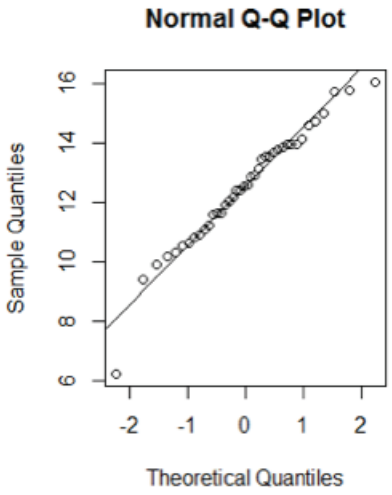


Figure 84 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal physiologique distal droit "

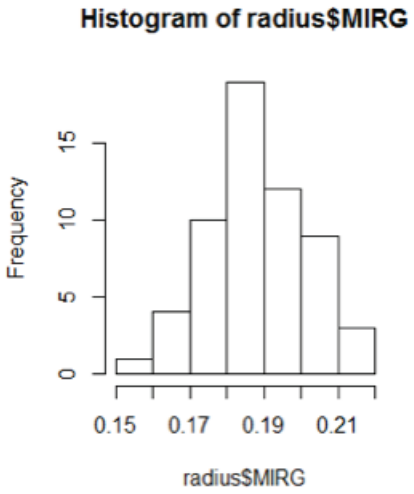


Figure 85 : Représentation graphique de la variable "indice de robustesse gauche" par histogramme

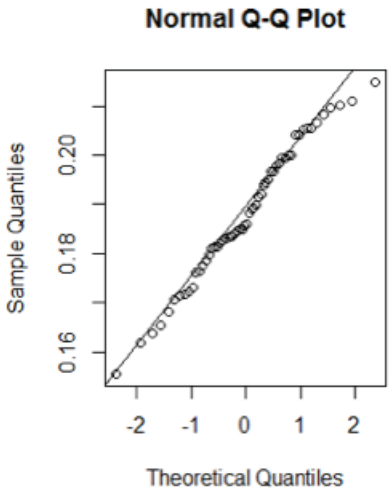


Figure 86 : Etude de la normalité de la variable "indice de robustesse gauche"

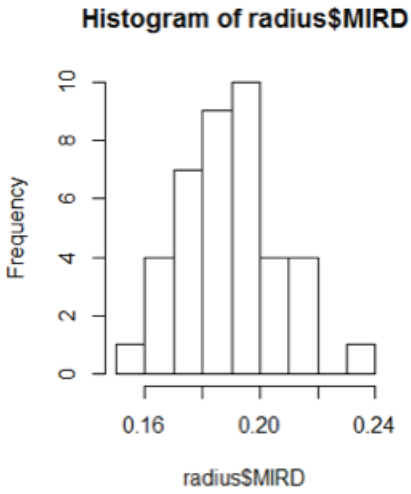


Figure 87 : Représentation graphique de la variable "indice de robustesse droit" par histogramme

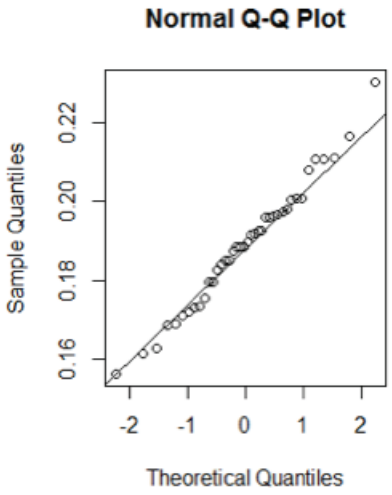


Figure 88 : Etude de la normalité de la variable "indice de robustesse droit"

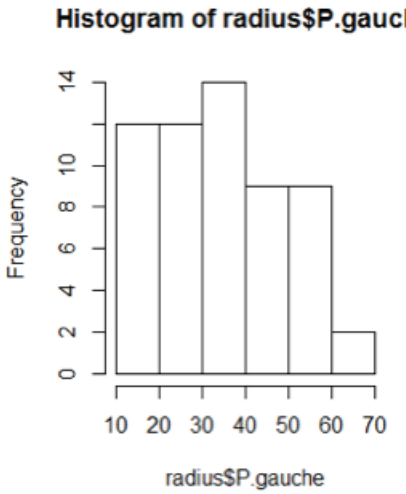


Figure 89 : Représentation graphique de la variable "poids gauche" par histogramme

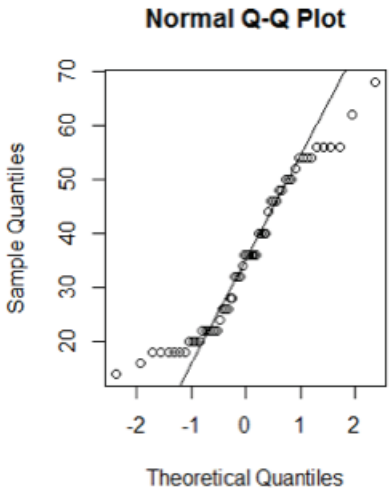


Figure 90 : Etude de la normalité de la variable "poids gauche"

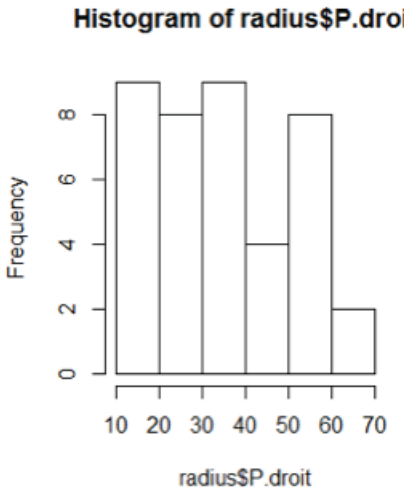


Figure 91 : Représentation graphique de la variable "poids droit" par histogramme

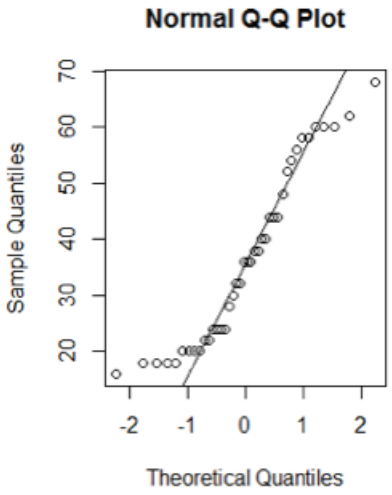


Figure 92 : Etude de la normalité de la variable "poids droit"

9.2 Ulna

Voici ci-dessous les histogrammes et ajustement par la droite de Henry, vérifiant la normalité de distribution pour chaque variable. On aperçoit que, bien que les échantillons dépassent les 30 par groupes, la distribution n'est pas toujours idéale.



Figure 93 : Représentation graphique de la variable "longueur totale gauche" par histogramme

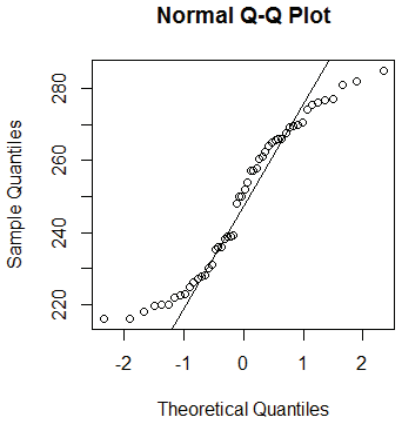


Figure 94 : Etude de la normalité de la variable "longueur totale gauche"

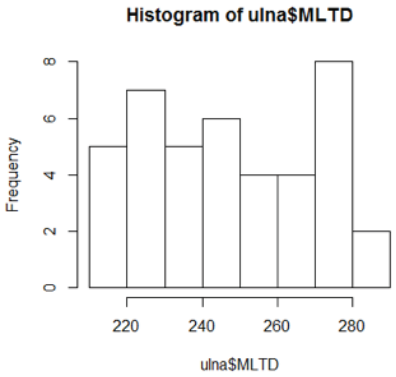


Figure 95 : Représentation graphique de la variable "longueur totale droite" par histogramme

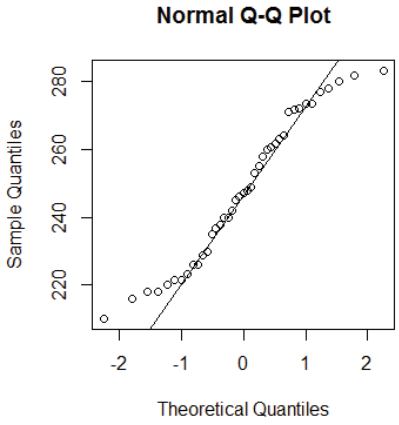


Figure 96 : Etude de la normalité de la variable "longueur totale droite"

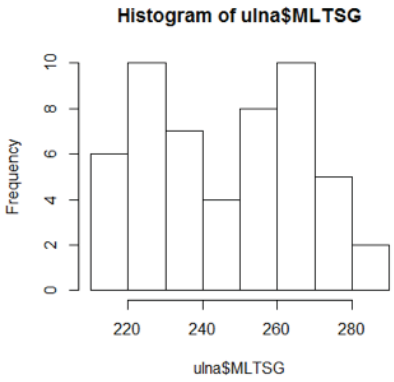


Figure 97 : Représentation graphique de la variable "longueur totale sans le processus styloïde gauche" par histogramme

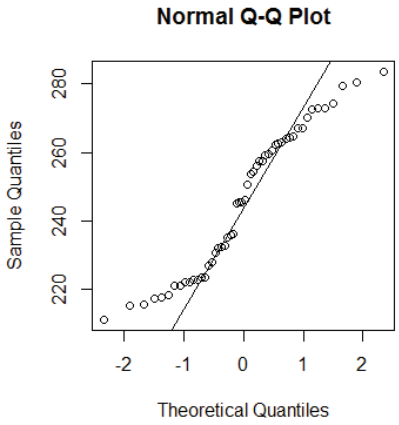


Figure 98: Etude de la normalité de la variable "longueur totale sans le processus styloïde gauche"

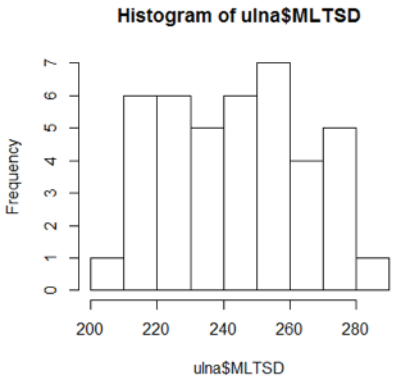


Figure 99 : Représentation graphique de la variable "longueur totale sans le processus styloïde droite" par histogramme

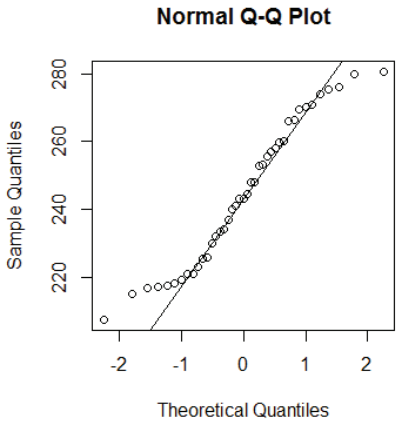


Figure 100 : Etude de la normalité de la variable "longueur totale sans le processus styloïde droite"

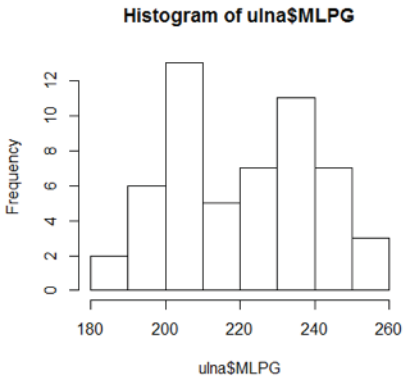


Figure 101 : Représentation graphique de la variable "longueur physiologique gauche" par histogramme

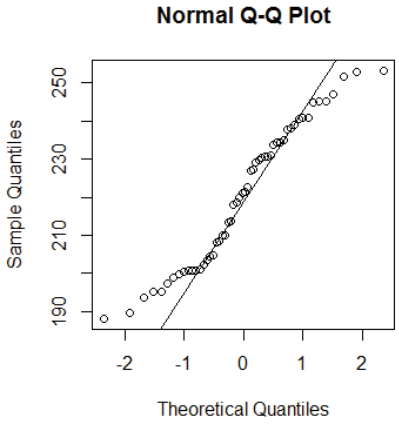


Figure 102 : Etude de la normalité de la variable "longueur physiologique gauche"

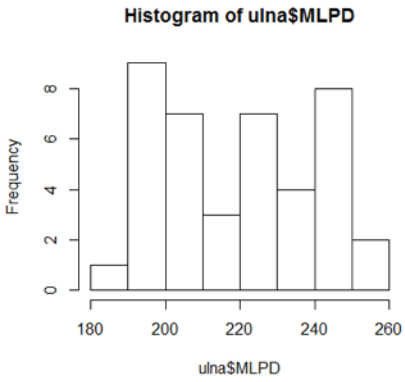


Figure 103 : Représentation graphique de la variable "longueur physiologique droite" par histogramme

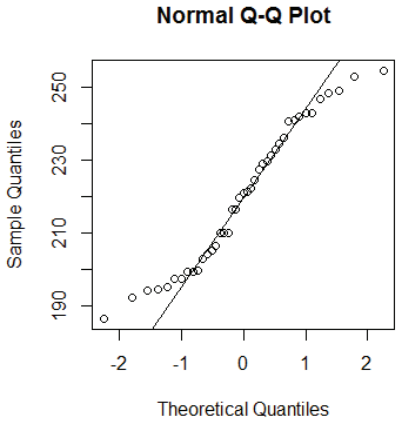


Figure 104 : Etude de la normalité de la variable "longueur physiologique droite"

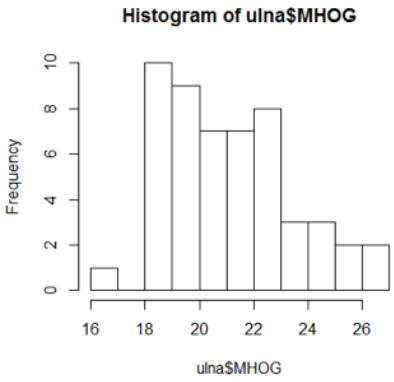


Figure 105 : Représentation graphique de la variable "hauteur de l'olécrane gauche" par histogramme

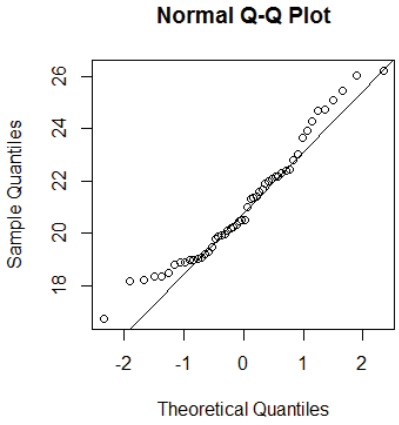


Figure 106 : Etude de la normalité de la variable "hauteur de l'olécrane gauche"

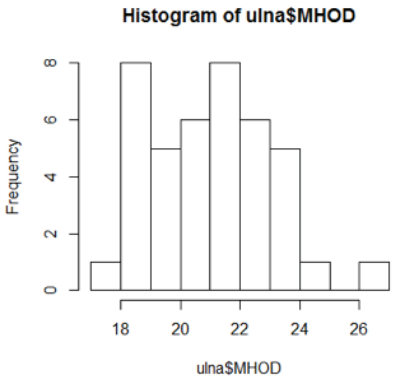


Figure 107 : Représentation graphique de la variable "hauteur de l'olécrane droite" par histogramme

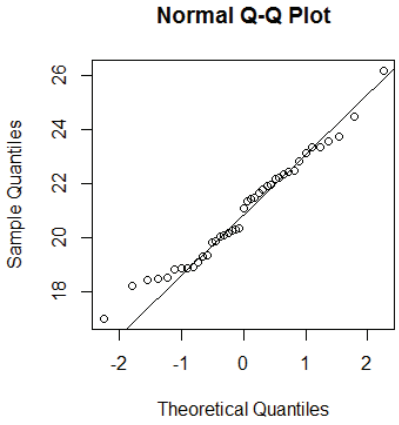


Figure 108 : Etude de la normalité de la variable "hauteur de l'olécrane droite"

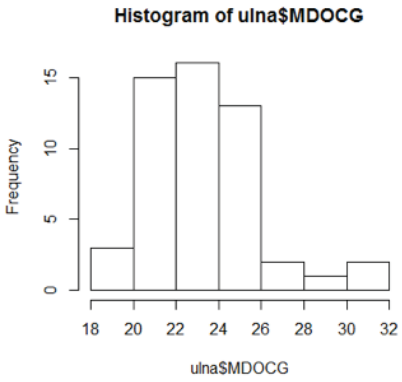


Figure 109 : Représentation graphique de la variable "distance olécrane-coronoïde gauche" par histogramme

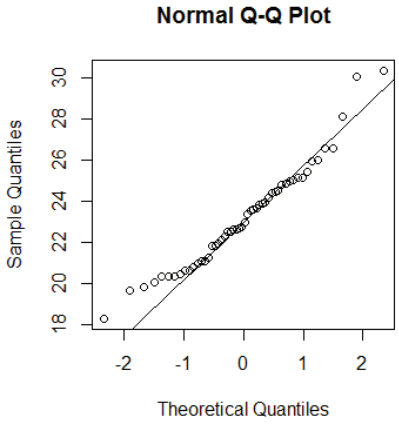


Figure 110 : Etude de la normalité de la variable "distance olécrane-coronoïde gauche"

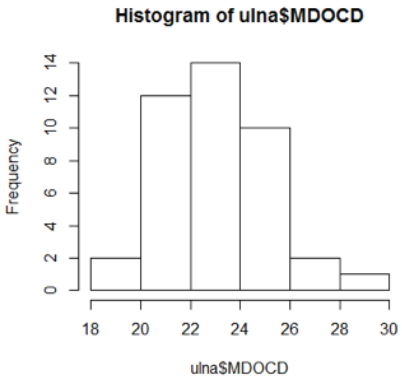


Figure 111 : Représentation graphique de la variable "distance olécrane-coronoïde droite" par histogramme

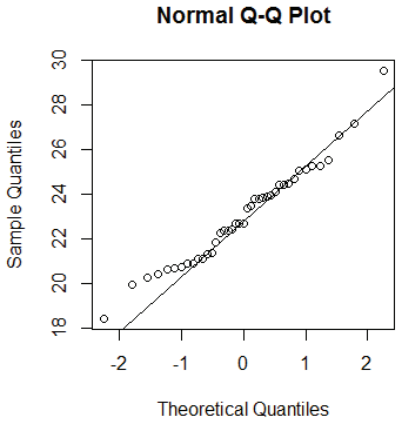


Figure 112 : Etude de la normalité de la variable "distance olécrane-coronoïde droite"

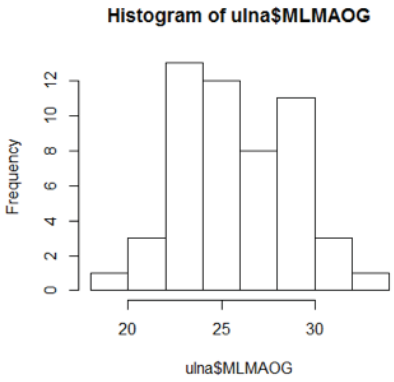


Figure 113 : Représentation graphique de la variable "largeur maximale de l'olécrane gauche" par histogramme

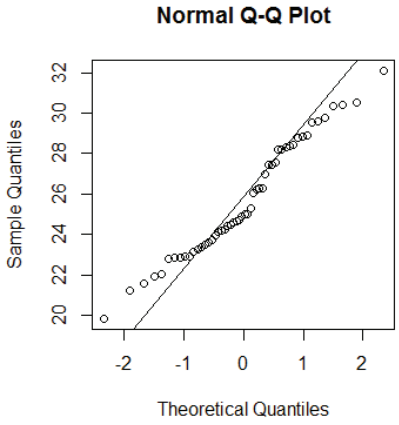


Figure 114 : Etude de la normalité de la variable "largeur maximale de l'olécrane gauche"

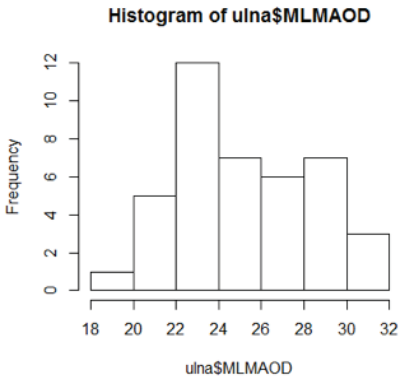


Figure 115 : Représentation graphique de la variable "largeur maximale de l'olécrane droite" par histogramme

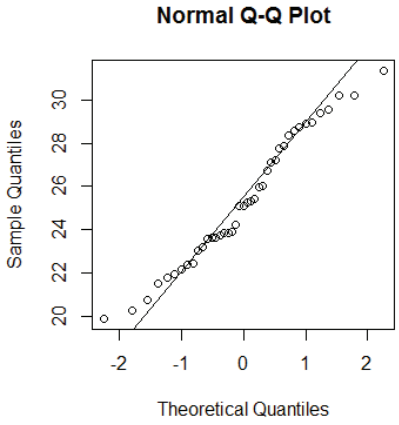


Figure 116 : Etude de la normalité de la variable "largeur maximale de l'olécrane droite"

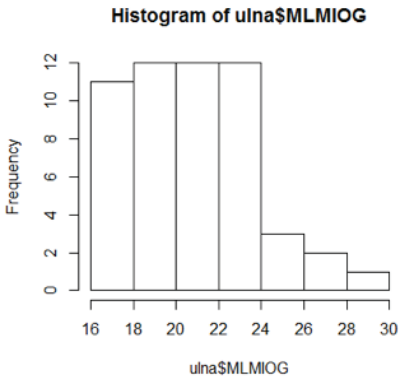


Figure 117 : l Représentation graphique de la variable "largeur minimale de l'olécrane gauche" par histogramme

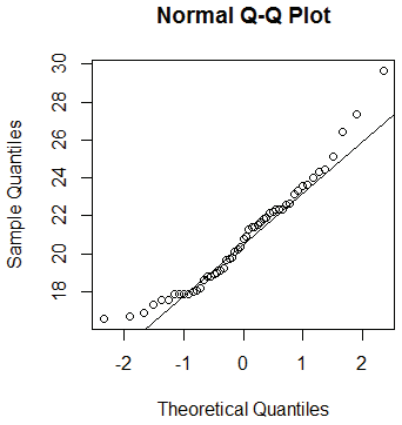


Figure 118 : Etude de la normalité de la variable "largeur minimale de l'olécrane gauche"

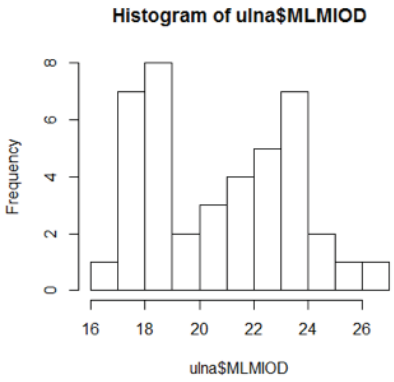


Figure 119 : Représentation graphique de la variable "largeur minimale de l'olécrane droite" par histogramme

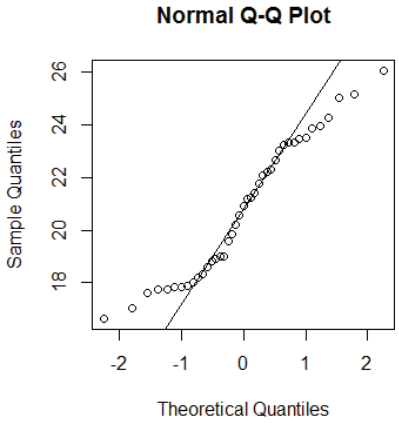


Figure 120 : Etude de la normalité de la variable "largeur minimale de l'olécrane droite"

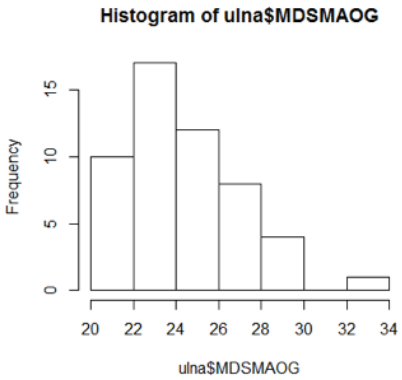


Figure 121 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal maximal de l'olécrane gauche" par histogramme

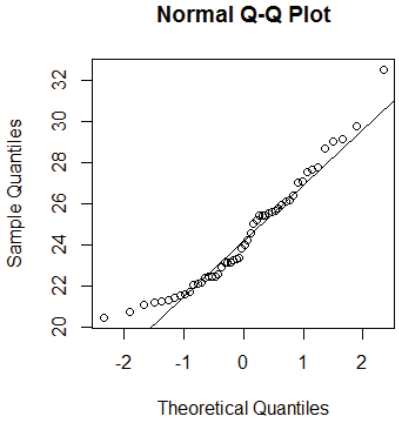


Figure 122 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal maximale de l'olécrane gauche"

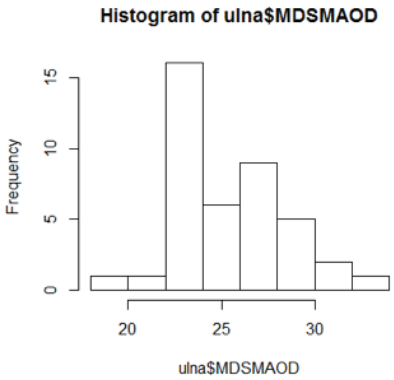


Figure 123 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal maximal de l'olécrane droit" par histogramme

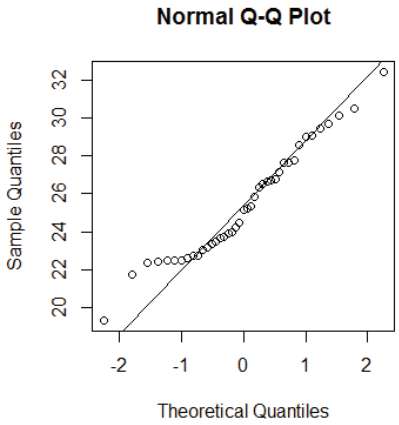


Figure 124 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal maximal de l'olécrane droit"

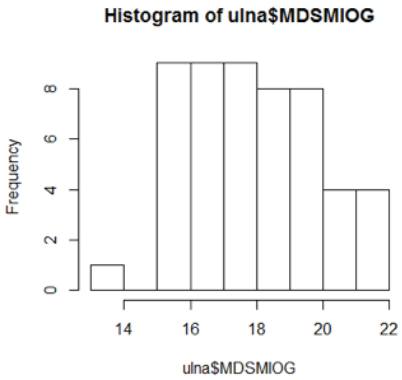


Figure 125 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal minimal de l'olécrane gauche" par histogramme

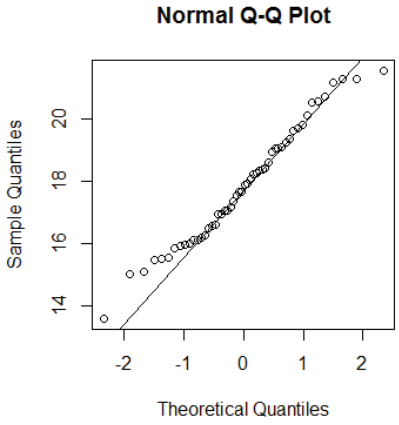


Figure 126 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal minimal de l'olécrane gauche"

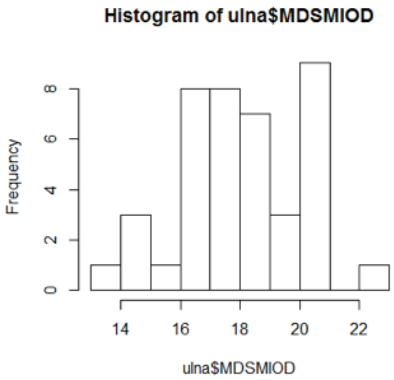


Figure 127 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal minimal de l'olécrane droit" par histogramme

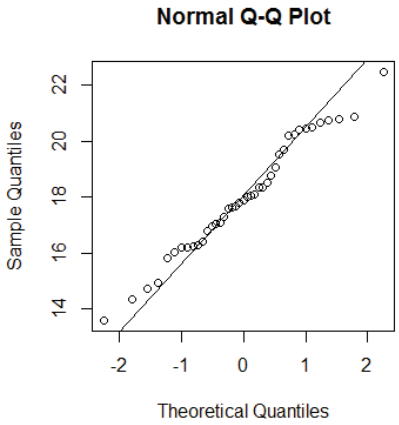


Figure 128 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal minimal de l'olécrane droit"

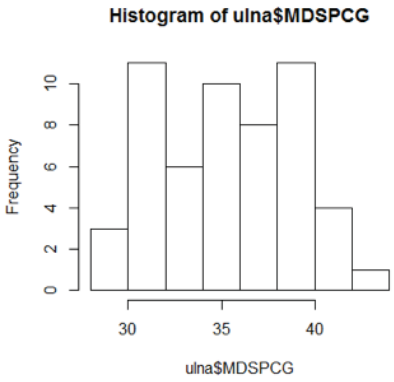


Figure 129 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal du processus coronoïde gauche" par histogramme

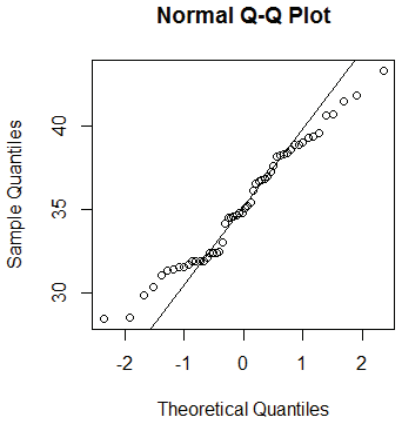


Figure 130 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal du processus coronoïde gauche"

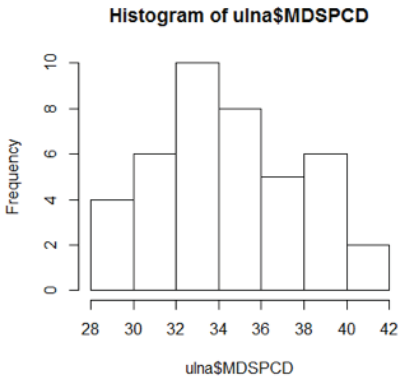


Figure 131 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal du processus coronoïde droit" par histogramme

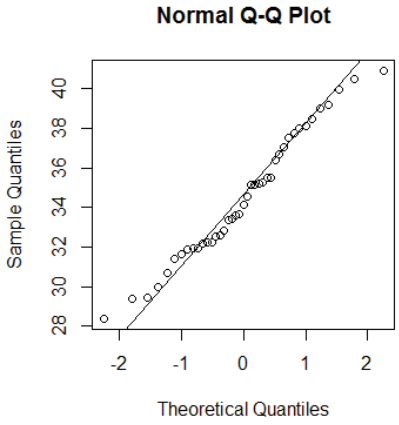


Figure 132 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal du processus coronoïde droit"

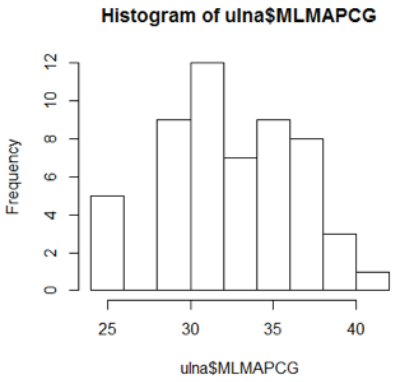


Figure 133 : Représentation graphique de la variable "largeur maximale du processus coronoïde gauche" par histogramme

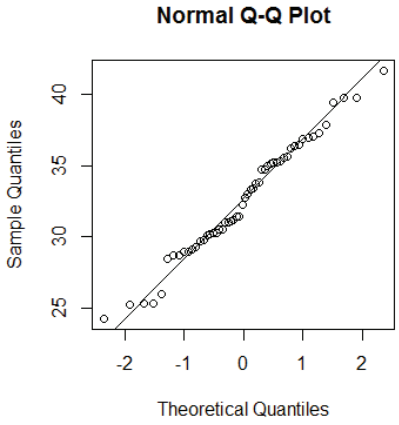


Figure 134 : Etude de la normalité de la variable "largeur maximale du processus coronoïde gauche"

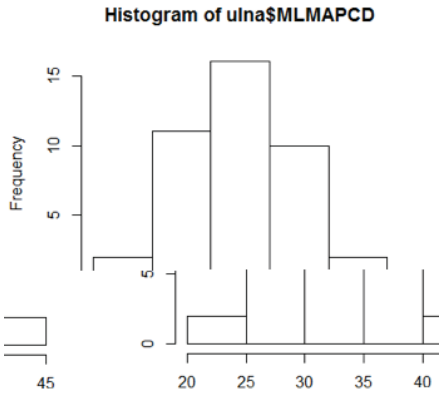


Figure 135 : Représentation graphique de la variable "largeur maximale du processus coronoïde droite" par histogramme

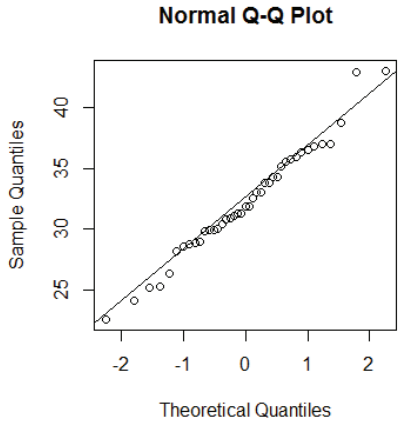


Figure 136 : Etude de la normalité de la variable "largeur maximale du processus coronoïde droite"

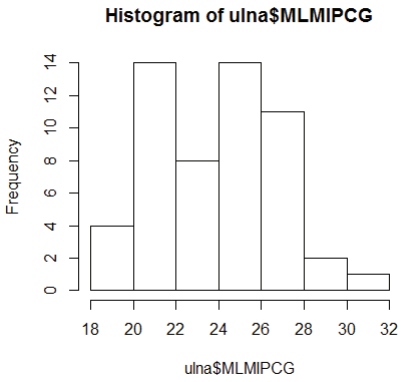


Figure 137 : Représentation graphique de la variable "largeur minimale du processus coronoïde gauche" par histogramme

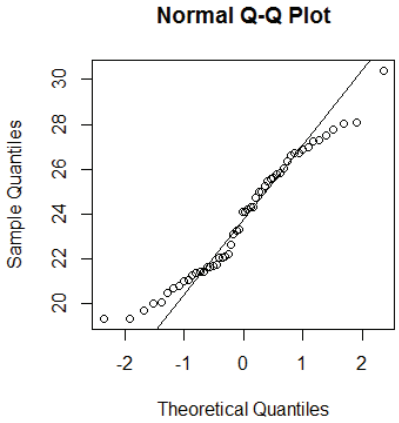


Figure 138 : Etude de la normalité de la variable "largeur minimale du processus coronoïde gauche"

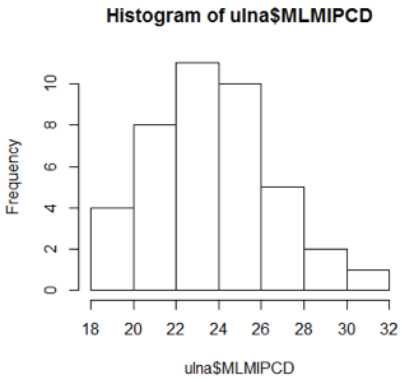


Figure 139 : Représentation graphique de la variable "largeur minimale du processus coronoïde droite" par histogramme

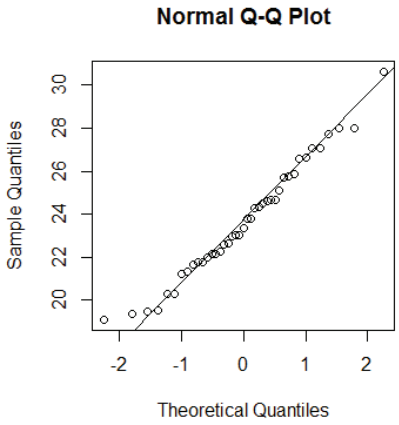


Figure 140 : Etude de la normalité de la variable "largeur minimale du processus coronoïde droite"

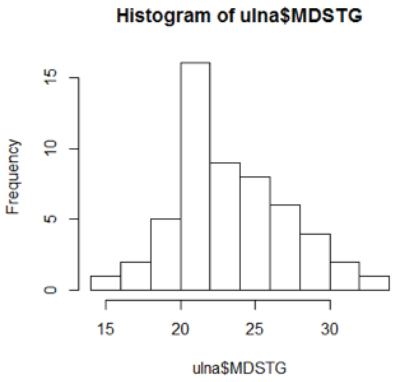


Figure 141 : Représentation graphique de la variable "diamètre sous-sigmoïdien transversal gauche" par histogramme

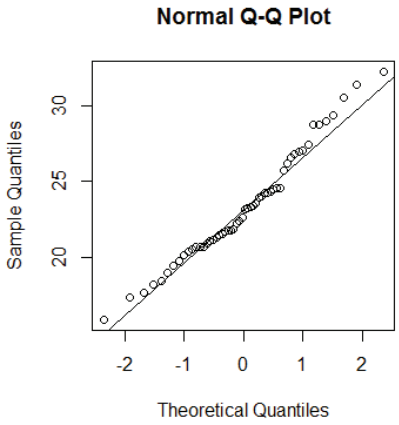


Figure 142 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sous-sigmoïdien transversal gauche"

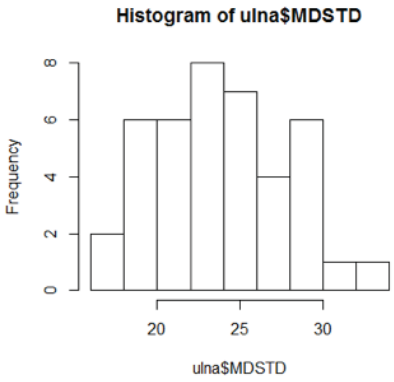


Figure 143 : Représentation graphique de la variable "diamètre sous-sigmoïdien transversal droit" par histogramme

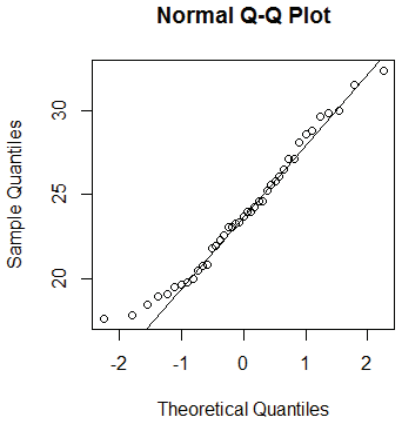


Figure 144 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sous-sigmoïdien transversal droit"

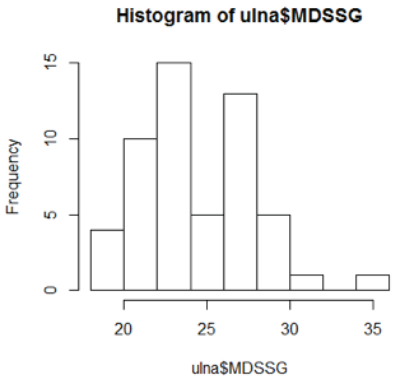


Figure 145 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal sous-sigmoïdien gauche" par histogramme

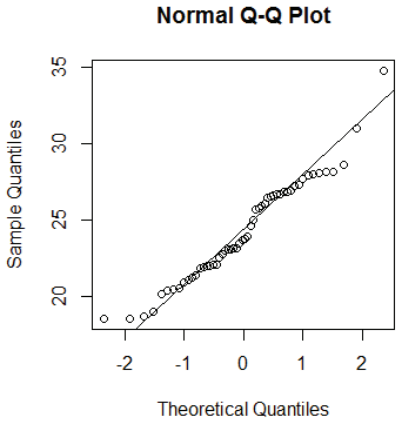


Figure 146 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal sous-sigmoïdien gauche"

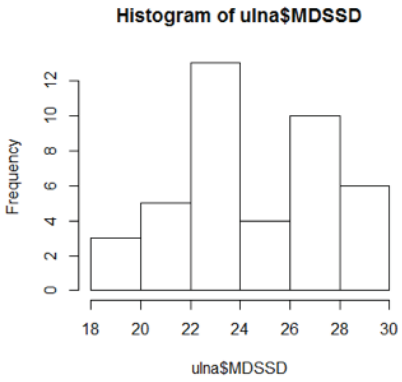


Figure 147 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal sous-sigmoïdien droit" par histogramme

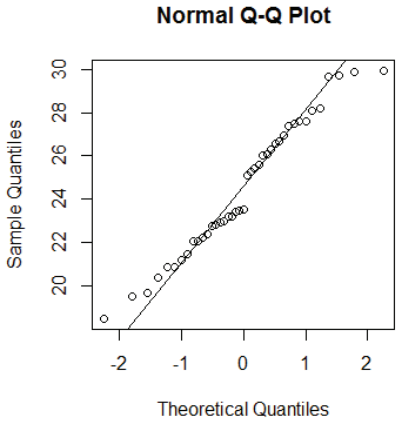


Figure 148 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal sous-sigmoïdien droit"

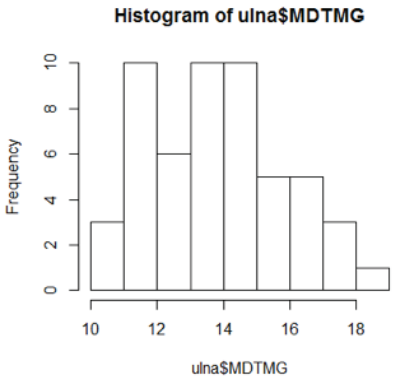


Figure 149 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal à mi-hauteur gauche" par histogramme

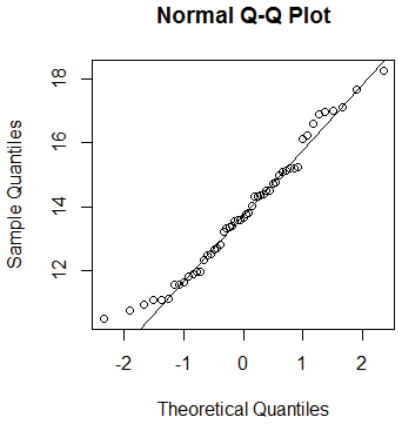


Figure 150 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal à mi-hauteur gauche"

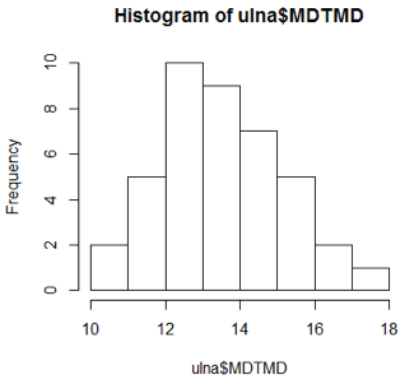


Figure 151 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal à mi-hauteur droit" par histogramme

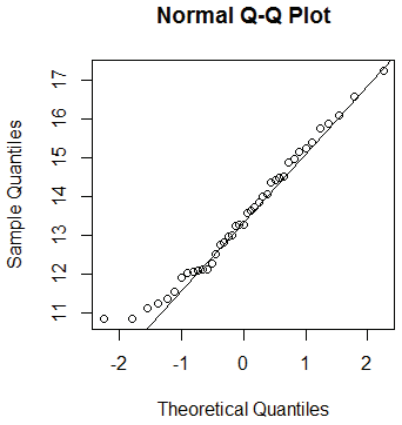


Figure 152 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal à mi-hauteur droit"

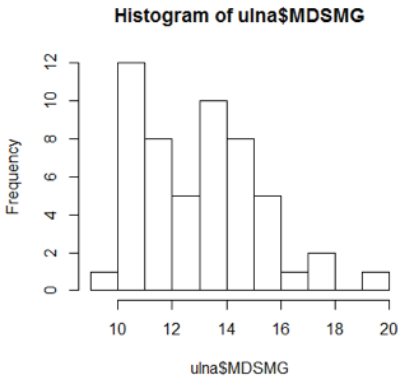


Figure 153 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal à mi-hauteur gauche" par histogramme

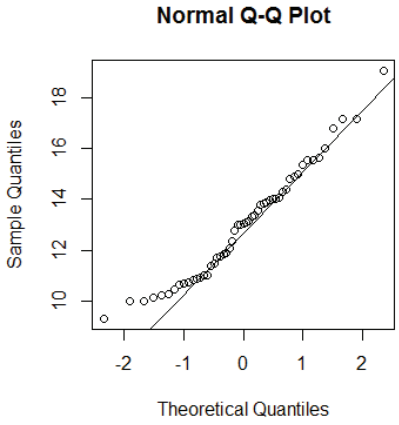


Figure 154 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal à mi-hauteur gauche"

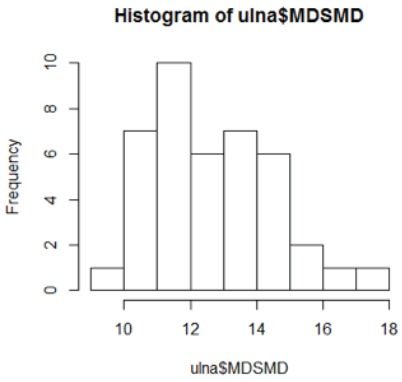


Figure 155 : d Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal à mi-hauteur droit" par histogramme

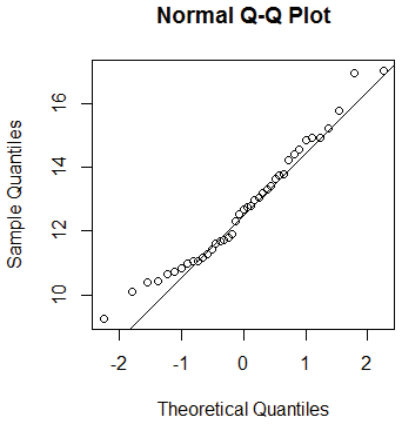


Figure 156 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal à mi-hauteur droit"

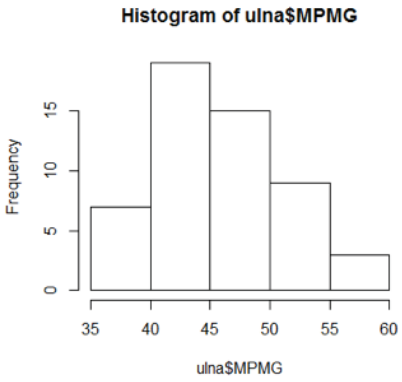


Figure 157 : Représentation graphique de la variable "périmètre à mi-hauteur gauche" par histogramme

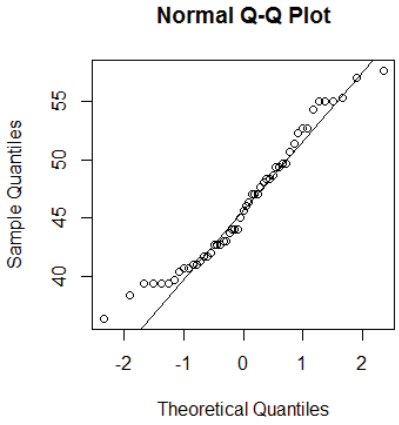


Figure 158 - Etude de la normalité de la variable "périmètre à mi-hauteur gauche"

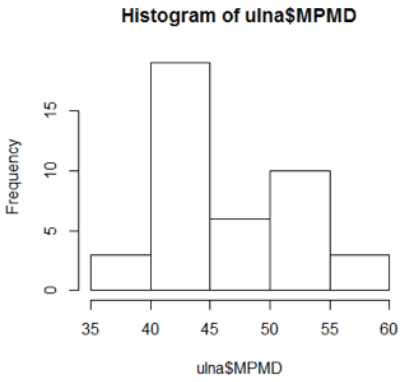


Figure 159 : Représentation graphique de la variable "périmètre à mi-hauteur droit" par histogramme

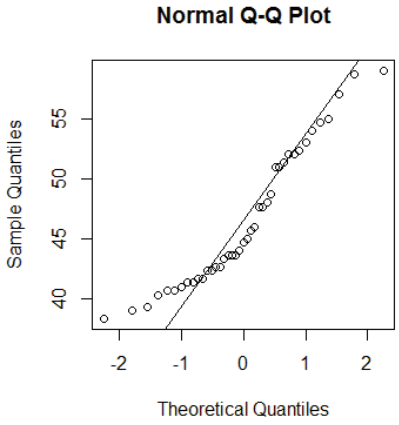


Figure 160 - Etude de la normalité de la variable "périmètre à mi-hauteur droit"

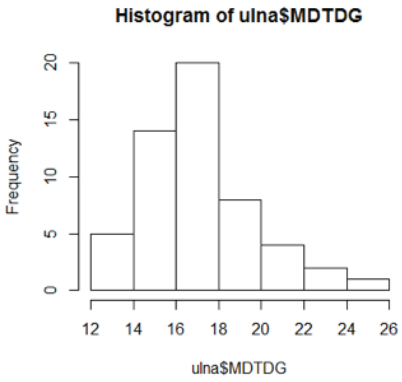


Figure 161 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal distal gauche" par histogramme

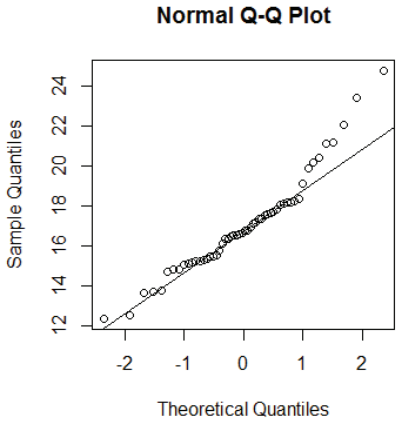


Figure 162 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal distal gauche"

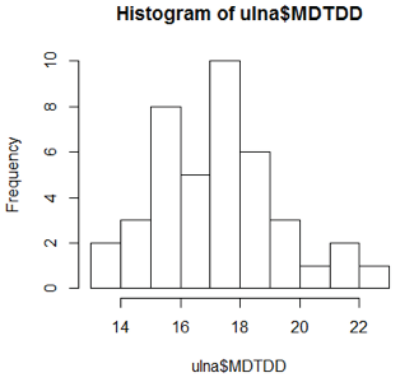


Figure 163 : Représentation graphique de la variable "diamètre transversal distal droit" par histogramme

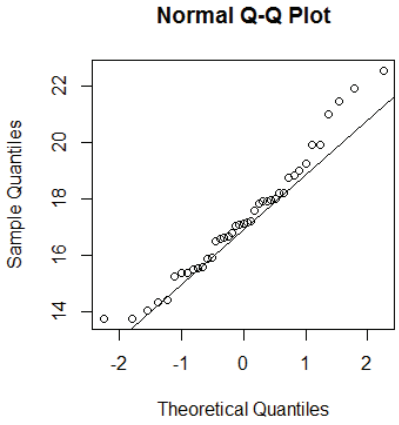


Figure 164 : Etude de la normalité de la variable "diamètre transversal distal droit"

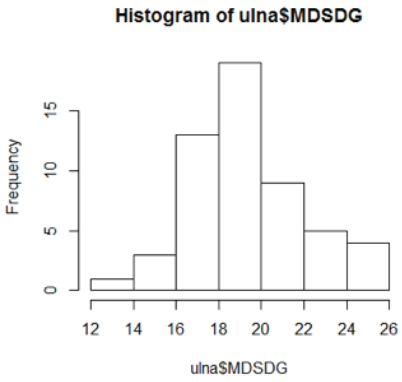


Figure 165 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal distal gauche" par histogramme

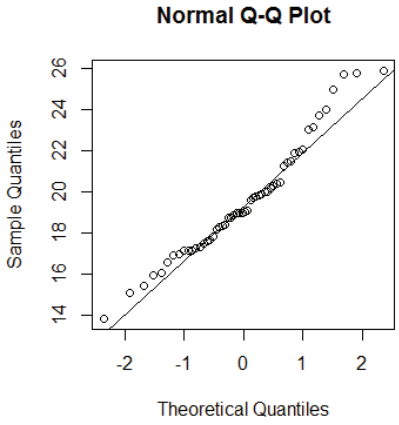


Figure 166 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal distal gauche"

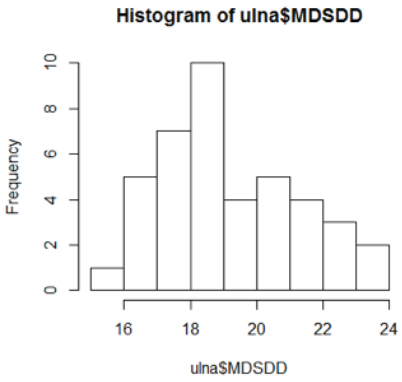


Figure 167 : Représentation graphique de la variable "diamètre sagittal distal droit" par histogramme

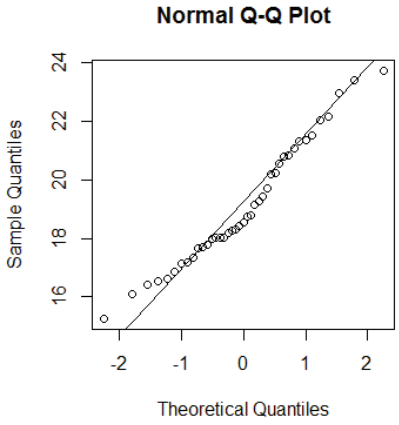


Figure 168 : Etude de la normalité de la variable "diamètre sagittal distal droit"

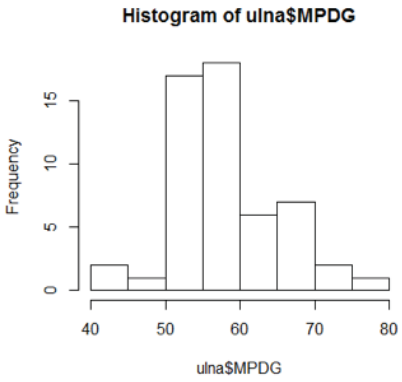


Figure 169 : Représentation graphique de la variable "périmètre distal gauche" par histogramme

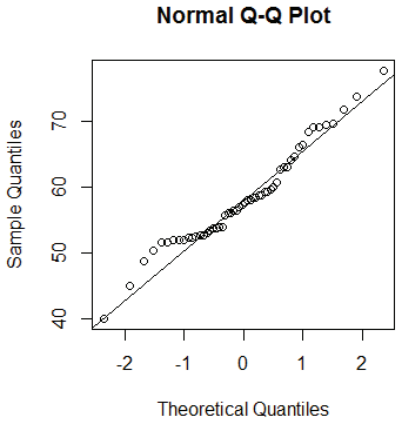


Figure 170 : Etude de la normalité de la variable "périmètre distal gauche"

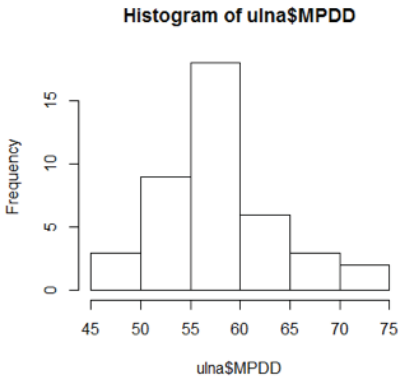


Figure 171 : Représentation graphique de la variable "périmètre distal droit" par histogramme

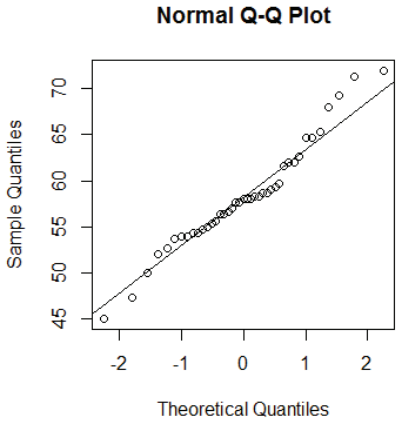


Figure 172 : Etude de la normalité de la variable "périmètre distal droit"

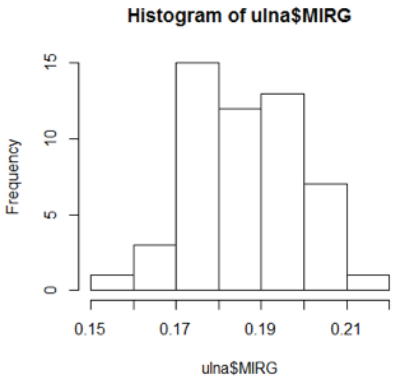


Figure 173 : Représentation graphique de la variable "indice de robustesse gauche" par histogramme

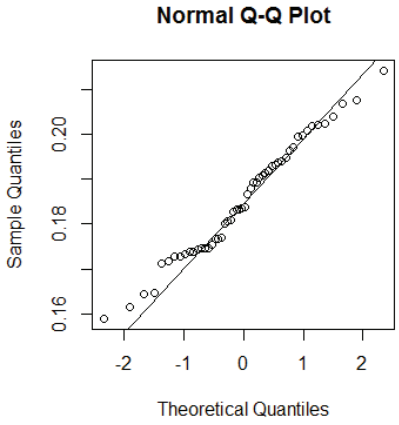


Figure 174 : Etude de la normalité de la variable "indice de robustesse gauche"

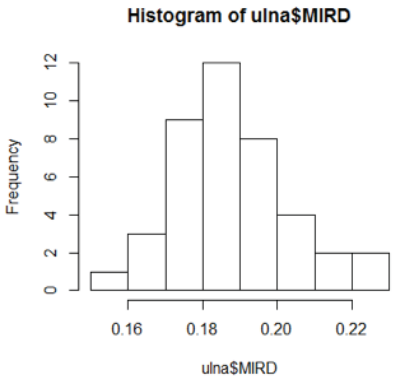


Figure 175 : Représentation graphique de la variable "indice de robustesse droit" par histogramme

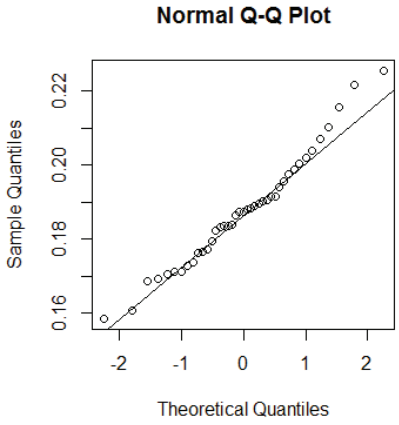


Figure 176 : Etude de la normalité de la variable "indice de robustesse droit"

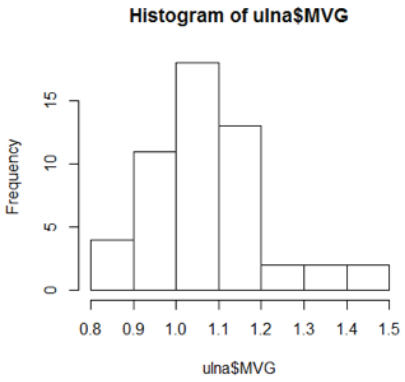


Figure 177 : Représentation graphique de la variable "indice de Verneau gauche" par histogramme

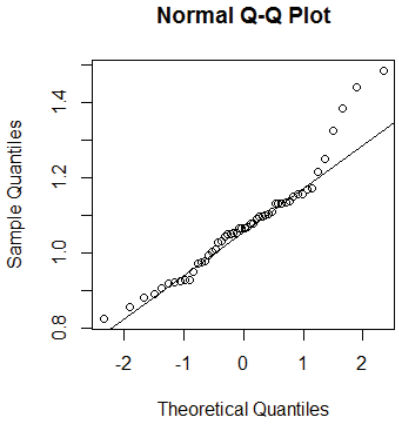


Figure 178 : Etude de la normalité de la variable "indice de Verneau gauche"

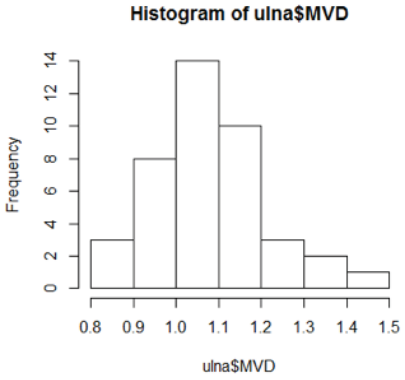


Figure 179 : Représentation graphique de la variable "indice de Verneau droit" par histogramme

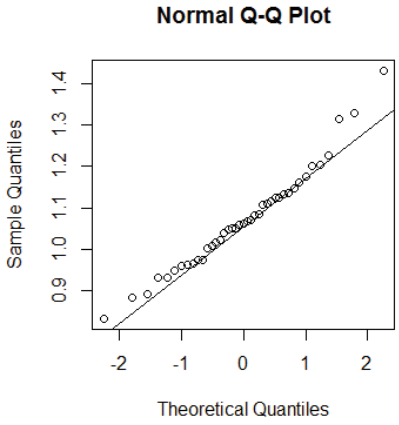


Figure 180 : Etude de la normalité de la variable "indice de Verneau droit"

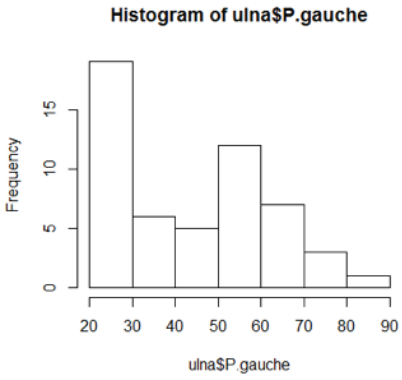


Figure 181 : Représentation graphique de la variable "poids gauche" par histogramme

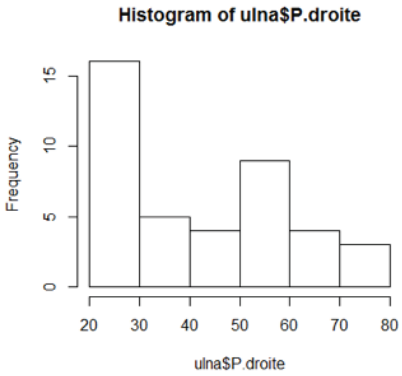


Figure 182 : Représentation graphique de la variable "poids droit" par histogramme

VARIABLES	TEST DE SHAPIRO-WILK	Hypothèse de non normalité
Longueur totale gauche	W = 0.95496, p-value = 0.03091	
Longueur totale droite	W = 0.94635, p-value = 0.05684	Non démontrée
Longueur physiologique gauche	W = 0.95593, p-value = 0.0343	
Longueur physiologique droite	W = 0.95246, p-value = 0.09217	Non démontrée
Diamètre transversal de la tête radiale gauche	W = 0.97428, p-value = 0.2636	Non démontrée
Diamètre transversal de la tête radiale droit	W = 0.96759, p-value = 0.3011	Non démontrée
Diamètre sagittal de la tête radiale gauche	W = 0.95386, p-value = 0.02745	
Diamètre sagittal de la tête radiale droit	W = 0.97434, p-value = 0.4881	Non démontrée
Périmètre de la tête gauche	W = 0.956, p-value = 0.03458	
Périmètre de la tête droit	W = 0.95389, p-value = 0.09587	Non démontrée
Diamètre transversal au col gauche	W = 0.97317, p-value = 0.2255	Non démontrée
Diamètre transversal au col droit	W = 0.96926, p-value = 0.3409	Non démontrée
Diamètre sagittal au col gauche	W = 0.96946, p-value = 0.1511	Non démontrée
Diamètre sagittal au col droit	W = 0.96906, p-value = 0.336	Non démontrée
Périmètre du col gauche	W = 0.95859, p-value = 0.0458	
Périmètre du col droit	W = 0.9716, p-value = 0.3881	Non démontrée
Diamètre transversal sous-tubérositaire gauche	W = 0.97247, p-value = 0.2093	Non démontrée
Diamètre transversal sous-tubérositaire droit	W = 0.96592, p-value = 0.2652	Non démontrée
Diamètre sagittal sous-tubérositaire gauche	W = 0.9647, p-value = 0.08956	Non démontrée
Diamètre sagittal sous-tubérositaire droit	W = 0.95493, p-value = 0.1122	Non démontrée
Périmètre sous-tubérositaire gauche	W = 0.94604, p-value = 0.01201	
Périmètre sous-tubérositaire droit	W = 0.95619, p-value = 0.1156	Non démontrée
Diamètre transversal à mi-hauteur gauche	W = 0.9855, p-value = 0.7156	Non démontrée
Diamètre transversal à mi-hauteur droit	W = 0.96482, p-value = 0.2438	Non démontrée

VARIABLES	TEST DE SHAPIRO-WILK	Hypothèse de non normalité
Diamètre sagittal à mi-hauteur gauche	W = 0.94194, p-value = 0.007886	
Diamètre sagittal à mi-hauteur droit	W = 0.94962, p-value = 0.07359	Non démontrée
Périmètre à mi-hauteur gauche	W = 0.9472, p-value = 0.01357	
Périmètre à mi-hauteur droit	W = 0.96613, p-value = 0.2695	Non démontrée
Diamètre transversal au foramen nourricier gauche	W = 0.97492, p-value = 0.2817	Non démontrée
Diamètre transversal au foramen nourricier droit	W = 0.95758, p-value = 0.1582	Non démontrée
Diamètre sagittal au foramen nourricier gauche	W = 0.94936, p-value = 0.0184	
Diamètre sagittal au foramen nourricier droit	W = 0.96072, p-value = 0.2004	Non démontrée
Périmètre au foramen nourricier gauche	W = 0.9523, p-value = 0.02503	
Périmètre au foramen nourricier droit	W = 0.95457, p-value = 0.126	Non démontrée
Largeur distale maximale gauche	W = 0.96875, p-value = 0.1397	Non démontrée
Largeur distale maximale droite	W = 0.97109, p-value = 0.3895	Non démontrée
Largeur distale minimale gauche	W = 0.96212, p-value = 0.06739	Non démontrée
Largeur distale minimale droite	W = 0.97113, p-value = 0.3906	Non démontrée
Diamètre transversal physiologique distal gauche	W = 0.97177, p-value = 0.1941	Non démontrée
Diamètre transversal physiologique distal droit	W = 0.96986, p-value = 0.3561	Non démontrée
Diamètre sagittal physiologique distal gauche	W = 0.96561, p-value = 0.09893	Non démontrée
Diamètre sagittal physiologique distal droit	W = 0.96594, p-value = 0.2657	Non démontrée
Indices de robustesse gauche	W = 0.98286, p-value = 0.5833	Non démontrée
Indices de robustesse droit	W = 0.98719, p-value = 0.924	Non démontrée
Poids gauche	W = 0.93347, p-value = 0.003393	
Poids droit	W = 0.91427, p-value = 0.005108	

Tableau 2.8 : Radius - test de Shapiro-Wilk

Pour résumer, en analyse discriminante, les variables suivantes permettaient d'obtenir 93 % de bons classements sur le radius :

- *diamètre sagittal de la tête.*

- *largeur distale maximale*.

- *largeur distale minimale*.

- *périmètre de la tête.*

- *diamètre transversal cervical.*

En régression logistique univariée, sur le radius, les variables suivantes permettaient d'obtenir les meilleurs classements :

- *Périmètre de la tête* (94,8 % à gauche, 95,1 % à droite)

- *Diamètre sagittal sous-tubérositaire* (93,1 % à gauche, 95 % à droite)

- *Poids* (94,8 % à gauche, 92,5 % à droite)

- *Longueur physiologique* (91,4 % à gauche, 92,5 % à droite)

- *Longueur totale* (91,4 % à gauche, 90 % à droite)

Pour l'ulna, il s'agissait de :

- *Longueur totale (94,4 à gauche, 93 % à droite)*

- *Longueur totale sans styloïde (96,3 % à gauche, 95,3 % à droite)*

- *Diamètre sagittal maximal de l'olécrane (94,4 % à gauche, 93 % à droite)*

- *Largeur minimale du processus coronoïde (94,6 % à gauche, 90,7 % à droite)*

- *Poids (96,4 % à gauche, 95,3 % à droite)*

En régression logistique multivariée, sur le radius, la combinaison des variables suivantes permettait d'obtenir 100 % de bons classements :

- *longueur totale gauche, longueur physiologique gauche, diamètre sagittal au col gauche, périmètre sous-tubérositaire gauche, diamètre transverse à mi-hauteur gauche, périmètre de la tête gauche, diamètre transversal sous-tubérositaire gauche.*

Sur l'ulna, il s'agissait de la combinaison suivante :

- *longueur totale gauche, longueur totale sans le processus styloïde gauche, longueur physiologique gauche, diamètre sagittal maximal de l'olécrane gauche, largeur maximale du processus coronoïde gauche.*

Les réseaux neuronaux sur le radius permettaient d'obtenir les meilleurs résultats avec les variables suivantes :

- *périmètre de la tête* : 95 %.

- *longueur totale :* 95 %.

- *longueur physiologique* : 95 %.

- *largeur distale minimale* : 95 %.

Discussion

1 Introduction

La détermination du sexe (tout comme l'évaluation de la stature, de l'âge et du groupe biogéographique) constitue l'un des piliers de l'identification reconstructive en anthropologie médico-légale. De nombreux travaux ont été réalisés sur le bassin (Murail et coll. 2005), le crâne (Quatrehomme et coll. 2011, Giles 1970, Quatrehomme et coll. 2011) et le fémur (Ferembach et coll. 1979,1980, Iscan et Miller-Shaivitz 1984, 1986, Alunni-Perret et coll. 2003, 2008) mais rares sont ceux qui ont été consacrés au radius et à l'ulna.

La majorité des publications s'intéresse aux os dans leur globalité. Quelques unes se focalisent sur des segments d'os mais aucune ne propose de méthode adaptée à chacun d'entre eux. De plus, les variations selon les différentes populations ont été soulignées à plusieurs reprises dans la littérature, de même que des variations dans le temps (« secular trends »). Ceci indique que les méthodes les plus anciennes sont difficilement extrapolables à des populations modernes et la littérature insiste sur la nécessité d'actualiser les échantillons et de renouveler les méthodes d'estimation. Ces données de la littérature justifient donc les efforts actuels d'études du dimorphisme sexuel sur des échantillons modernes et d'origine bio-géographique différente.

A ce jour, il n'existe aucune publication portant sur le dimorphisme sexuel du radius et de l'ulna en France et plus particulièrement sur la population de la région niçoise.

L'objectif principal de ce travail était donc d'observer le dimorphisme sexuel du radius et de l'ulna, sur une population méditerranéenne contemporaine de la région niçoise. Les objectifs secondaires étaient de comparer les côtés droit et gauche pour mettre en évidence un effet de latéralité, et de comparer plusieurs méthodes statistiques de classification du sexe.

Pour réaliser ces objectifs, des variables ont été sélectionnées après une revue de la littérature ; un échantillon a été constitué, essentiellement à partir de prélèvements réalisés sur les sujets ayant donné leur corps au laboratoire d'anatomie de la Faculté de Médecine de Nice (Université de Nice-Sophia Antipolis), complétés par des observations issues de la Médecine Légale. Les variables ont été mesurées puis, des modèles statistiques (analyses discriminantes, régressions logistiques et réseaux neuronaux) ont été testés pour tenter de trouver les modèles les plus performants.

2 Caractéristiques de l'échantillon

Il convient de souligner d'emblée que l'origine géographique des observations n'était pas connue, une personne souhaitant faire don de son corps à la science pouvant changer de lieu de résidence et librement décider de la faculté de Médecine receveuse de ce don. L'on peut cependant supposer que la majorité d'entre eux était issue du bassin méditerranéen français, voire de la région niçoise. Les observations issues d'autopsies ou de missions anthropologiques médico-légales représentaient une faible proportion de notre échantillon (7 cas sur 64).

La conclusion est qu'on ne peut en aucune façon présenter les résultats comme étant spécifiques du bassin méditerranéen français et a fortiori spécifiques de la région niçoise.

Du fait d'une majorité d'observations issues de dons de corps, notre échantillon était âgé, voire très âgé. Chez les sujets pour lesquels les données étaient disponibles, l'âge moyen au moment du décès était de 87 ans pour les hommes (médiane 84 ans, écart-type 11,8) et de 83 ans pour les femmes (médiane 86, écart-type 13,6). Concernant les cas anthropologiques et autopsiques, les âges au moment du décès ont été estimés. Les âges moyens au moment du décès étaient disponibles pour trois cas, avec une moyenne de 63 ans (médiane 57, écart-type 18,3).

En conséquence, l'âge des sujets de notre échantillon rend nos conclusions difficilement extrapolables à une population générale, notamment aux sujets les plus jeunes, bien que l'on puisse considérer que la dimension des os de l'avant-bras n'évolue plus à partir de l'âge de 22 ans environ. Dans la littérature anthropologique il est généralement admis que l'âge influence peu les différentes variables mesurées, à condition d'exclure les pathologies les plus évidentes (arthrose sévère avec ostéophytes, entésopathies).

Les années de décès des sujets étaient réparties de 2004 à 2015, formant ainsi un échantillon contemporain récent.

3 Méthodes de mesure

Les variables sélectionnées étaient celles habituellement évaluées sur les autres os longs, auxquelles s'ajoutaient celles retrouvées dans la littérature sur le radius et l'ulna et enfin, celles relatives à d'autres reliefs osseux, qui n'avaient pas encore été évaluées dans les travaux internationaux. Ces nouvelles mesures étaient, pour le radius, les *diamètres transversal* et *sagittal* et le *périmètre au niveau du foramen nourricier* et les *diamètres transversal* et *sagittal physiologiques distaux*. Pour l'ulna, ce sont la *distance olécrane - coronoïde*, la *largeur minimale du processus coronoïde* et le *périmètre distal*.

Les mesures ont été réalisées avec les instruments habituellement utilisés en anthropologie médico-légale, un pied à coulisse avec une précision de 0,01mm, un compas d'épaisseur avec graduation millimétrique pour les mesures reliant deux articulations entre-elles et une table ostéométrique avec graduation millimétrique. Le poids était évalué à l'aide d'une balance électronique avec une précision de +/- 2g.

4 Description de l'échantillon

Concernant le radius, l'ensemble des moyennes et médianes étaient supérieures chez le sujet masculin, à l'exception de l'*indice de robustesse* (rapport entre la circonférence à mi-hauteur et la longueur totale) qui était identique. Concernant l'ulna, l'ensemble des moyennes et médianes étaient supérieures chez le sujet masculin, à l'exception de l'*indice de Verneau* (rapport entre le diamètre transversal et le diamètre sagittal de l'ulna, à mi-hauteur de l'os) qui était légèrement plus faible.

Ces résultats sont globalement en accord avec les données de la littérature (Waghmare et coll. 2012, Barrier et L'Abbé 2008, Akhlagi et coll. 2012).

Sur le radius Wada et Paley (1994) mettaient en évidence deux variables pour lesquelles les moyennes étaient supérieures chez la femme, le *diamètre transversal de la diaphyse* et le *diamètre à mi-hauteur*. Olivier (1960) observait un *indice de Verneau* en moyenne à 91 chez l'homme et 88 chez la femme alors que nous obtenions 105 chez l'homme et 110 chez la femme. Cela peut s'expliquer par les modifications morphologiques liées à l'ancienneté de l'échantillon d'Olivier, par des variations bio-géographiques et par des repères osseux différents pour effectuer les mesures.

Le t-test de student avec approximation de Welch confirmait nos constatations, puisque toutes les variables étaient statistiquement différentes de façon significative entre hommes et femmes, avec pour exception l'*indice de robustesse* et de l'*indice de Verneau*.

La validité de ce test était correcte si l'on considère la normalité comme acquise pour un échantillon contenant plus de trente observations. L'approximation de Welch permettait de s'affranchir de l'homogénéité des variances.

5 Différences selon la latéralité

Pour les radius et ulnas masculins, les moyennes et médianes semblaient homogènes selon les côtés (droit et gauche) alors que sur les os féminins, certaines variables semblaient supérieures du côté droit.

La comparaison des moyennes par analyse de variance (ANOVA) a démontré l'absence de différence significative entre les deux côtés.

Ces constatations sont en accord avec celles retrouvées dans la littérature (Purkait 1996, Wada 1993). Cowal et Pastor (2008) retrouvaient une différence significative avec la *longueur de l'incisure proximale* sur l'ulna et avec la *hauteur de la tête radiale* (ces deux variables n'ont pas été mesurées dans ce travail). Charisi et coll. (2010) observaient une différence significative pour la *longueur maximale du radius* et la *largeur proximale de l'ulna.* Cette conclusion n'est pas confirmée par d'autres publications. Il semble donc qu'il n'y ait que peu de variabilité selon la latéralité. Cette constatation statistique nous permet jusqu'à démonstration inverse de substituer certaines variables manquantes lors d'analyses discriminantes, de régressions logistiques ou de réseaux neuronaux.

Les différences statistiques droite/gauche ont été rarement testées dans la littérature pour les autres os longs. Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus sur une publication récente concernant le fémur (Alunni-Perret et coll. 2003 et 2008).

6 Différences intra-observateur

Afin de vérifier la reproductibilité de nos mesures, l'ensemble des variables a été mesuré par un premier observateur à trois reprises, en aveugle du sexe. Une analyse de variance pour mesures répétées a cherché s'il existait une différence significative entre les différents tours de mesure.

Pour le radius, l'étude des différences intra-observateur a montré qu'il existait une différence significative pour les variables *longueur physiologique gauche, diamètre transverse de la tête, périmètre de la tête, diamètre transverse cervical, diamètre sagittal cervical, périmètre cervical, diamètre transverse sous-tubérositaire gauche, périmètre sous-tubérositaire gauche, diamètre transverse à mi-hauteur gauche, largeur distale maximale gauche, diamètre transverse physiologique distal, diamètre sagittal physiologique distal.*

Pour l'ulna, une variation intra-observateur significative était observée pour les *hauteur de l'olécrane droite, distance olécrane-coronoïde droite, diamètre sagittal du processus coronoïde, largeur minimale du processus coronoïde gauche et périmètre distal gauche.*

Les conditions de validité étaient respectées (normalité et homogénéité des variances). Ces résultats montrent la difficulté d'établir des mesures de variables parfaitement reproductibles en analyse quantitative. Sur le radius, à mesure de l'avancement des travaux, les *diamètres physiologiques distaux* et les trois mensurations au niveau du col semblaient effectivement difficilement reproductibles. En revanche, la *longueur physiologique*, les mensurations de la tête et le *diamètre transversal à mi-hauteur* semblaient particulièrement reproductibles. Sur l'ulna, la *hauteur de* l'olécrane, la *distance olécrane-coronoïde*, le *diamètre sagittal du processus coronoïde* et le *périmètre distal gauche* semblaient assez reproductibles. Le doute est en revanche permis sur la *largeur minimale du processus coronoïde*.

Certaines variables sont probablement à exclure des modèles statistiques du fait de la non reproductibilité des mesures. Il faut cependant souligner qu'en analysant les résultats ligne par ligne, pour chaque observation, nous observons que les différences d'une mesure à l'autre sont minimes, généralement de l'ordre du millimètre ou même moins, et donc d'intérêt pratique faible. Pour ces raisons, nous ne les avons pas exclues de nos analyses.

7 Différences inter-observateur

Afin de vérifier la reproductibilité de nos mesures, un échantillon de dix observations a été tiré au sort et chaque variable a été mesurée par deux observateurs indépendants à dix reprises, en aveugle du sexe. Une analyse de variance pour mesures répétées a comparé ces mesures afin de rechercher une différence significative entre les différents tours de mesure.

Concernant le radius, l'étude des différences inter-observateur a montré qu'il existait une différence significative pour les variables *longueur totale, longueur physiologique, diamètre transverse de la tête, diamètre sagittal de la tête, diamètre transverse cervical, périmètre cervical, diamètre transverse sous-tubérositaire, diamètre sagittal sous-tubérositaire, périmètre sous-tubérositaire, périmètre à mi-hauteur, largeur distale minimale, diamètre transverse physiologique distal, diamètre sagittal physiologique distal*.

Concernant l'ulna, des différences inter-observateur a montré que les variables suivantes présentaient une variation inter-observateur significative: *longueur physiologique, hauteur de l'olécrane, distance olécrane-coronoïde, largeur maximale de l'olécrane, diamètre sagittal minimal de l'olécrane, diamètre sagittal du processus coronoïde, largeur maximale du processus coronoïde, largeur minimale du processus coronoïde, diamètre sous-sigmoïdien transversal, diamètre sous-sigmoïdien sagittal, diamètre transversal à mi-hauteur, diamètre sagittal à mi-hauteur, périmètre à mi-hauteur* et *diamètre transversal distal.*

Sur le radius, les *longueur totale, longueur physiologique, diamètre transverse de la tête, diamètre sagittal de la tête* et *périmètre à mi-hauteur* semblaient particulièrement reproductibles. La définition et la position dans laquelle les mesures devaient être réalisées semblaient claires et laissaient peu de place à la subjectivité. En revanche, les *diamètre transverse cervical, périmètre cervical, diamètre transverse sous-tubérositaire, diamètre sagittal sous-tubérositaire, périmètre sous-tubérositaire*, *largeur distale minimale, diamètre transverse physiologique distal, diamètre sagittal physiologique distal* étaient effectivement discutables. Sur l'ulna, les *longueur physiologique, hauteur de l'olécrane, distance olécrane-coronoïde, largeur maximale de l'olécrane, diamètre sagittal minimal de l'olécrane, diamètre sagittal du processus coronoïde, diamètre transversal à mi-hauteur, diamètre sagittal à mi-hauteur, périmètre à mi-hauteur* et *diamètre transversal distal* semblaient assez reproductible*s.* C'était en revanche discutables pour la *largeur maximale du processus coronoïde, largeur minimale du processus coronoïde, diamètre sous-sigmoïdien transversal, diamètre sous-sigmoïdien sagittal* qui laissaient place à une certaine subjectivité.

Certaines variables sont probablement à exclure des modèles statistiques du fait de la non reproductibilité des mesures. Il faut cependant souligner qu'en analysant les résultats ligne par ligne, pour chaque observation, nous observons que les différences d'une mesure à l'autre sont minimes, généralement de l'ordre du millimètre ou même moins, et donc d'intérêt pratique faible. Pour ces raisons, nous ne les avons pas exclues de nos analyses.

8 Analyses discriminantes

L'analyse discriminante permet de distinguer le sexe entre homme et femme à l'aide d'une équation du type $y = ax_1 + bx_2 + ... + nx_n$ en déterminant un point de démarcation. Elle a été réalisée sur le radius.

Les analyses univariées ont été réalisés sur toutes les variables et ont permis d'obtenir de 53 % à 93 % de bons classements. Les meilleurs résultats étant obtenus pour les variables suivantes :

- *diamètre sagittal de la tête* : 93 %.
- *largeur distale maximale* : 93 %.
- *largeur distale minimale* : 93 %.
- *périmètre de la tête* : 93 %.
- *diamètre transverse cervical* : 93 %.
- *longueur totale* : 91 %.
- *longueur physiologique* : 91 %.
- *diamètre sagittal cervical* : 91 %.

Les critères de validité (normalité et homogénéité des variances) étaient respectés. En sélectionnant les variables les moins corrélées entre-elles (< 0,8), les variables les plus performantes étaient les *longueur physiologique gauche, diamètre sagittal à mi-hauteur gauche, le diamètre transversal physiologique distal gauche* et *diamètre sagittal au foramen nourricier gauche.* Leur combinaison permettait d'obtenir 91,38 % de classements corrects (93,10 % pour les hommes et 89,66 % pour les femmes).

Dans la littérature, Mall et coll. (2001) évaluaient trois variables sur le radius, la *longueur maximale*, le d*iamètre maximal de la tête* et la *largeur distale*. Ils obtenaient leurs meilleurs résultats en fonction discriminante avec la *longueur maximale*, permettant 89,13 % de classements corrects, ce qui est proche de nos résultats (91 %). Pour le *diamètre maximal de la tête*, ils obtenaient 88,57 % alors que nous obtenions 93 % (avec le *diamètre sagittal de la tête* qui était la variable la plus proche de celle évaluée). Enfin, la *largeur distale maximale* fournissait 72,14 % de bons classements lorsque nous l'évaluions à 88,2 %. Les méthodes précises de mesure n'étaient toutefois pas exposées dans l'article, pouvant expliquer nos différences de résultat. Sur l'ulna, ces auteurs ont évalué les *longueur maximale* et *largeurs proximale et distale* avec respectivement 87,05 %, 72,14 % et 78,42 % de bons classements en analyse discriminante. Nos résultats pour la *longueur totale* étaient supérieurs (94,4 % à gauche et 93 % à droite en régression logistique). L'échantillon de Charisi et coll. (2010) donnait des résultats très inférieurs (51 % pour le l'ulna). Cela s'explique en grande partie par des différences majeures selon les origines bio-géographiques. En effet, les différences de moyennes entre les échantillons allemands et grecs étaient importantes. De plus, les méthodes de mesures n'étaient que peu détaillées.

Charisi et coll. (2010) ont évalué les *longueur, largeur proximale et distale maximales* du radius. La *largeur proximale* étant la plus dimorphique, suivie de la *largeur distale* et de la *longueur totale*. Des équations discriminantes univariées ont ensuite été créées :

- ("*longueur maximale gauche*") x 0,19804 - 43,944 : 89,4 % de bons résultats, alors que nous obtenions 91 %. Nous obtenions 87,9 % en appliquant leur formule à notre échantillon, ce qui est assez comparable.

- ("*longueur maximale droite*") x 0,18156 - 40,9148 : 87,7 % de bons résultats, alors que nous obtenions 91 %. Nous obtenions 92,5 % en appliquant leur formule à notre échantillon, ce qui est légèrement supérieur à l'échantillon initial.

- ("*largeur proximale maximale gauche*") x 2,61492 - 53,1841 : 94,6 % de bons résultats, lorsque nous obtenions 93 % en utilisant le *diamètre sagittal de la tête radiale*, aucune autre variable ne pouvant mieux correspondre à la description initiale (le *diamètre transversal de la tête radiale gauche* sera à réévaluer, nos résultats étant extrêmement faibles, contrairement à nos attentes). Nous obtenions 86 % en appliquant leur formule à notre échantillon.

- ("*largeur proximale maximale droite*") x 2,34768 - 47,7878 : 94,1 % de bons résultats, lorsque nous obtenions 93 % en utilisant le *diamètre sagittal de la tête* radiale, aucune autre variable ne pouvant mieux correspondre à la description initiale (le *diamètre transversal de la tête radiale droit* sera à réévaluer, les résultats étant extrêmement faibles, contrairement à nos attentes). Nous obtenions 80 % en appliquant leur formule à notre échantillon.

- ("*largeur distale maximale gauche*") x 1,24119 - 37,47 : 86,7 % de bons résultats, lorsque nous obtenions 93 %. Nous obtenions 62 % en appliquant leur formule à notre échantillon. Une telle différence est probablement liée à la méthodologie, la variable étant peu expliquée dans l'article.

- ("*largeur distale maximale droite*") x 0,99116-29,8596 : 85,1 % de bons résultats, lorsque nous obtenions 85 %, ce qui est tout à fait comparable. Nous obtenions 67,5 % en appliquant leur formule à notre échantillon. Une telle différence est probablement liée à la méthodologie, la variable étant peu expliquée dans l'article.

Selon leur étude, *largeur proximale* était la meilleure variable, avec un index de dimorphisme sexuel de 15,1 %. La *longueur maximal*e de l'ulna avait le pouvoir discriminant le plus faible des variables étudiées.

Des fonctions discriminantes multivariées ont été réalisées :

- ("*longueur totale gauche*") x 0,13948 + ("*largeur proximale*") x 0,88217 + ("*largeur distale*") x 0,14822 - 57,1034. Ils obtenaient 90,3 % des bon résultats. Appliquée à notre échantillon, cette équation donnait 92,3 % de bons classements, ce qui est très comparable et satisfaisant.

- ("*longueur totale gauche*") x 0,14281 + ("*largeur proximale gauche*") x 0,94413 - 57,0509. Ils obtenaient 88,4 % de bons résultats. Appliquée à notre échantillon, cette équation donnait 94,2 %.

- ("*longueur totale droite*") x 0,15206 + ("*largeur proximale droite*") x 0,84750 + ("*largeur distale droite*") x 0,30031 - 62,0694. Ils obtenaient 92,4 % de bonnes classifications. Appliquée à notre échantillon, nous obtenions 95,1 %.

- ("*longueur totale droite*") x 0,15504 + ("*largeur proximale*") x 0,97473 - 60,9783. Ils obtenaient 93 % de bonnes classifications. Appliquée à notre échantillon, nous obtenions 92,7 %.

Pour Barrier et L'Abbé (2008), la *longueur maximale* de l'os était la variable la plus discriminante, avec 87 % de fiabilité pour classer les os masculines et 89 % pour les os féminins. Nos résultats fournissaient 93 % pour les hommes, et 90 % pour les femmes. Ils ont également considéré la *largeur distale*, et perpendiculairement à la diaphyse, les *diamètres transversal et sagittal de la diaphyse*, la *hauteur de la tête radiale,* les *diamètres maximal et minimal de la tête radiale* et la *circonférence de la tête radiale.* Toutes les mesures montraient des différences significatives selon les sexes, permettant des classifications avec de 82 à 88 % de bons résultats en analyse discriminante.

Pour Waghmare et coll. (2012) la *circonférence à mi-hauteur*, la *circonférence de la tubérosité radiale*, le *diamètre sagittal de la tubérosité radiale*, le *diamètre vertical de la tubérosité radiale*, le *diamètre sagittal à mi-hauteur* et le *diamètre transverse à mi-hauteur* étaient mesurés sur 198 radius d'origine indienne. Toutes les mesures étaient significativement supérieures chez l'homme, avec une différence maximale pour le diamètre sagittal à mi-hauteur. Des fonctions discriminantes ont été déterminées :

- ("*Circonférence à mi-hauteur*") x 0,351 - 14,078, avec 84,3 % de bons résultats, lorsque nous obtenions 86,2 % à gauche et 87,5 % à droite. L'application de sa formule à notre échantillon nous permettait d'obtenir 82,20 % de bons résultats, ce qui est assez encourageant.

- ("*Diamètre sagittal à mi-hauteur*") x 1,093 - 11,944, avec 90,4 % de bons résultats, lorsque nous obtenions 87,9 % à gauche et 90 % à droite, ce qui est assez comparable. Appliquée à notre échantillon, nous obtenions 83,9 % de bons résultats. Les différences observées peuvent être expliquées à la fois par la méthodologie, les vues antérieure et latérale de l'os n'étant possiblement pas identiques, ainsi que par les différences liées aux variations biogéographiques.

- ("*Diamètre transverse à mi-hauteur*") x 0,783 - 10,262, avec 77,8 % de bons résultats, lorsque nous obtenions 81 % à gauche et 75 % à droite, ce qui est sur sa globalité comparable. Appliquée à notre échantillon, nous obtenions 55,1 % de bons résultats. Les différences observées sont explicables par les mêmes raisons que le *diamètre sagittal à mi-hauteur,* décrit ci-dessus.

Globalement, nos résultats sont assez comparables à ceux présentés dans la littérature. Les modèles donnaient parfois des résultats très proches en les évaluant entre les différents échantillons. Des différences étaient parfois observées, en raison de méthodes de mesure probablement différentes, de l'ancienneté des échantillons utilisés pour créer ces modèles et des variations bio-géographique.

9 Régressions logistiques

La régression logistique est utile lorsque l'on a affaire à des données ne suivant pas une loi normale et quand les variances et covariances ne sont pas équivalentes. Ainsi, nous nous affranchissons de ces conditions de validité.

9.1 Radius

La régression logistique consiste à exprimer une variable qualitative, par exemple, homme ou femme, à l'aide d'un certain nombre de variables quantitatives, en tenant compte de la corrélation des variables entre elles. Les régressions logistiques univariées permettaient d'obtenir entre 50 % et 95,1 % de bonnes classifications. On observe qu'un pourcentage supérieur à 90 % était obtenu avec les variables suivantes :

- *Périmètre de la tête* (94,8 % à gauche, 95,1 % à droite)
- *Diamètre sagittal sous-tubérositaire* (93,1 % à gauche, 95 % à droite)
- *Poids* (94,8 % à gauche, 92,5 % à droite)
- *Diamètre transversal de la tête* (91,2 % à gauche, 95 % à droite)
- *Longueur physiologique* (91,4 % à gauche, 92,5 % à droite)
- *Diamètre sagittal cervical* (91,4 % à gauche, 92,5 % à droite)
- *Diamètre transversal cervical* (93,1 % à gauche, 90 % à droite)
- *Périmètre au col* (91,4 % à gauche, 90,2 % à droite)
- *Longueur totale* (91,4 % à gauche, 90 % à droite)

Des analyses multivariées ont été réalisées sur le radius sur os entier. Nous constations que quatre fonctions permettaient 100 % de bonnes classifications, sur 57 ou 58 cas. L'analyse segment par segment permettait elle aussi d'obtenir des classements très satisfaisants, supérieurs à 90 % dans tous les cas et atteignant parfois 100 %. Bien entendu ces classifications ne concernent que l'échantillon qui a servi à l'élaboration des modèles statistiques et nous savons qu'il convient de tester les modèles sur un nouvel échantillon indépendant, qui ne donnera pas 100 % de bons résultats.

Après sélection des variables les plus performantes et les moins corrélées entre-elles (<0,8), la combinaison des *longueur physiologique gauche*, diamètre sagittal maximal gauche et *diamètre transversal physiologique distal gauche* permettait d'obtenir 93,10 % de bons classements (96,55 % pour les hommes et 89,66 % pour les femmes.

9.2 Ulna

Les régressions logistiques univariées permettaient d'obtenir entre de 63 % à 95,3 % % de bonnes classifications. On observe qu'un pourcentage supérieur à 90 % était obtenu avec les variables suivantes :

- *Longueur totale (94,4 à gauche, 93 % à droite)*
- *Longueur totale sans styloïde (96,3 % à gauche, 95,3 % à droite)*
- *Longueur physiologique (91,1 % à gauche, 93 % à droite)*
- *Diamètre sagittal maximal de l'olécrane (94,4 % à gauche, 93 % à droite)*
- *Largeur minimale du processus coronoïde (94,6 % à gauche, 90,7 % à droite)*
- *Poids (96,4 % à gauche, 95,3 % à droite)*

Les régressions logistiques multivariées segment par segment permettaient comme pour le radius d'obtenir des classements très satisfaisants, supérieurs à 90 %, pour l'épiphyse proximale et la diaphyse, et atteignant parfois 100 %, notamment pour les sujets féminins. La sélection de variables par analyse discriminante permettait d'obtenir 100 % de bons classements.

L'analyse multivariée à partir d'une série de variables sélectionnées par analyse discriminante, permettant d'obtenir 100 % de bons classements.

Aucune donnée concernant les régressions logistiques n'était disponible dans la littérature, (l'équation discriminante étant le modèle statistique employé habituellement dans ce type d'évaluation).

10 Réseaux neuronaux

Le réseau neuronal est une méthode permettant de déduire une fonction lorsque les relations entre les variables ne sont pas linéaires. La linéarité des variables étant difficile à démontrer, ce test permet de nous affranchir de cette condition. Les mesures ont été réalisées sur les variables du côté gauche qui sont plus nombreuses dans notre échantillon. L'on constate que les meilleurs résultats étaient obtenus pour les variables suivantes :

- *longueur totale :* 95 %.
- *longueur physiologique* : 95 %.
- *largeur distale minimale* : 95 %.
- *diamètre sagittal de la tête* : 93 %.
- *périmètre de la tête* : 95 %.

- *diamètre transversal cervical* : 93 %.

- *diamètre sagittal cervical* : 93 %.

- *Périmètre cervical* : 93 %.

- *Diamètre sagittal sous-tubérositaire* : 91 %.

- *largeur distale maximale* : 91 %.

- *Diamètre sagittal à mi-hauteur* : 90 %.

Après avoir sélectionné les variables les moins corrélées, les variables les plus performantes étaient les *longueur physiologique, diamètres transversal et sagittal sous-tubérositaire, diamètre sagittal à mi-hauteur et le diamètres transversal et sagittal au foramen nourricier.* Leur combinaison permettait d'obtenir 94,83 % de bonnes classifications (96,55 % pour les hommes et 93,10 % pour les femmes).

Les réseaux neuronaux sont rarement utilisés comme méthode de classification en anthropologie médico-légale (et en anthropologie en général). La revue de la littérature ne nous a permis de retrouver aucune publication concernant le radius et l'ulna. Les rares publications en anthropologie médico-légale concernent le fémur (Alunni et coll. 2015) et démontrent que le réseau neuronal est habituellement plus performant en termes de classification correcte tout en permettant de s'affranchir des conditions de validité des tests précédents.

11 Performances des différents modèles statistiques

La combinaison des meilleures variables discriminantes les moins corrélées entre elles permettait d'obtenir 91,38 % des classifications correctes en équation discriminante, 93,10 % en régression logistique et 94,83% avec les réseaux neuronaux. Bien que les réseaux neuronaux semblent être supérieurs aux autres méthodes utilisées, aucune différence significative n'était observée entre elles. Dans la littérature il n’est pas toujours démontré qu’il existe une différence significative entre le réseau neuronal et les autres modèles testés (Alunni et coll. 2015)

CONCLUSIONS

La détermination du sexe constitue l'un des points fondamentaux de l'identification reconstructive en anthropologie médico-légale. De nombreux travaux ont été réalisés sur le bassin, le crâne et le fémur mais rares sont ceux qui ont été consacrés au radius et à l'ulna. De plus, la majorité des publications s'intéresse aux os dans leur globalité mais rarement à leurs épiphyses et diaphyse. Enfin, les variations selon les différentes populations ont été soulignées à plusieurs reprises dans la littérature, de même que des variations dans le temps (« secular trends »). A ce jour, il n'existe aucune publication portant sur le dimorphisme sexuel de ces os en France, et plus particulièrement sur la population de la région niçoise. Notre étude a porté sur un échantillon de 64 sujets âgés (32 hommes et 32 femmes), issus principalement de dons de corps au laboratoire d'Anatomie de la Faculté de Médecine de Nice (Université de Nice - Sophia Antipolis). 23 variables ont été sélectionnées sur chaque os. L'ensemble des mesures étaient significativement supérieures chez les hommes à l'exception de deux indices (indice de robustesse et de Verneau) et aucune différence n'était observée selon le côté. Différents modèles statistiques ont été évalués, le test de Student, l'ANOVA, l'analyse discriminante, la régression logistique et les réseaux neuronaux. En analyse discriminante, les variables les plus discriminantes étaient, pour le radius, *le diamètre sagittal* et le *périmètre de la tête*, le *diamètre transverse au col* et les *largeurs distales maximale et minimale*. En régression logistique, les variables les plus discriminantes étaient, pour le radius, le *périmètre de la tête*, le *diamètre sagittal sous-tubérositaire* et le *poids*. Pour l'ulna, il s'agissait des *longueurs totales avec et sans processus styloïde* et du *poids.* Les réseaux neuronaux permettaient d'obtenir, sur le radius, 95 % de classements corrects avec les *longueur totale*, *longueur physiologique* et *largeur distale minimale*. Aucune différence significative n'était observée selon les performances des tests. En analyse multivariée, des taux de classification de 100 % ont pu être obtenus pour chaque segment des deux os. Ce travail a permis de créer des modèles statistiques de déterminisme sexuel pour le radius et l'ulna. Afin d'envisager une extrapolation de nos résultats, ces modèles devront être testés sur un nouvel échantillon pour validation.

BIBLIOGRAPHIE

• Références

- **Akhlaghi M**, Sheikhazadi A, Ebrahimnia A, Hedayati M, Nazparvar B, Saberi Anary SH (2012) The value of radius bone in prediction of sex and height in the Iranian population. *J Forensic Leg Med*. 2012 May;19(4):219-22.
- **Albanese J** (2013) A methode for Estimating Sex Using the Clavicle, Humerus, Radius and Ulna. *J Forensic Sci*, 58 (6).
- **Alunni-Perret V**, Staccini P, Quatrehomme G (2003) Reexamination of a measurement for sexual determination using the supero-inferior femoral neck diameter in a modern European population. *J Forensic Sci* 48(3) 517-20.
- **Alunni-Perret V**, Staccini P, Quatrehomme G (2008) Sex determination from the distal part of the femur in a French contemporary population. *Forensic Sci Int* 75 (2-3) 113-7.
- **Alunni V**, Dujardin P, Nogueira L, Buchet L, Quatrehomme G (2015) Comparing discriminant analysis and neural network for the determination of sex using femur head measurements. *Forensic Sci Int*, 253, 81-7.
- **Augistine J**, Barpande SR, Tupkari JV (2008) Cheiloscopy as an adjunct to forensic identification : a study of 600 individuals. *J Forensic Odontostomatol*, 26 (2) 44-52.
- **Barrier ILO**, L'Abbé EN (2008) Sex determination from the radius and ulna in a modern South African sample. *Forensic SciInt*, 179 (85) e1-85.e7.
- **Bass WM** (1987) *Human Osteology*. A laboratory and Field Manual. 3th edition. Missouri archeological Society. Library of Congress, Columbia.
- **Berrizbeitia EL** (1989) Sex determination with the Head of the Radius. *J Forensic Sci*, 34(5), pp. 1206-1213.

- **Brues AM** (1990) The once and future diagnosis of race. In: GW Gill, S Rhine (eds.). *Skeletal Attribution of Race.* Methods for Forensic Antrhopology. Maxwell Museum of Anthropology, University of New Mexico, pp. 1-9.
- **Cameriere R**, DeAngelis D, Ferrante L (2011) Ear identification : a pilot study. *J Forensic Sci*, 56 (4) 1010-4.
- **Celbus O**, Agritmis H (2006) Estimation of stature and determination of sex from radial and ulnar bone lenghts in a Turkish corpse sample. *Forensic Sci Int* 158 (2-3) 135-9.
- **Charisi D**, Eliopoulos C, Vanna V, Koilias CG, Manolis SK (2011) Sexual Dimorhism of the Arm Bones in a Modern Greek Population. *J Forensic Sci*, 56 (1), 10-8.
- **Civardi G**, Quatrehomme G (2003) Comparaison du moulage et du dessin dans la restitution des résultats de restauration faciale. *4° colloque d'Anthropologie médico-légale de Nice,* 28 Février et 01 Mars 2003.
- **Clement JG**, Marks MK (2005) *Computer-graphic Fracial Reconstruction.* Elsevier, Academic Press.
- **Daugman** J, Downing C (2001) Epigenetic randomness, complexity, and singularity of human iris patterns. *Proceedings of the Royal Society*, B, 268, Biological Sciences, pp 1737 - 1740.
- **Dedouit F**, Telmon N, Costagliola R, Otal P, Florence LL, Joffre F, Rougé D (2007a) New identification possibilities with postmortem multislice computed tomography. *Int J Legal Med, 121 (6) 507-10.*
- **Dedouit F**, Telmon N, Costagliola R, Otal P, Joffre F, Rougé D (2007b) Virtual anthropology and forensic identification : report of one case. *Forensic Sci Int*, 173 (2-3) 182-7.
- **Dedouit F**, Telmon N, Costagliola R, Otal P, Joffre F, Rougé D (2007c) Virtual anthropology and forensic identification : report of one case. *Forensic Sci Int*, 173 (2-3) 182-7.
- **Dérobert L** (1974) *Médecine Légale.* Flammarion Médecine-Sciences, Paris.

- **Fazekas IG**, Kòsa F (1978) *Forensic Fetal Osteology.* Akadémiai Kiadò, Budapest.
- **Feldesman MC** (1992) Femure/stature ratio and estimation of stature in children. *Am J Phys Anthropol*, 87, 447-59.
- **Ferembach D** et al. (1979) Recommandations pour éterminer l'âge et le sexe sur le squelette. *Bull Mém de la Soc d'Anthrop de Paris*, t. 6, série XIII, 7-45.
- **Ferembach D** et al. (1980) Recommandations for age and sex diagnoses of skeletons. *J Hum Evol*, 9, 517-549.
- **France DL** (1998) Observational and metrical analysis of sex in the skeleton. In: Reichs KJ, (eds.). Forensic osteology: advances in the identification of humain remains. Springfield: Charles C Thomas. pp 163-186.
- **Fully G** (1956) Une nouvelle méthode de détermination de la taille. *Ann Méd Lég*, 36, 266-73.
- **Fully G, Pineau H** (1960) Détermination de la stature au moyen du squelette. *Ann Méd Lég,* 40, 3-11.
- **Giles.E**, Elliot O (1962) Race identifaction from cranial measurements. *J Forensic Sci,* 7, 147-157.
- **Giles E** (1970) Sexing crania by discriminant function analysis of crania : effects of age and number of variables. Proceedings, VIIIth Internation Congress of Anthropological and Ethnological Sciences, Tokyo, 1, 59-61.
- **Gill GW**, Rhine JS (eds.) (1990) *Skeletal Attribution of Race: Methods for Forensic Anthropology.* Maxwell Museum of Antrhopology, Papers n°4. University of New Mexico, Albuquerque.
- **Holman DJ**, Bennett KA (1991) Determination of sex from arm bone measurements. *Am J Phys Anthropol,* 84 (4) 421-426.
- **Howells WW** (1970) Multivariate analysis for the identification of race from th ecrania. In : TD Stewart (ed.) *Personal Identification in Mass Disasters*. National Museum of Natural History, Washington, pp 111-118.

- **Introna F Jr**, Dragone M, Frassanito P, Colonna M (1993) Determination of skeletal sex using discriminant analysis of ulnar measurements. *Boll Soc Ital Biol Sper*, 69 (9) pp. 517-23.
- **Iscan MY**, Miller-Shaivitz P (1984) Determination of sex from the femur in Blacks and Whites. *Collegium Anthropol*, 8, 169-177.
- **Iscan MY**, Miller-Shaivitz P (1986) Sexual dimorphism in the femur and tibia. In : Reichs KJ (ed.). *Forensic Osteology. Advances in the Identification of Human Remains.* Charles C Thomas, Springfield, III, pp. 101-111.
- **Jadin Ph** (2011) Les empreintes digitales. In Beauthier JP. *Traité de Médecine Légale.* (2e ed.). De Boeck Universités, pp. 821-831.
- **Johnston FE** (1962) Growth of the long bones of infants and young children at Indian Knoll. *Human Biology*, 23, 66-81.
- **Kahana T**, Hiss J, Smith P (1998) Quantitative assessment of trabecular bone pattern identification. *J Foresic Sci*, 43 (6) 1144-7.
- **Krogman WM** (1955) The skeleton in the forensic medicine. *Postgrad Med*, 17, 2, A48-A62.
- **Krogman WM**, Iscan MY (1986) *The Human Skeleton in Forensic Medicine.* Charles C Thomas, Sprinfield, Ill.
- **Leopold D** (1998) (eds.) In: Identifkation unbekannter Toter. Schmidt-Römhild-Verlag, Lübeck.
- **Mall G**, Hubig M, Büttner A, Kuznik J, Penning R, Graw M (2001) Sex determination and estimation of stature from the longbones of the arm. *Forensic Sci Int*, 117, 23-30.
- **Mann RW** (1998) Use of bone trabeculae to establish positive identification. *Forensic Sci Int*, 98 (1-2) 91-9.
- **Maresh MM** (1970) Measurements from roentgenograms. In: *Human Growth and Development*. RW McCammon (ed.). Charles C Thomas, Springfield, IL, 157-200.

- **Marlin DC**, Clark MA, Standish SM (1991) Identification of human remains by comparison of frontal sinus radiographs: a series of four cases. *J Forensic Sci*, 36 (6) 1765-72.
- **Murail P**, Bruze J, Houët F, Cunha E (2005) DSP : a tool for probabilistic sex diagnosis using woldwide variability in hip bone measurements. *Bull et Mém Soc d'Anthropol de Paris*. t.17(3-4) 161-76.
- **Nambiar P**, Naidu MD, Subramaniam K (1999) Anatomical variations of the frontal sinuses and their application in forensic identification. *Clin Anat*, 12 (1) 16-9.
- **Olivier G** (1960) *Pratique Anthropologique*. Vigot Frères, Paris.
- **Pääbo S** (1985) Molecular cloning of ancient Egyptian mummy DNA. *Nature*, 314, 644-5.
- **Pääbo S** (1989) Ancient DNA : extraction, characterization, molecular cloning, and enzymatic amplification. *Procs Nat Acad Sci*, USA, 86, 1993-4.
- **Patil N**, Karjodkar FR, Sontakke S, Sansare L, Salvi R (2012) Uniqueness of radiographic patterns of the frontal sinus for personal identification. *Imaging Sci Dent*, 42 (4) 213-7.
- **Purkait R** (1996) Sex Assessment from Ulna : A New Approach. *J Hum Ecol*, 7 (1) : 29-34.
- **Purkait R**, Singh P (2008) A test of individuality of human external ear pattern : its application in the field of personal identification. *Forensic Sci Int*. 178 (2-3) 112-8.
- **Quatrehomme G,** Garidel Y, Grévin G, Liao ZG, Bailet P, Ollier A (1995a) Method for identifying putrefied corpses by facial casting. *Forensic Sci Int*, 74 (1-2) 115-124.
- **Quatrehomme G,** Garidel Y, Grévin G, Bailet P, Ollier A (1995b) La reconstruction faciale. *XVI° rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*, 19 au 21 Octobre 1995.
- **Quatrehomme G,** Garidel Y, Grévin G, Liao ZG, Boublenza A, Ollier A (1996) Facial casting as a method to help identify severely disfigured corpses. *J Forensic Sco*, 41 (3) 518-520.

- **Quatrehomme G** (1996) Identification by frontal sinus pattern in forensic anthropology. *Forensic Sci Int*, 83 (2) 147-53.
- **Quatrehomme G**, Cotin S, Alunni V, Garidel Y, Grévin G, Bailet P, Ollier A, Ayache N (1999) La superposition, la restauration et la reconstruction faciales : une aide à l'identification médico-légale. *J Méd Lég Droit Méd,* 42 (1) 11-22.
- **Quatrehomme G**, Cotin S, Alunni V, Garidel Y, Grévin G, Bailet P, Ollier A, Ayache N (1999) La superposition, la restauration et la reconstruction faciales : une aide à l'identification médico-légale. *J Méd Lég Droit Méd*. 42 (1) 11-22.
- **Quatrehomme G** (2003) Anthropologie médico-légale. In : D Malicier (ed.). *L'identification en Médecine Légale. Aspects actuels.* Eska, Paris, pp. 81-128.
- **Quatrehomme G**, Rougé D (2003) La Recommandation n° R(99)3 du Comité des Ministres aux Etats membres , relative à l'harmonisation des règles en matière d'autopsie médico-légale. *J Méd Lég Droit Méd*, 46 (4-5) 249-260.
- **Quatrehomme G**, Subsol G (2005) Classical non computer-assisted craniofacial reconstruction. In : *Computer-graphic Facial Reconstruction.* JG Clement and MK Marks (eds.). Elsevier Academic Press, pp.15-32.
- **Quatrehomme G** (2005) Facial restauration. In : *Encyclopedia of Forensic and Legal Medicine.* J Paynes-James, R Byard, T Corey, C Henderson (eds.). Elsevier, Amsterdam, pp. 28-34.
- **Quatrehomme G**, Alunni-Perret V (2010) Techniques Anthropologiques. *Traité de Médecine Légale et de Droite de la Santé*, pp 100-118.
- **Quatrehomme G et coll.** (2011) Methodology for estimating endocranial capacity in a modern European population. *Forensic Sci Int*, 206 (1-3) 213 e1-6.
- **Quatrehomme G**, Biglia E, Padovani B, du Jardin Ph, Alunni V (2014) Positive identification by X-rays bone trabeculae comparison. Forensic Sci Int, Sep 28 ; 245C:e11e14.

- **Renaud M** (1973) L'identification chéiloscopique en médecine légale. *Le Chirurgien Dentiste de France*, Octobre, 65-69.
- **Rouvière H**, Delmas A (2002) *Anatomie Humaine, Descriptive, topographique et fonctionnelle.* 15° édition, révisé par V. Delmas. Tome III, Masson et Cie (eds.), Paris.
- **Sakaue K** (2004) Sexual determination of long bones in recent Japanese. *Anthropol Sci*, 112, 75-81.
- **Saxena S**, Sharma P, Gupta N (2010) Experimental studies of forensic odontology to aid in the identification process. *J Forensic Dent Sci*, 2 (2) 69-76.
- **Scheuer JL**, Musgrave JH, Evans SP (1980) The estimation of late fetal and perinatal age from limb bone length by linear and logarithmic regression. *Annals of Human Biology,* 7, 257-265.
- **Scheuer L**, Black S (2000) *Devlopmental Juvenile Osteology*. Academic Press, Amsterdam.
- **Shukla D**, Chowdhlry A, Bablani D, Jain P, Thapar R (2011) Establishing the reliability of palatal rugae pattern in individual identification (following orthodontic treatment). *J Forensic Odontostomatol*. 29 (1) 20-9.
- **Singh P**, Purkait R (2009) Observations of external ear - an Indian study. *Homo*, 60 (5) 461-72.
- **Singh S**, Singh G, Singh SP (1974) identification of sex from ulna. *Indian J Med Res*, 62, 731-735.
- **Srivastava R**, Saini V, Kumar Rai R, Pandey S, Bahadur Singh T, Kumar Tripathi S, Kumar Pandey K (2013) Sexual Dimorphism in Ulna : An Osteometric Study from India. *J Forensic Sci*, 58 (5).
- **Steel FLD** (1972) The sexing of the long bones, with reference to the St. Bride Series of identified skeletons. *J Royal Anthropol Inst Great Britain and Ireland*, 92, 212-222.
- **Sundick RI** (1972) *Human skeetal growth and dental development as observed in the Indian Knoll population.* Ph.D. dissertation, University of Toronto.

- **Sundick RI** (1978) Human skeletal growth and age determination. *Homo*, 29 (4) 228-49.
- **Suzuki K**, Tsuchihashi Y (1970) Personal identification bu means of lip print. *J Forensic Med*, 17, 52-7.
- **Trotter M**, Gleser GC (1951) The effect of ageing on stature. *Am J Phys Anthropol*, 9, 311-24.
- **Trotter M**, Gleser GC (1952) Estimation of stature from long bones of American Whites and Negroes. *Am J Phys Anthropol*, 10 (4) 463-514.
- **Trotter M**, Gleser GC (1958) A re-evaluation of estimation of stature based on measurements of stature taken during life and of long bones after death. *Am J Phys Anthropol*, 16, 79-123.
- **Trotter M**, Gleser GC (1977) Corrigienda to "estimation of stature from long limb bones of American Whites and Negroes". *Am J Phys Anthropol,* 47 (2) 355-356.
- **Ubelaker DH** (1991) *Human Skeletal Remains. Excavation, Analysis, Interpretation.* Manuals of Archaeology. 2 . Library of Congress. Taraxacum, Washington D.C.
- **Wada Y** (1994) A discriminant Function for Sex Determination of Ancient Iraqis Based on Radial Measurements. *Anthropol Sci*, 102 (2), 149-158.
- **Waghmare JE**, Deshmukh PR, Waghmare PJ (2012) Determination of Sex from the Shaft and Tuberosity of Radius - A Multivariate Discriminant Function Analysis. *Biomed Res*, 23 (1), pp 115-118.
- **Wilder HH** (1920) *Laboratory Manual of Anthropometry*. Philadelphia, Blakiston.
- **Zavala A**, Paley J (Eds.) (1972) *Personal Appearance Identification.* Charles C Thomas, Springfield, IL.

- **Rapports**

- **Rapport n°386 (2014-2015), commission des affaires étrangères, de défense et des forces armées**. *Projet de loi accord avec le Gouvernement des États-Unis d'Amérique relatif au renforcement de la coopération en matière d'enquêtes judiciaires en vue de prévenir et de lutter contre la criminalité grave et le terrorisme - Deuxième partie : des stipulations qui encadrent la coopération franco-américaine en matière d'enquêtes judiciaires*. 1er avril 2015.

SERMENT D'HIPPOCRATE

Au moment d'être admis(e) à exercer la médecine, je promets et je jure d'être fidèle aux lois de l'honneur et de la probité.

Mon premier souci sera de rétablir, de préserver ou de promouvoir la santé dans tous ses éléments, physiques et mentaux, individuels et sociaux.

Je respecterai toutes les personnes, leur autonomie et leur volonté, sans aucune discrimination selon leur état ou leurs convictions. J'interviendrai pour les protéger si elles sont affaiblies, vulnérables ou menacées dans leur intégrité ou leur dignité. Même sous la contrainte, je ne ferai pas usage de mes connaissances contre les lois de l'humanité.

J'informerai les patients des décisions envisagées, de leurs raisons et de leurs conséquences.

Je ne tromperai jamais leur confiance et n'exploiterai pas le pouvoir hérité des circonstances pour forcer les consciences.

Je donnerai mes soins à l'indigent et à quiconque me les demandera. Je ne me laisserai pas influencer par la soif du gain ou la recherche de la gloire.

Admis(e) dans l'intimité des personnes, je tairai les secrets qui me seront confiés. Reçu(e) à l'intérieur des maisons, je respecterai les secrets des foyers et ma conduite ne servira pas à corrompre les mœurs.

Je ferai tout pour soulager les souffrances. Je ne prolongerai pas abusivement les agonies. Je ne provoquerai jamais la mort délibérément.

Je préserverai l'indépendance nécessaire à l'accomplissement de ma mission. Je n'entreprendrai rien qui dépasse mes compétences. Je les entretiendrai et les perfectionnerai pour assurer au mieux les services qui me seront demandés.

J'apporterai mon aide à mes confrères ainsi qu'à leurs familles dans l'adversité.

Que les hommes et mes confrères m'accordent leur estime si je suis fidèle à mes promesses ; que je sois déshonoré(e) et méprisé(e) si j'y manque.

RÉSUMÉ

La détermination du sexe constitue l'un des points fondamentaux de l'identification reconstructive en anthropologie médico-légale. Les méthodes de référence concernent actuellement le bassin, le crâne et le fémur. Quelques publications concernent le radius et l'ulna, mais rares sont celles s'intéressant à leurs épiphyses et diaphyse. A ce jour, il n'existe aucune publication portant sur le dimorphisme sexuel de ces os en France. Notre échantillon était constitué de 64 sujets âgés (32 hommes et 32 femmes), issus principalement de dons de corps au laboratoire d'Anatomie de la Faculté de Médecine de Nice (Université de Nice - Sophia Antipolis). 23 variables ont été sélectionnées sur chaque os et ont été soumises à différents tests statistiques (test de student, ANOVA, analyse discriminante, régression logistique, réseau neuronal). L'ensemble des mesures étaient significativement supérieures chez les hommes excepté deux indices (indice de robustesse et de Verneau). Aucune différence n'était observée selon le côté. En analyse discriminante, les variables les plus discriminantes étaient, pour le radius, *le diamètre sagittal* et le *périmètre de la tête*, le *diamètre transverse au col* et les *largeurs distales maximale et minimale*. En régression logistique, les variables les plus discriminantes étaient, pour le radius, le *périmètre de la tête*, le *diamètre sagittal sous-tubérositaire* et le *poids*. Pour l'ulna, il s'agissait des *longueurs totales avec et sans processus styloïde* et du *poids*. Les réseaux neuronaux permettaient d'obtenir, sur le radius, 95 % de classements corrects avec les *longueur totale*, *longueur physiologique* et *largeur distale minimale*. En analyse multivariée, des taux de classification de 100 % ont pu être obtenus pour chaque segment des deux os. Ce travail a permis de créer des modèles statistiques de déterminisme sexuel pour le radius et l'ulna. Afin d'envisager une extrapolation de nos résultats, ces modèles devront être testés sur un nouvel échantillon pour validation.