HAL
open science

Contribution à l'étude du canal mandibulaire et de ses foramina chez l'homme actuel, les grands singes et les hominidés fossiles

Rémi Curien

To cite this version:

Rémi Curien. Contribution à l'étude du canal mandibulaire et de ses foramina chez l'homme actuel, les grands singes et les hominidés fossiles. Sciences du Vivant [q-bio]. 2005. hal-01734400

HAL Id: hal-01734400

https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01734400v1

Submitted on 14 Mar 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ DE LORRAINE

AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4
Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10
http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php
http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm

T/01/N/2005/5207

doubles

ACADEMIE DE NANCY-METZ

UNIVERSITE HENRI POINCARE - NANCY I
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2005

5207
N°~~2232~~

BIBLIOTHÈQUE
PHARMACIE
ODONTOLOGIE
NANCY

THESE

pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

par

Rémi CURIEN

Né le 1er Avril 1978 à Nancy

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU CANAL MANDIBULAIRE ET DE SES FORAMINA CHEZ L'HOMME ACTUEL, LES GRANDS SINGES ET LES HOMINIDES FOSSILES

DB 31902

01 JUIL. 2005

Examinateurs de la thèse :

M.M. PANIGHI	Professeur des universités	Président
Mlle.C. STRAZIELLE	Professeur des universités	Juge
M.M. WEISSENBACH	Maître de Conférences	Juge
M.E. GERARD	Praticien hospitalier	Juge

BU PHARMA-ODONTOL
104 069861 0

ACADEMIE DE NANCY-METZ

UNIVERSITE HENRI POINCARE - NANCY I
FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Année 2005 N°2232

BIBLIOTHÈQUE
PHARMACIE
ODONTOLOGIE
NANCY

THESE

pour le

DIPLOME D'ETAT DE DOCTEUR EN CHIRURGIE DENTAIRE

par

Rémi CURIEN

Né le 1er Avril 1978 à Nancy

CONTRIBUTION A L'ETUDE DU CANAL MANDIBULAIRE ET DE SES FORAMINA CHEZ L'HOMME ACTUEL, LES GRANDS SINGES ET LES HOMINIDES FOSSILES

DB 31902

Examinateurs de la thèse :

M.M. PANIGHI	Professeur des universités	Président
Mlle.C. STRAZIELLE	Professeur des universités	Juge
M.M. WEISSENBACH	Maître de Conférences	Juge
M.E. GERARD	Praticien hospitalier	Juge

UNIVERSITE Henri Poincaré NANCY 1
Président : Professeur J.P. FINANCE

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE
Doyen : Docteur Pierre BRAVETTI

Assesseur(s) : Dr. P. AMBROSINI - Dr. J.M. MARTRETTE
Membres Honoraires : Pr. F. ABT - Dr. L. BABEL - Pr. S. DURIVAUX - Pr. G. JACQUART -Pr. D. ROZENCWEIG - Pr. M. VIVIER
Doyen Honoraire : Pr. J. VADOT

Sous-section 56-01 Pédodontie	Mme M. Mlle Mlle Mme	***D. DESPREZ-DROZ*** J. PREVOST N. MARCHETTI A. MEDERLE V. MINAUD-HELFER		Maître de Conférences Maître de Conférences Assistant Assistant Assistant
Sous-section 56-02 Orthopédie Dento-Faciale	Mme M. Mme	***M.P. FILLEUL*** O. GEORGE M. MAROT-NADEAU		Professeur des Universités* MCUPH en disponiiblité Assistant Assistant
Sous-section 56-03 Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie légale	M. Mlle M.	***M. WEISSENBACH*** C. CLEMENT O. ARTIS		Maître de Conférences* Assistant Assistant
Sous-section 57-01 Parodontologie	M. M. M. Mlle M.	***N. MILLER*** P. AMBROSINI J. PENAUD S. DAOUT D. PONGAS		Maître de Conférences Maître de Conférences Maître de Conférences Assistant Assistant
Sous-section 57-02 Chirurgie Buccale, Pathologie et Thérapeutique Anesthésiologie et Réanimation	M. M. M. M. M. Mlle	***P. BRAVETTI*** J.P. ARTIS D. VIENNET C. WANG G. PERROT A. POLO		Maître de Conférences Professeur 2ème grade Maître de Conférences Maître de Conférences* Assistant Assistant
Sous-section 57-03 Sciences Biologiques (Biochimie,Immunologie, Histologie, Embryologie, Génétique, Anatomie pathologique, Bactériologie, Pharmacologie)	M. M. Mme	***A. WESTPHAL*** J.M. MARTRETTE V. STUTZMANN-MOBY		Maître de Conférences * Maître de Conférences Assistant
Sous-section 58-01 Odontologie Conservatrice, Endodontie	M. M. M. M. M. M M.	***C. AMORY*** A. FONTAINE M. PANIGHI J.J. BONNIN O. CLAUDON M. ENGELS DEUTSCH Y. SIMON		Maître de Conférences Professeur 1er grade * Professeur des Universités * Maître de Conférences Assistant Assistant Assistant
Sous-section 58-02 Prothèses (Prothèse conjointe, Prothèse adjointe partielle, Prothèse complète, Prothèse maxillo-faciale)	M. M. M. M. M. M. M. M. M.	***J.SCHOUVER*** J.P. LOUIS C. ARCHIEN C. LAUNOIS B. BAYER M. HELFER K. JHUGROO O. SEURET B. WEILER		Maître de Conférences Professeur des Universités* Maître de Conférences * Maître de Conférences Assistant Assistant Assistant Assistant Assistant
Sous-section 58-03 Sciences Anatomiques et Physiologiques Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysique, Radiologie	Mlle M. M.	***C. STRAZIELLE*** B. JACQUOT C. AREND		Professeur des Universités* Maître de Conférences Assistant

* temps plein - *italique* : *responsable de la sous-section*

Nancy, le 03.01.2005

Par délibération en date du 11 décembre 1972,
la Faculté de Chirurgie Dentaire a arrêté que
les opinions émises dans les dissertations
qui lui seront présentées
doivent être considérées comme propres à
leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner
aucune approbation ni improbation.

A NOTRE PRESIDENT ET DIRECTEUR DE THESE

Monsieur le Professeur M. PANIGHI
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy-I
Habilitation à diriger des recherches
Professeur des Universités
Sous-section : Odontologie Conservatrice-Endodontie.

Vous nous avez fait, avec gentillesse, le très grand honneur d'accepter la direction de cette thèse.
Nous vous sommes reconnaissants pour votre écoute et votre disponibilité ainsi que pour votre attachement à insuffler un esprit scientifique à votre enseignement.
Veuillez trouver ici le témoignage de nos vifs remerciements et de notre profond respect.

A NOTRE JUGE

Mademoiselle le Professeur C. STRAZIELLE
Docteur en Chirurgie Dentaire
Professeur des Universités
Habilitation à diriger des recherches par l'Université Henri Poincaré, Nancy-I
Responsable de la sous-section : Sciences Anatomiques et Physiologiques, Occlusodontiques, Biomatériaux, Biophysique, Radiologie.

Vous nous avez fait le très grand honneur d'accepter de juger cette thèse.
Veuillez trouver ici le témoignage de notre sincère gratitude et de notre profond respect.

A NOTRE JUGE

Monsieur le Docteur M. WEISSENBACH
Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur en Sciences Odontologiques
Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy-I.
Maître de Conférence des Universités
Secrétaire du Collège National des Enseignants en Odontologie de Santé Publique
Sous-section : Prévention, Epidémiologie, Economie de la Santé, Odontologie Légale.

Vous nous avez fait le très grand honneur d'accepter de juger cette thèse.
Veuillez trouver ici le témoignage de notre sincère gratitude et de notre profond respect

A NOTRE JUGE

Monsieur le Docteur E. GERARD

Docteur en Chirurgie Dentaire
Docteur de l'Université Henri Poincaré, Nancy-I
Praticien Hospitalier
Odontologiste des Hôpitaux
Chef du Département d'Odontologie du CHR de Metz-Thionville.

Vous nous avez fait le très grand honneur d'accepter de juger cette thèse.
Travailler à vos côtés durant nos études fut un réel plaisir et une précieuse source d'enseignements.
Vos connaissances et votre bienveillance nous ont permis de parfaire notre apprentissage.
Votre dévouement et votre passion resteront toujours pour nous un exemple.
Veuillez trouver ici le témoignage de notre gratitude et de notre profond respect.

Merci à Monsieur le Professeur O. Dutour,
Du Laboratoire d'Anthropologie Biologique de la Faculté de Médecine de Marseille.

Vous nous avez fait l'honneur, à la suite d'un DEA réalisé sous votre direction avisée, d'accepter de corriger cette thèse et d'y apporter votre regard d'anthropologue.
Nous vous sommes infiniment reconnaissants de nous avoir initié à l'Anthropologie Biologique, qui est maintenant devenue une passion.
Soyez sûr que votre enseignement portera ses fruits.

A mes parents qui par leur soutien constant et leurs conseils ont toujours su m'indiquer la bonne direction à suivre.
Merci à ma mère pour ses jeux de mots qui n'appartiennent qu'à elle.
Merci à mon père d'y rire.

Ce travail vous est dédié.

A mes frères,

Nicolas à qui je souhaite un grand avenir ; ce qui a l'air en bonne voie…

Jean-Baptiste à qui, l'avenir professionnel étant déjà assuré, je souhaite en revanche un grand amour ; ce qui est en bonne voie j'espère…

Merci pour votre fraternité, votre humour très particulier, votre subversion des repas du dimanche midi et vos leçons de morales parfois bien senties.

A toute ma famille de Plombière, du Thillot, de Nancy, de Seicheprey, de Paris, de Hambourg et de Navarre.

En mémoire de mes grand-pères , Stéphane Curien et Robert Poroli.

A mes amis dispersés un peu partout,

Mimile à Nancy, merci pour ta proximité.

Jimmy et Manou à Valleroy et bientôt à Bruyère, merci pour votre mobilité.

Gauthier et Julien à Paris, merci pour votre centralité.

Zaza à Marseille, merci pour ta méridionalité.

Caro et Amandine en Bourgogne, merci de nous ramener du vin à l'occasion.

A mes amis et néanmoins confrères,

Mike et Jean-Lou et votre sens du raisonnable et de la discrétion.

Ceux dont les surnoms donneraient du fil à retordre à un orthophoniste : Gigi, Kaka, Didi, Dodo. Merci pour votre amitié indéfectibles depuis des années.
Merci aussi pour la même raison à ceux dont le surnom est plus difficilement prononçable par un enfant de deux ans : Laeti, Noun, Bob, Babouth, Fiotte, Mamaille, Cracotte, Gilles.

A mes futurs confrères et néanmoins déjà amis,

Matthieu, Thomas et Matthieu F. Merci pour votre boulimie de mots, de connaissances et de mets raffinés.

J.S, Pipo, François, Anne Sophie, Josepha, Aline, Lolo. Merci pour votre fraîcheur et votre bonne humeur.

Merci à Didier et Paulo pour votre humour léger et délicat.

Merci à tous ceux que j'ai pu oublier.

Sommaire

INTRODUCTION

BIBLIOTHÈQUE PHARMACIE ODONTOLOGIE NANCY

1- ETAT ACTUEL DE LA QUESTION.

1.1- Anatomie.

1.1.1- Le foramen mandibulaire (FM).

1.1.1.1- Description de la zone.

1.1.1.2- Le foramen.

1.3.1.1-1. Description

1.3.1.1-2. Position

1.1.1.2.2.1- Par rapport aux bords du ramus

1.1.1.2.2.2- Par rapport au corps mandibulaire

1.1.1.2.2.3- Autres méthodes

1.1.1.2.2.4- Application à la clinique

1.1.1.2.2.5- Importance de la position du FM

1.3.1.1-3. Foramina accessoires

1.1.1.3- L'épine de Spix.

1.4.3.3.1- Morphologie

1.4.3.3.2- Position

1.4.3.3.1-1. Par rapport aux bords du ramus

1.4.3.3.1-2. Par rapport aux dents et aux alvéoles

1.4.3.3.1-3. Autres méthodes

1.4.3.3.1-4. Situation relative au FM

1.4.3.3.3- Rôle

1.1.1.4- L'antilingula.

1.1.1.5- L'arche mylo-hyoïdienne.

1.4.3.3.1- Description

1.4.3.3.2- Incidence

1.1.1.6- Le ligament sphéno-mandibulaire.

1.4.3.3.1- Description

1.4.3.3.2- Rôle

1.4.3.3.3- Influence sur la morphologie de l'area perilingualis

1.1.2- Le foramen mentonnier.

1.1.2.1- Description.

1.1.2.2- Nombre.

1.1.2.3- Position.

1.1.2.3.1- Position verticale

1.1.2.3.1.1- Par rapport aux dents

1.1.2.3.1.2- Par rapport au corps mandibulaire

1.1.4.1-1. *Position horizontale*

1.1.2.3.2.1- Par rapport aux dents

1.1.2.3.2.2- Par rapport au corps mandibulaire

1.1.3- Le canal mandibulaire.

1.1.4.1. Description.

1.1.4.2. Position.

1.1.4.1.1- Au sein de la mandibule

1.1.4.1.2- Par rapport aux dents

1.1.4.3. Stabilité et importance chez l'homme actuel.

1.1.4- Les éléments vasculo-nerveux.

1.1.4.1- Artère alvéolaire inférieure.

1.1.4.2- Veine alvéolaire inférieure.

1.1.4.3- Nerf alvéolaire inférieur.

1.2- Embryologie.

2.2.1- Rappel : embryogénèse de la mandibule.

2.2.2- Embryogénèse du canal mandibulaire.

2.2.3- Embryogénèse de l'area perilingualis.

2.2.4- Embryogénèse du foramen mentonnier.

2.2.5- Importance du nerf alvéolaire inférieur.

1.3- Croissance post-natale.

2.2.1- Le foramen mandibulaire.

1.3.1.1- Arguments en faveur d'une stabilité du FM au cours de la croissance

1.3.1.2- Formation de l'arche mylo-hyoïdienne

2.2.2- Arguments en faveur d'une stabilité du foramen mentonnier au cours de la croissance.

2.2.3- Arguments en faveur d'une stabilité du canal mandibulaire au cours de la croissance.

2.2.4- Importance du nerf mandibulaire.

1.4- Variations au sein de la famille des Hominidés.

1.4.1- Rappels.

1.4.1.1- Systématique

1.4.1.2- Phylogénie

1.4.2- Foramen mandibulaire.

1.4.2.1- Position

1.4.2.1- Morphologie de l'area perilingualis

1.4.3- Foramen mentonnier.

1.4.3.1- Nombre

1.4.3.2- Orientation

1.4.3.3- Position

1.4.3.3.1- Position horizontale

1.4.3.3.1.1- Evolution générale

1.4.3.3.1.2- Cas particulier des Néandertaliens

1.4.3.3.2- Position verticale

1.4.4- Canal mandibulaire.

1.4.5- Importance du nerf mandibulaire.

1.5- Discussion.

1.5.1- Foramen mandibulaire.

1.5.1.1- Position du foramen mandibulaire

1.5.1.2- Morphologie de l'area perilingualis

1.5.1.3- Méthode de repérage du FM

1.5.1.4- Applications cliniques

1.5.2- Position du foramen mentonnier.

1.5.2.1- Problème du référentiel dentaire

1.5.2.2- Applications clinique

1.5.3- Importance du nerf mandibulaire.

1.5.4- Phylogénèse.

1.5.4.1- Foramen mandibulaire

1.5.4.2- Foramen mentonnier

1.5.4.3- Importance du nerf mandibulaire

2- RECHERCHES.

2.1- Etude de la position du canal mandibulaire par rapport au condyle mandibulaire chez les Hominidés.

2.1.1- Problématique.

2.1.2- Matériel et méthodes.

2.1.2.1- Matériel

2.1.2.1.1- Critères d'inclusion.

2.1.2.1.2- Matériel utilisé

2.1.2.2- Méthode

2.1.2.2.1- Définition des plans, points et distances utilisés

2.1.2.2.2- Protocole de mesure

2.1.2.2.2.1- Méthodes de prise de vue

2.1.2.2.2.2- Mesures

2.1.2.2.2.3- Validité de la méthode

2.1.2.2.3- Traitement des données

2.1.2.2.3.1- Etude de la variabilité des triangles chez Homo sapiens

2.1.2.2.3.1.1- Variations interindividuelles

2.1.2.2.3.1.2- Variations avec l'âge

2.1.2.2.3.1.3- Dimorphisme sexuel

2.1.2.2.3.1.4- Variations interpopulationnelles

2.1.2.2.3.2- Modalités de variation

2.1.2.2.3.2.1- Croissance et développement

2.1.2.2.3.2.2- Corrélations et régressions

2.1.2.2.3.3- Variation chez les Hominidés et les grands singes

2.1.3- Résultats.

2.1.3.1- Variabilité des triangles chez Homo sapiens.

2.1.3.1.1- Variabilité interindividuelle

2.1.3.1.2- Variabilité dûe à l'âge

2.1.3.1.3- Dimorphisme sexuel

2.1.3.1.4- Variabilité interpopulationnelle

2.1.3.2- Modalités de variation.
2.1.3.2.1- Croissance et développement
2.1.3.2.2- Corrélations et régressions

2.1.3.3- Variabilité chez les Hominidés et les grands singes.
2.1.3.3.1- Homo sapiens comparé aux grands singes actuels
2.1.3.3.1.1- Pan troglodytes
2.1.3.3.1.2- Gorilla gorilla
2.1.3.3.1.3- Pongo pygmaeus
2.1.3.3.2- Hominidés fossiles
2.1.3.3.2.1- Observations générales
2.1.3.3.2.2- Australopithecus africanus
2.1.3.3.2.3- Homo ergaster
2.1.3.3.2.4- Hominidés du pléistocène moyen
2.1.3.3.2.5- Homo neanderthalensis
2.1.3.3.3- Néandertaliens

2.1.4- Discussion.

2.1.4.1- Stabilité du triangle interne

2.1.4.2- Variabilité du triangle interne
2.1.4.2.1- Variabilité interpopulationnelle et dimorphisme sexuel
2.1.4.2.2- Croissance et développement
2.1.4.2.3- Corrélations

2.1.4.3- Variations chez les Hominidés

2.1.5- Conclusion.

2.2- Etude du déterminisme de la position horizontale du foramen mentonnier par rapport aux dents chez les Hominidés.

2.2.1- Problématique.

2.2.2- Matériel et méthodes.

2.2.2.1- Matériel.
2.2.2.1.1- Critères d'inclusion
2.2.2.1.2- Mandibules utilisées

2.2.2.2- Méthode.
2.2.2.2.1- Points utilisés
2.2.2.2.2- Dimensions mesurées
2.2.2.2.3- Position du foramen mentonnier par rapport aux dents
2.2.2.2.4- Analyse des résultats

2.2.3- Résultats.

2.2.3.1- Concordance du score TM et du score tm.

2.2.3.2- Déterminisme de la position du TM chez l'homme actuel.

2.2.3.3- Déterminisme de la position du TM chez les grands singes actuels.
2.2.3.3.1- Chez Gorilla gorilla
2.2.3.3.2- Chez Pan troglodytes

2.2.3.4- Déterminisme de la position du TM chez les Hominidés.

2.2.3.5- Déterminisme de la position du TM dans la lignée des Néandertaliens.

2.2.4- Discussion

2.2.4.1- Déterminisme de la position du TM chez l'homme actuel.

2.2.4.2- Déterminisme de la position du TM chez les grands singes actuels.
2.2.4.2.1- Chez Gorilla gorilla
2.2.4.2.2- Chez Pan troglodytes

2.2.4.3- Déterminisme de la position du TM chez les Hominidés.

2.2.4.4- Déterminisme de la position du TM dans la lignée des Néandertaliens.

2.2.5- Conclusion et synthèse.

2.3- Etude de l'area perilingualis.

2.3.1- Introduction.

2.3.2- Matériel et méthode.

2.3.2.1- Matériel.

2.3.2.2- Méthode.

2.3.2.2.1- Prises de vues

2.3.2.2.2- Mise au point des classifications

2.3.2.2.3- Etude du développement

2.3.2.2.4- Etude statistique chez l'adulte

2.3.3- Résultats.

2.3.3.1- Observations préliminaires.

2.3.3.2- Mise au point des classifications.

2.3.3.2.1- Lingula

2.3.3.2.2- Antilingula

2.3.3.2.3- HOFM

2.3.3.2.4- Sillon mylo-hyoïdien

2.3.3.3- Etude du développement de l'area perilingualis.

2.3.3.4- Etude des distributions de fréquence chez l'adulte.

2.3.3.5- Relations de développement entre les différentes structures.

2.3.4- Discussion.

2.3.4.1- Classification des structures de l'area perilingualis.

2.3.4.2- Lingula.

2.3.4.3- Antilingula.

2.3.4.4- Sillon mylo-hyoïdien.

2.3.4.5- Etude globale de l'area perilingualis.

2.3.5- Conclusion.

CONCLUSION

Introduction

La mandibule est soumise dans sa morphologie à de nombreux facteurs épigénétiques fonctionnels, parafonctionnels, environnementaux. C'est pourquoi, parmi ses caractères externes, il est utile de différencier ce qui est constitutif de ce qui ne l'est pas, ce qui est stable d'un individu à l'autre de ce qui ne l'est pas, afin d'aboutir à une meilleure compréhension structurale de cet os. Les études classiques de la mandibule s'attachent à décrire des paramètres comme la longueur et la hauteur, l'angle mandibulaire, etc... Or il nous semble que ces mesures reflètent le cadre osseux mandibulaire et dépendent en cela d'une somme de facteurs relevant à la fois des différents éléments constituant la mandibule mais aussi de facteurs externes en particulier musculaires et donc sous influence de l'environnement.

Il est donc utile d'identifier une structure stable et significative au sein de la mandibule. La stabilité de cette structure pourrait permettre une comparaison interindividuelle et évolutive de la morphologie mandibulaire. Cette structure devrait également (ou à défaut) être significative c'est-à-dire refléter de façon nette la raison d'être de sa configuration et permettre la distinction, au sein de la mandibule, de subdivisions anatomo-fonctionnelles au déterminisme différent. Il serait ainsi possible de donner un sens à sa stabilité ou à sa variabilité

Au cours d'un travail de DEA effectué au sein du Laboratoire d'Anthropologie Biologique de la Faculté de Médecine de Marseille, nous avons eu l'occasion de nous intéresser à la mandibule des Hominidés, fossiles et actuels. C'est dans ce cadre que nous nous sommes aperçus que le canal mandibulaire et ses 2 foramina représentaient une structure d'importance primordiale et d'une grande signification au sein de la mandibule, et pourraient donc correspondre au "cahier des charges" établi ci-dessus. C'est pourquoi nos recherches au cours du DEA ce sont centrées sur cette structure, travaux qui se sont vus prolongés par la présente thèse.

Les applications d'un travail sur le canal mandibulaire seraient, en premier lieu, anthropologiques et anatomiques puisqu'il donne lieu à une étude morphologique, topographique mais aussi et surtout une analyse de la croissance, de la variabilité interindividuelle, interpopulationnelle et interspécifique de cette structure.
Nous verrons également qu'il en découle, bien qu'il ne s'agisse pas de son but primaire, des applications cliniques dans les domaines de la chirurgie, de l'orthopédie dento-faciale et de l'anesthésiologie.

Il convient de préciser, au préalable, 2 points :

- Notre analyse topographique de la position du canal mandibulaire et de ses foramina se concentrera sur le plan sagittal en raison de la méthode de recueil de données utilisée, la photographie numérique standardisée, qui ne nous a pas permis d'effectuer de prises de vues dans le sens transversal (déformation trop importante du fait du décalage des plans occlusaux et condyliens). De plus, une étude de la position du canal mandibulaire dans les trois plans de l'espace aurait donné lieu à un travail trop conséquent. C'est pourquoi notre revue de la littérature se concentrera elle aussi sur le sens sagittal.
- La définition de la famille des Hominidés regroupe, en s'appuyant sur des données récentes de la science, l'homme actuel (*Homo sapiens*), les genres Pan (Chimpanzés et Bonobos), Gorilla (Gorilles), Pongo (Orang-outang), ainsi que les Hominidés fossiles depuis l'ancêtre commun hypothétique entre les Ponginés et les Homininés (peut être *Kenyapithecus*, il y a 17,5 millions d'années).

Première partie :

Etat actuel de la question.

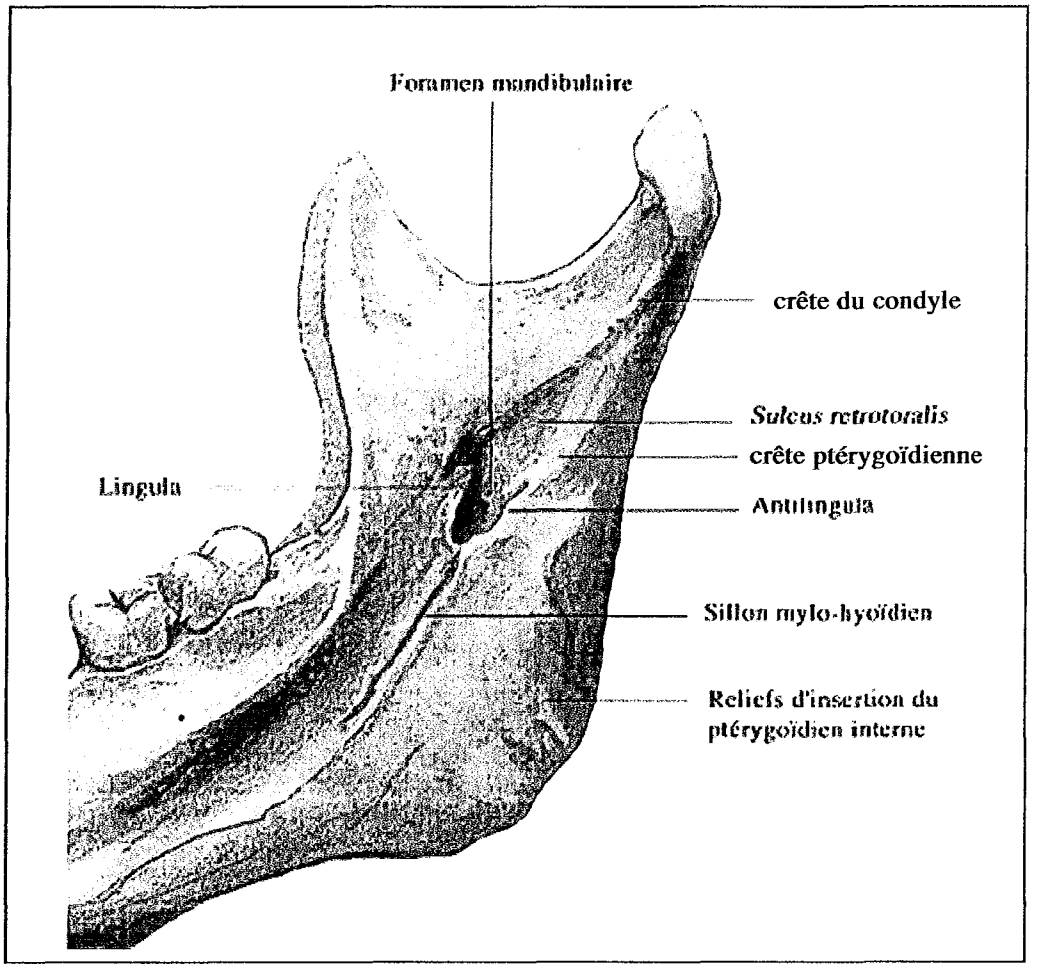


Figure 1 : anatomie de la face interne du ramus (d'après Rouvière et Delmas, 2002)

1.1- Anatomie

1.1.1. Le foramen mandibulaire (FM)

1.1.1.1- Description de la zone (figure 1)

Le FM est limité antérieurement par un relief en pointe dirigé vers le haut, l'épine de Spix ou *lingula* ; et parfois limité postérieurement par le relief moins saillant de l'*antilingula.* La base de ces deux reliefs voit l'insertion des deux faisceaux antérieur et postérieur du ligament sphéno-mandibulaire (LSM) (Rouvière et Delmas, 2002 ; Gaspard, 1978).

Du niveau de l'orifice partent trois reliefs :

- vers l'avant en bas de l'épine de Spix, sous la ligne mylo-hyoïdienne, une gouttière ou un sillon qui s'estompe vers l'avant, le sillon mylo-hyoïdien (*Sulcus mylohyoïdeus*) parcouru par le nerf mylo-hyoïdien et l'artère du même nom (Pelletier, 1969, Rouvière et Delmas, 2002), Notons toutefois que le sillon mylo-hyoïdien peut être double à son origine ou provenir du canal mandibulaire lui-même, à distance du FM, en haut et en avant (Bourdelle *et al*, 1937).
- en arrière du FM, oblique en haut et en arrière, la crête ptérygoïdienne donnant attache à l'aponévrose interptérygoïdienne (Laison, Gaudy, 1993),
- au dessus de l'orifice, la crête du col du condyle s'étendant obliquement du tubercule condylien interne au bord antérieur de l'épine de Spix (Laison, Gaudy, 1993).

Vers l'arrière et le haut, le FM est fréquemment prolongé par une rainure oblique, de profondeur variable, le *sulcus retrotoralis* de Lenhossek (1920).

Kocsis (1945), enfin, note l'existence chez l'adulte de *foramina supralingularis* situés sur la face interne du ramus au-dessus de la *lingula*, visibles à l'œil nu dans 70% des cas mais trop souvent négligés.

Balogh et Csiba (1966) considèrent le FM, l'épine de Spix et le sillon mylo-hyoïdien comme formant un complexe anatomo-fonctionnel qu'ils nomment *area perilingualis*. Ils lui reconnaissent 5 types morphologiques (Voir figure 2) :

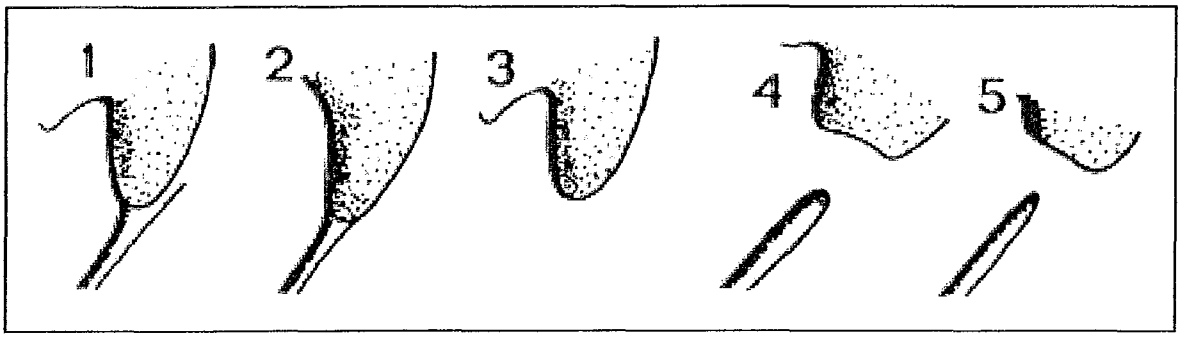


Figure 2 : types d'*area perilingualis* d'après Balogh et Csiba (1966).

- Type 1 : Le FM est conformé en entonnoir ouvert médialement, l'épine de Spix dessine une languette et le sillon mylo-hyoïdien prolonge insensiblement le FM. Sa fréquence est de 60 %.
- Type 2 : Le FM est béant et l'épine de Spix presque absente, le sillon mylo-hyoïdien est bien dessiné. Sa fréquence est de 15 %.
- Type 3 : Diffère du type 1 par l'absence de sillon mylo-hyoïdien. Sa fréquence est de 17,5 %.`
- Type 4 : Diffère du type 1 par la présence d'un clapet osseux obturant partiellement le FM médialement, à la naissance du sillon mylo-hyoïdien, transformant celui-ci en gouttière sur une distance variable (Voir *arche mylo-hyoïdienne d'Ossenberg*). Sa fréquence est de 5 %.

- Type 5 : diffère du type 4 par l'absence d'épine de Spix. Sa fréquence est de 2,5 %.

Les auteurs ne mentionnent pas l'*antilingula.* Ils décrivent en outre à l'*area perilingualis* une petite surface guillochée située un peu au dessus du FM et empiétant sur la face médiale de l'épine de Spix. Cette surface répondrait à l'insertion du ligament sphéno-mandibulaire.

1.1.1.2- Le foramen

1.1.1.2.1- Description.

Le foramen mandibulaire (*foramen mandibulae*) est dirigé en bas et en avant et a tantôt une forme de fente, tantôt et plus rarement un aspect infundibuliforme (Paturet, 1951). Il est renforcé par deux berges d'une hauteur de 5 à 10 mm : une antérieure très prononcée dans la majorité des cas et nettement concave en haut, et une postérieure à peine ébauchée. A l'état frais, une bande fibreuse provenant du LSM relie les deux berges, transformant la gouttière en canal. Cette membrane obturante est percée par un pertuis ostéo-fibreux qui marque l'origine du sillon mylo-hyoïdien (Gaspard, 1978).

1.1.1.2.2- Position :

De nombreuses études ont été menées afin de préciser son emplacement chez l'homme actuel, étant donnée l'importance que cette position revêt dans la pratique de l'anesthésie tronculaire du nerf alvéolaire inférieur.

1.1.1.2.2.1- Par rapport aux bords du ramus.

Selon Simon et Kömives (1937), la variabilité dimensionnelle de la branche montante est telle qu'il est illusoire d'y définir des repères pour situer le FM. De nombreux auteurs s'y sont pourtant essayés.

Pour Szolokozy-Syllaba (1953) et Pelletier (1969), le FM est situé presque au centre géométrique de la face interne du ramus.

Selon Olivier (1949), le FM ne se situerait pas à égale distance des quatre bords de la branche montante : il serait situé plus près du bord supérieur (échancrure sigmoïde).

Paturet (1951) situe le FM de manière analogue, à égale distance des bords antérieur et postérieur du ramus et à 2 cm de la partie moyenne de l'alvéole de la troisième molaire, plus près de l'échancrure sigmoïde que du bord inférieur.

Balogh et Csiba (1966) ont mené une étude portant sur 226 mandibules (124 du Moyen-âge et 97 plus récentes) dans le but de repérer le FM par rapport aux bords de la branche montante. Leurs résultats sont les suivants :

- La distance moyenne entre le point le plus bas situé du bord antérieur du FM et le fond de l'échancrure sigmoïde est de 26 mm
- La distance moyenne entre le point le plus bas situé du bord antérieur du FM et le bord inférieur de la mandibule (suivant un axe prolongeant le précédent) est de 21 mm.

De plus, les auteurs ont évalué avec précision la variation de la localisation du FM :

- Le FM droit est situé à mi-hauteur de la branche montante dans 15,8 % des cas, au-dessus du plan bissecteur dans 24,4 % des cas, en dessous dans 59,7% des cas.
- Le FM gauche est situé à mi-hauteur de la branche montante dans 15,3 % des cas, au-dessus du plan bissecteur dans 23,9 % des cas, en dessous dans 60,6% des cas.

- Horizontalement, le FM droit occupe une position médiane dans 22,6 % des cas, plus antérieure dans 71,9 % des cas, plus postérieure dans 5,4 % des cas.
- Le FM gauche occupe une positon médiane dans 20,3 % des cas, plus antérieure dans 75,1% des cas, plus postérieure dans 4,5 % des cas.

Hayward *et al* (1977) ont étudié la position antéro-postérieure du FM sur une ligne parallèle au plan occlusal. Les distances qu'ils ont mesurées sont (voir figure 3): bord antérieur du ramus -bord antérieur du FM, bord postérieur du FM – bord postérieur du ramus, largeur du FM (à partir de laquelle ils définissent mathématiquement le centre du FM), bord antérieur du ramus – centre du FM, centre du FM – bord postérieur du ramus.

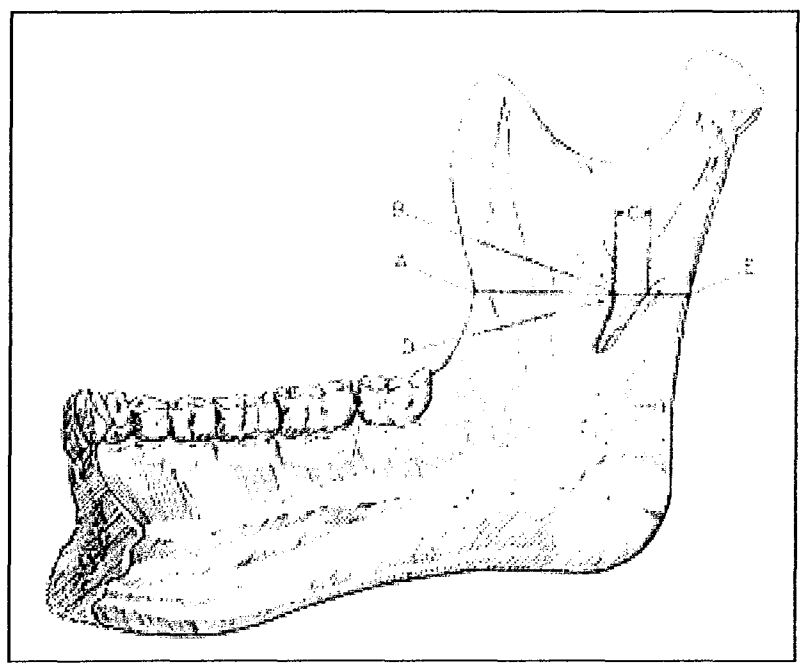


Figure 3 : Repérage de la position antéro-postérieure du FM d'après Hayward et al (1977) : A : bord antérieur du ramus, B : bord antérieur du FM, C : largeur antéro-postérieure du FM, D : épine de Spix, E : bord postérieur du ramus.

Leurs résultats sont les suivants :

	Asiatiques (n= 45)	*Américains (n= 62)*
Côté droit	(mm)	(mm)
Bord antérieur du ramus - bord antérieur du FM	15,67	15,21
Largeur du FM	8,1	8,6
Bord postérieur du FM - bord postérieur du ramus	7,04	6,44
Bord antérieur du ramus - centre du FM	19,7	19,74
Centre du FM - bord postérieur du ramus	11,09	10,83
Côté gauche	(mm)	(mm)
Bord antérieur du ramus - bord antérieur du FM	15,73	15,13
Largeur du FM	8,52	8,9
Bord postérieur du FM - bord postérieur du ramus	5,75	6,06
Bord antérieur du ramus - centre du FM	19,78	19,18
Centre du FM - bord postérieur du ramus	10,79	10,63

Tableau 1 : Position du FM selon Hayward et al (1977).

Il semble toutefois que ce que les auteurs définissent comme étant le FM est en fait la dépression située en arrière et en haut de celui-ci, le *sulcus retrotoralis*. De même, le bord antérieur de ce qu'ils nomment le FM serait en fait l'épine de Spix, caractérisée comme nous allons le voir par un développement extrêmement variable.

Les auteurs concluent que le centre du FM (en fait le centre *du sulcus retrotoralis*) se trouve toujours dans le troisième quart de la largeur antéro-postérieure du ramus. Ils ne relèvent pas de différences significatives d'un côté à l'autre ou d'une population à l'autre quant à la position du FM et sa largeur. Ils indiquent toutefois une grande variabilité de la distance entre le bord antérieur du ramus et le bord antérieur du FM. S'agissant en fait de l'épine de Spix, il ne serait pas étonnant de lui trouver une telle variabilité.

Les résultats des différents travaux présentés sont résumés ci-après :

Auteur	Position verticale	Position horizontale
Olivier (1949)	Plus près du bord supérieur du ramus	
Paturet (1951)	Plus près du bord supérieur du ramus	milieu du ramus
Szolokozy-Syllaba (1953)	milieu du ramus	milieu du ramus
Pelletier (1969)	milieu du ramus	milieu du ramus
Balogh et Csiba (1966)	26 mm du bord supérieur 21 mm du bord inférieur	
Hayward et al (1977)		19,7 mm du bord antérieur 11,09 mm du bord postérieur troisième quart antéro-postérieur

Tableau 2 : tableau récapitulatif des études portant sur la position du foramen mandibulaire au sein du ramus.

On constate qu'en ce qui concerne la position verticale du FM, les résultats sont extrêmement variables : il serait plus près du bord supérieur pour certains (Olivier, 1949 ; Paturet, 1951), au milieu du ramus pour d'autres (Szolokozy-Syllaba,1953 ; Pelletier, 1969) ou plus près du bord inférieur pour Balogh et Csiba (1966). Toutefois, nous admettrons que le FM est *proche* du milieu vertical du ramus.

Quant à sa position horizontale, les avis, là aussi, divergent : est-il situé au milieu du ramus (Paturet,1951 ; Szolokozy-Syllaba,1953 ; Pelletier,1969) ou au troisième quart antéro-postérieur (Hayward *et al*, 1977) ?
Si l'on excepte ce dernier résultat, on peut considérer d'après la majorité des travaux que le FM est *proche* du milieu horizontal du ramus.

Nous noterons enfin qu'hormis Balogh et Csiba, les auteurs ne précisent pas ce qu'ils nomment foramen mandibulaire (et donc ce qu'ils localisent), ce qui laisse planer une certaine incertitude.

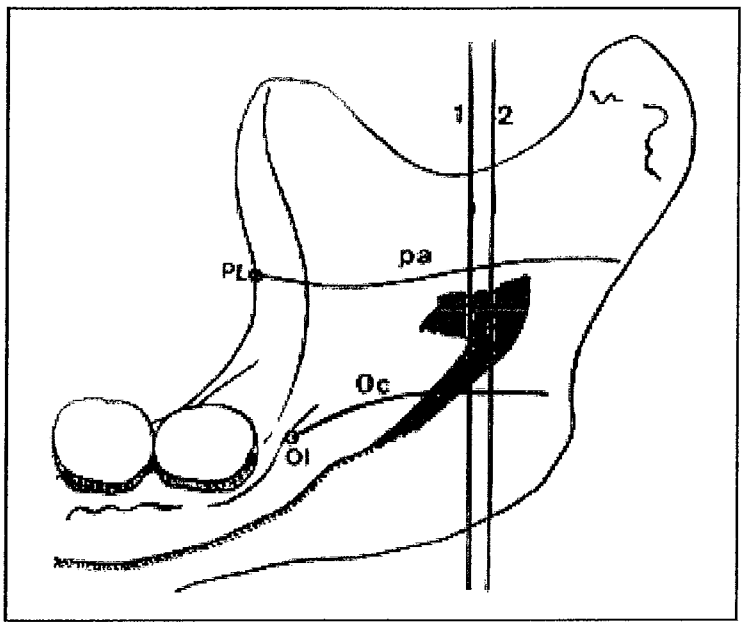


Figure 4 : Repères mandibulaire du système de Moscovici (1952) : Oc : ligne occlusale, pa : ligne paralèlle, PL : point de Lindsay, OI : intersection de la ligne oblique interne et de la ligne occlusale, 1 : verticale tangente à la pointe de l'épine de Spix ; 2 : verticale passant par le centre du FM.

1.1.1.2.2.2- Par rapport au corps mandibulaire.

Selon Olivier (1949), le FM se situerait dans le prolongement du rebord alvéolaire, à 18 mm en moyenne en arrière de l'alvéole de la troisième molaire (avec des variations tenant à la largeur de la branche montante qui empêchent la prise en compte de cette alvéole comme repère) et à 30 mm en moyenne de l'alvéole de la deuxième molaire.
Paturet (1951) situe le FM à 2 cm de la partie moyenne de l'alvéole de la troisième molaire.

1.1.1.2.2.3- Autres méthodes.

Merkel (in Rouvière et Delmas, 2002) utilise des repères extra-buccaux et le situe au milieu d'une ligne menée du tragus à l'angle antéro-inférieur du muscle masseter. Cette technique a l'avantage d'utiliser des repères extérieurs à la branche montante.

Moscovici (1952), dans une étude portant sur 50 mandibules, retient les repères suivants (voir figure 4):

- Le point de Lindsay (PL), point le plus profond de la concavité de la lèvre externe du bord antérieur de la branche montante.
- Le point d'intersection de la ligne occlusal et de la ligne oblique interne (OI).
- La ligne occlusale contenue dans le plan d'occlusion centrée.
- La ligne parallèle, passant par le point de Lindsay et parallèle à la précédente.
- Deux lignes verticales perpendiculaires aux précédentes, l'une tangente à la pointe de l'épine de Spix, l'autre passant par le centre du FM.

Sa principale conclusion concernant le FM est la suivante :

- La ligne tangente au centre du FM est distante de 14,4 à 19,6 mm du point OI, et de 18,5 à 23,2 mm du point de Lindsay.

Remarquons toutefois que là encore la zone anatomique désignée sous le nom de foramen mandibulaire semble correspondre au *sulcus retrotoralis.*

D'autres conclusion de cette étude concernent l'épine de Spix et seront vues dans le paragraphe 1.1.1.3.

Hetson et al (1988), en effectuant une analyse statistique multivariée de la position du FM, ont établi que les deux mesures les plus prédictives de la position du FM sont l'angle goniaque et la plus petite largeur antéro-postérieure du ramus. A partir d'un calcul informatique basé sur 100 mandibules, ils ont élaboré l'équation suivante :

Distance FM -plus petite largeur ramale = 4,7 + (122°-angle goniaque)x 2,5 + (largeur ramale-30,8)x 2,43

↑

Dans une direction supero-inférieure (voir **figure**)

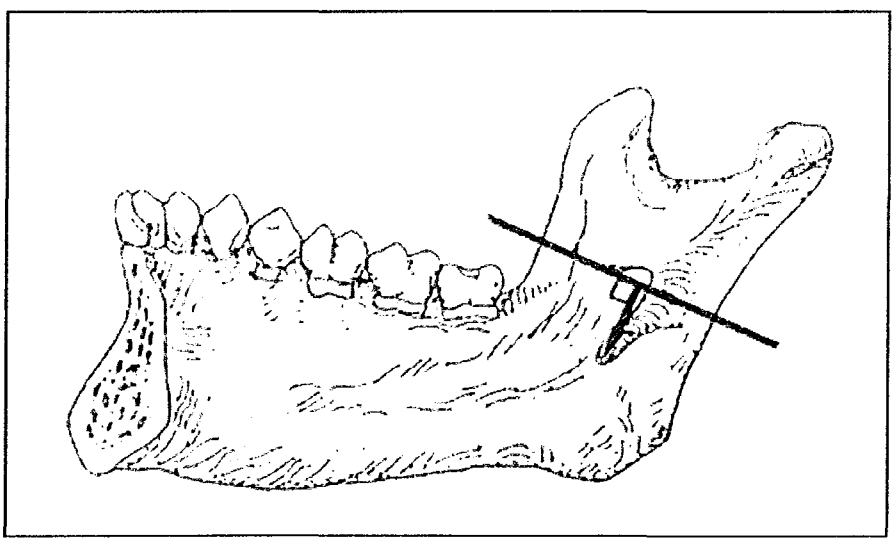


Figure 5 : distance entre le FM et la plus petite largeur ramale (d'après Hetson *et al*, 1988)

Pour résumer, plus l'angle goniaque est élevé et le ramus effilé, plus le FM est haut ; à l'inverse, plus l'angle est aigu et le ramus large, plus le FM est bas.

Ce fait peut s'expliquer à la lumière de la théorie des matrices fonctionnelles de Moss (1962) : si le paquet vasculo-nerveux alvéolaire inférieur est considéré comme une matrice, la croissance de la mandibule n'altérera pas sa position, qui restera stable. Ainsi en cas de croissance importante de la mandibule matérialisée par un angle goniaque obtus et un ramus effilé, le FM, gardant sa position propre (indépendante de la mandibule), se situera proportionnellement plus haut au sein du ramus. La mandibule, au cours de la croissance, « glissera » autours des éléments vasculo-nerveux, n'affectant pas (ou peu) leur position. Nous reviendrons sur ce point.

Ces résultats induisent également, comme l'ont énoncé Hetson *et al*, une application clinique intéressante puisqu'elle permet de moduler la technique de l'anesthésie à l'épine de Spix en fonction de la typologie mandibulaire :

- En cas d'angle goniaque faible, de ramus large et d'une malocclusion de classe II avec mandibule hypoplasique, l'injection devra être pratiquée plus bas.
- En cas d'angle goniaque important, d'un ramus fin et d'une malocclusion de classe III avec mandibule hyperplasique, l'injection devra être pratiquée plus haut.

1.1.1.2.2.4- Application à la clinique.

Nous pouvons déduire des différents travaux consultés des indices de repérage du FM dans le cadre de l'anesthésie loco-régionale du nerf alvéolaire inférieur.

Le FM se situe :

- Approximativement au centre géométrique du ramus (repérable par exemple sur une radiographie panoramique).
- A environ 2 cm du bord antérieur du ramus dans le sens horizontal.
- Dans une situation verticale modulable en fonction de la typologie mandibulaire.

1.1.1.2.2.5- Importance de la position du FM.

Le FM occuperait une position essentielle au sein de la mandibule. Koski et Varrela (1997) ont démontré que le point reliant les axes médians du corps mandibulaire, du processus condylien et du processus coronoïde se situe invariablement au niveau du FM, qui constituerait la limite postérieure du corps mandibulaire. Cet aspect, loin d'être anodin, s'explique comme nous allons le voir par le développement de la mandibule et le rôle primordial qu'y joue le nerf mandibulaire.

Nous verrons (1.1.1.6) qu'à côté de son importance liée au développement de la mandibule, le FM joue également un rôle dans la cinématique mandibulaire.

1.1.1.2.3- Foramina accessoires.

Kocsis (1945) note l'existence de plusieurs *foramina supralingularis* visibles à l'œil nu ou à la loupe, trop souvent négligés en anatomie. Cette conformation est sans commune mesure avec les foramina accessoires évoqués dans la littérature, tels qu'un seul petit foramen mandibulaire accessoire retrouvé dans 5,2% des cas (Pastor-Vasquez *et al*, 2001), ou un foramen rétro-molaire, plus habituel (21,9% des cas selon Narayana *et al*, 2002).

Une étude de 2003 (Narayana et Prashanti, 2003) fait état d'un cas de large foramen mandibulaire accessoire sur un échantillon de 335 mandibules indiennes. Ce foramen est présent sur le côté droit, à 11 mm au-dessus et en haut du foramen normal, et à 4 mm de l'apex de la *lingula*. Son diamètre est de 10 mm horizontalement (contre 7 mm pour le FM normal) et 5 mm verticalement (5mm pour le FM normal). Ce foramen conduit à un canal situé latéralement et au dessus du canal mandibulaire et rejoignant se dernier sous la 3ème molaire. L'incidence d'un large FM accessoire n'est reportée dans cette étude que pour la population sud-indienne ; son incidence à l'échellon mondial n'est à ce jour pas connue.

D'autre part, les auteurs ne mentionnent pas à quels structures anatomique ce foramen livre passage, toutefois son éventualité doit rester à l'esprit lors des procédures chirurgicales et anesthésiques.
La présence d'un ou de plusieurs foramina accessoires au dessus de l'épine de Spix peut-elle enfin expliquer les échecs d'anesthésie loco-régionales, particulièrement lorsque l'injection est pratiquée trop bas ?

1.1.1.3- L'épine de Spix

La berge antérieure du FM, parfois arrondie, est le plus souvent acuminée ; elle se prolonge alors par un éperon triangulaire, l'épine de Spix ou *Lingula mandibulae*. Elle a été à l'origine décrite par Johannes-Baptist Spix en 1815.

1.1.1.3.1- Morphologie

L'impression qui ressort à la lecture de la littérature médicale standard est que cette formation osseuse a, comme son nom l'indique, toujours une forme de langue (ou de triangle).
Cette vision stéréotypée n'est absolument pas adaptée, comme le montre un examen des travaux publiés à ce sujet.

Périer (1934-1935) a distingué trois types Spixiens A, B et C à partir de l'étude de 81 mandibules genévoises et de 40 mandibules de Boshimans :

- Type A (ou type lamellaire) : la dépression prolongeant en haut et en arrière le FM, ou sulcus retrotoralis, est oblitérée au tiers voire à la moitié par une lamelle papyracée

triangulaire issue du bord antérieur du sulcus. C'est là une authentique épine de Spix. Cette configuration se retrouve chez 41% des genévois et 55% des Boshimans.

- Type B : Le sulcus retrotoralis n'est pas recouvert, il s'ouvre largement en dedans et est limité antérieurement par une crête rectiligne verticale qui naît, en haut, d'un tubercule mousse et se poursuit en bas par la partie antérieure du bord du FM. Le type B est présent chez 55% des genévois et 5% des Boshimans.
- Type C (ou type falciforme) : Ne montre aucune trace de *Lingula*. L'oblitération du sulcus retrotoralis est cependant complète, mais réalisé par une lame osseuse épaisse en parfaite continuité avec la surface osseuse de la branche montante. Ce type est rencontré chez 30% des Boshimans étudiés et est absent chez les genévois.

Depreux (1958) distingue lui aussi trois types spixiens et par là même trois types de FM :

- Type effacé (15%) : La limite antérieure du FM est formée par un bord abrupte, tranchant, à légère convexité postérieure délimitant par sa partie inférieure le sillon mylo-hyoïdien. Le FM n'est pas masqué par une lamelle osseuse, ce qui facilite l'anesthésie loco-régionale à l'épine de Spix.
- Type moyen (60%) : morphologie décrite classiquement. L'épine de Spix est triangulaire à base large et à sommet postéro-supérieur. Le FM est peu profond mais est en partie masqué d'où une certaine difficulté technique pour l'infiltration.
- Type saillant (25%) : Epine saillante, à sommet aigu postéro-supérieur et à base très étalée occupant les trois-quarts inférieurs de la limite antérieure du FM. Ce dernier est très profond et limité en dedans par un véritable mur osseux obturant en partie le FM. Dans ce cas, l'anesthésie sera difficile.

Libersa et al (1975) ont élaboré, à partir d'une population belge homogène du haut moyen-âge, une classification simplifiée des types morphologiques de l'épine de Spix :

- Première catégorie : Epines à peine ébauchées, repèrables uniquement à la palpation de la berge antero-postérieur du sulcus mandibulaire (sulcus retrotoralis). Représente 40% des mandibules étudiées.
- Deuxième catégorie : Epines à développement moyen, aisément repèrables mais ne correspondant pas aux descriptions classiques d'épine hautes de 4 à 5 mm. Représente 45% des cas.
- Troisième catégorie : Epines correspondant aux descriptions habituelles, rencontrées dans 15 % des cas.

Il semble ici que l'épine de Spix telle qu'elle classiquement décrite représente une minorité des cas. Il faut toutefois préciser que l'échantillon utilisé est biaisé puisque représenté par une seule population homogène, dont les individus sont tous caractérisés par un morphotype cranien particulier (brachycéphalie).
Il n'existe aucune symétrie dans la morphologie des épines droite et gauche d'une même mandibule : dans 20 % des cas les 2 épines ont été classée dans des catégories morphologiques différentes. Ce point nous conduit à penser que la morphologie de l'épine de Spix n'est pas programmée génétiquement.
Notons qu'au cours de leurs observations, les auteurs ont rencontré un type inhabituel d'épine de Spix, possédant deux pointes.

Tuli *et al* (2000) ont récemment proposé (à partir de165 mandibules indiennes) une classification basée uniquement sur la forme de l'épine de Spix, et non sur son degré de développement (voir figure 6):

- *Type 1* : *Lingula* triangulaire, à base large et à extrémité pointue ou arrondie (68,5 %). Dans 89,4 % des cas, la pointe est dirigée vers le condyle, dans 10,6 % des cas vers le bord postérieur. Le bord supérieur du triangle est partiellement attaché au ramus dans 88,5 % des cas, totalement libre dans 11,5 % des cas.

- *Type 2* : *Lingula* tronquée, à extrémité quadrangulaire (15,8 %). L'angle supérieur du quadrilatère est dirigé vers le condyle, l'angle inférieur vers le bord postérieur. Le bord postérieur peut être convexe vers l'arrière (69,2 %), droit (19,2 %) ou concave (11,5 %).
- Type 3 : *Lingula* Nodulaire, n'émergeant pas du ramus sauf à son apex, nodulaire (10,9%)
- Type 4 : *Lingula* assimilée, complètement incorporée dans le ramus (4,8 %).

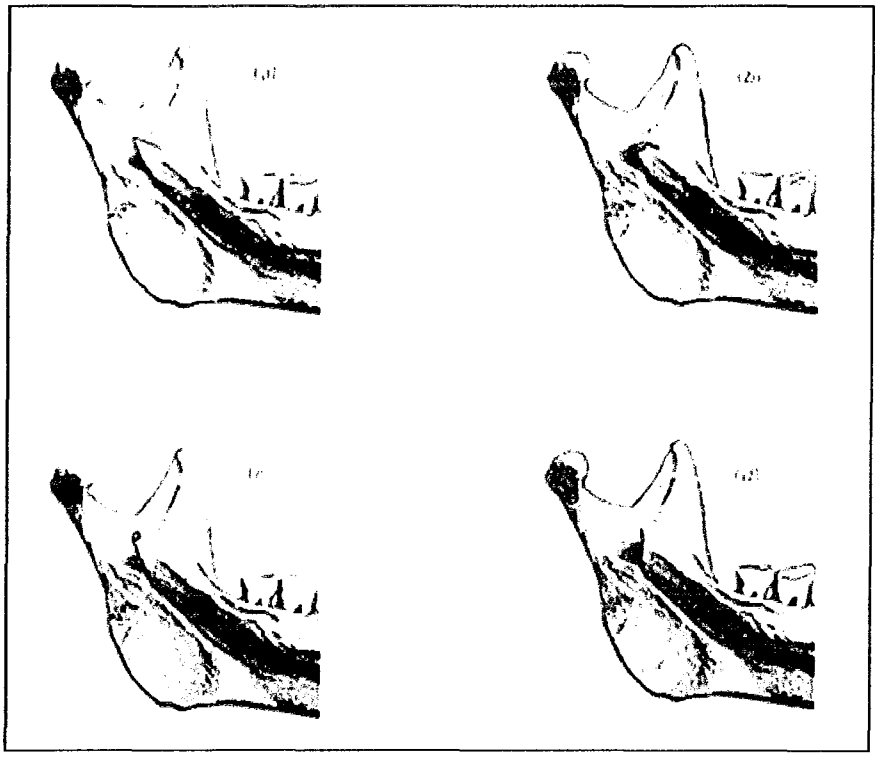


Figure 6 : Classification des formes d'épines de Spix selon Tuli *et al* (2000).
a : type 1, triangulaire. b : type 2, tronquée. c : type 3, nodulaire. d : type 4, assimilée.

On observe que la proportion de *lingula*e peu développées (types 3 et 4, représentant 15,7 %) ne correspond pas à celle retrouvée par les auteurs précédents (40 %). Ces deux études se basant sur deux populations distinctes (Belges et indiens), on peut supposer une variabilité inter-populationnelle de la répartition des types spixiens.

Les auteurs signalent que dans 95,2 % des cas le type de *lingula* était le même à droite et à gauche. Dans les autres cas, ils observent une *lingula* triangulaire associée à une *lingula* tronquée ou une *lingula* assimilée associée à une *lingula* nodulaire. Ce résultat en total contradiction avec les travaux de Libersa *et al* nous amène à nuancer notre hypothèse d'absence de déterminisme génétique de la forme de la *lingula*. Il pourrait exister une prédisposition génétique, non pas à un morphotype spixien précis mais plutôt à un morphogroupe : un morphogroupe spixien « robuste » ou à « hyper-développement » (regroupant les morphotypes triangulaire et tronqué, ici associés bilatéralement) et un morphogroupe « gracile » ou à « hypo-développement » (morphotypes assimilé et nodulaire).

La dernière conclusion de ce travail, celle d'un dymorphisme sexuel, abonde dans ce sens : le type tronqué est 2 fois plus fréquent chez les hommes et le type nodulaire 2 fois plus fréquent chez la femme. Cette prédisposition génétique pourrait intervenir grâce à une programmation de la forme de la *lingula*, ou par l'intermédiaire de facteurs endocriniens entraînant localement une calcification du ligament sphéno-mandibulaire, par exemple. Toutefois l'hypothèse d'un déterminisme génétique n'est pas exclusive et une hypothèse alternative est envisageable, mettant en jeu des facteurs fonctionnels : une sollicitation plus importante de l'épine de Spix *via* le ligament sphéno-mandibulaire (voir *1.1.1.6.3*) pourrait entraîner un hyper développement, une robustesse de celle-ci, à la manière d'une exostose. La sollicitation serait, en ce cas, plus importante chez l'homme que chez la femme mais serait identique (en cas de morphotypes bilatéralement identiques) ou similaire (en cas de morphotypes différents mais de morphogroupe identique) à droite et à gauche chez un même individu.

1.1.1.3.2- Position

1.1.1.3.2.1- Par rapport aux bords du ramus.

Perier (1955) soulève le problème du repérage de l'épine de Spix sur une mandibule privée de molaire : la *lingula* se situerait en moyenne à 11-12 mm en arrière du point le plus déclive de la crête temporale (*crista temporalis*).

Les résultats de Depreux (1958) quant à la position de l'épine de Spix sont les suivants :

- D'une façon générale, elle est située aux deux tiers postérieurs du ramus.
- Dans un tiers des cas, elle est à égale distance des bords antérieur et postérieur.
- Plus l'angle goniaque est faible, plus l'épine de Spix sera postérieure. Ce point sera commenté plus loin.
- La distance horizontale entre l'épine de Spix et la lèvre interne du bord antérieur du ramus est en moyenne de 12,8mm, avec des variations comprises entre 8,5 mm et 17 mm en fonction de l'angle goniaque.
- L'épine de Spix se situe à l'union du tiers supérieur et des deux tiers inférieurs du ramus.

Balogh et Csiba (1966) font état des résultats suivants :

- La distance horizontale moyenne entre la crête temporale et la pointe de l'épine de Spix est de 23 mm.
- La distance horizontale moyenne entre la pointe de l'épine de Spix et le bord postérieur du ramus est de 27 mm.

Libersa *et al* (1975) ont étudié la position verticale et horizontale de l'épine de Spix :

- En hauteur, elle se situe en moyenne à 65,4 % de la hauteur prise du bord inférieur au fond de l'échancrure sigmoïde.
- En largeur, elle se situe à 51,3 % de la largeur à partir du bord antérieur.
- Il n'existe pas de symétrie dans la situation de l'épine de Spix : dans 58 % des cas elle se situe plus haut à gauche qu'à droite et dans 60 % des cas plus postérieure à droite qu'à gauche.

A partir de mandibules françaises de la collection de référence, Carré (1978) a mesuré la hauteur verticale séparant le sommet de l'épine de Spix du bord inférieur de la mandibule reposant horizontalement sur sa base. Il attribue les valeurs suivantes (en mm) à la hauteur de la *lingula* :

Côté droit		
Hommes :	moyenne	31,95
	Effectif	51
	Ecart-type	3,64
	Coefficient de variabilité	11,39
Femmes :	moyenne	27,53
	Effectif	46
	Ecart-type	3,15
	Coefficient de variabilité	11,45

Côté gauche		
Hommes :	moyenne	32,05
	Effectif	51
	Ecart-type	3,67
	Coefficient de variabilité	11,46
Femmes :	moyenne	27,82
	Effectif	46
	Ecart-type	2,81
	Coefficient de variabilité	10,1

Tableau 3 : Position verticale (en mm) de l'épine de Spix par rapport au bord inférieur de la mandibule (d'après Carré, 1978).

Les résultats des différents travaux consultés sont présentés ci-dessous :

Auteurs	Position horizontale	Position verticale
Périer (1955)	11-12 mm de la crête temporale	
Depreux (1958)	2/3 postérieurs du ramus milieu du ramus dans 1/3 des cas 12,8 mm du bord antérieur	Union 1/3 supérieur et 2/3 inférieurs
Balogh et Csiba (1966)	23 mm du bord antérieur 27 mm du bord postérieur	
Libersa *et al* (1975)	51,3% de la largeur antéro-postérieure	65,4% de la hauteur inféro-postérieure
Carré (1978)		environ 30 mm du bord inférieur

Tableau 4 : Résumé des résultats des différents travaux portant sur la situation de l'épine de Spix au sein du ramus mandibulaire.

Ces résultats peuvent être synthétisés de la manière suivante :

- L'épine de Spix se situe selon 2 auteurs (Périer, 1955 et Depreux, 1958) à environ 12 mm du bord antérieur. Ce résultat devant être soumis à caution puisque d'après les résultats des localisations (plus nombreuses) du FM, on s'aperçoit que l'épine de Spix est ici localisée plus antérieurement que le FM, ce qui défie toute logique puisque la pointe de cette dernière surplombe postérieurement l'orifice. Le résultat de Balogh et Csiba (1966) semble plus probable : l'épine de Spix se situe à environ 25 mm du bord antérieur.
- L'épine de Spix se situe verticalement à l'union du tiers supérieur et des deux tiers inférieurs du ramus, les travaux de Depreux (1958) et Libersa *et al* (1975) concordant à ce sujet.

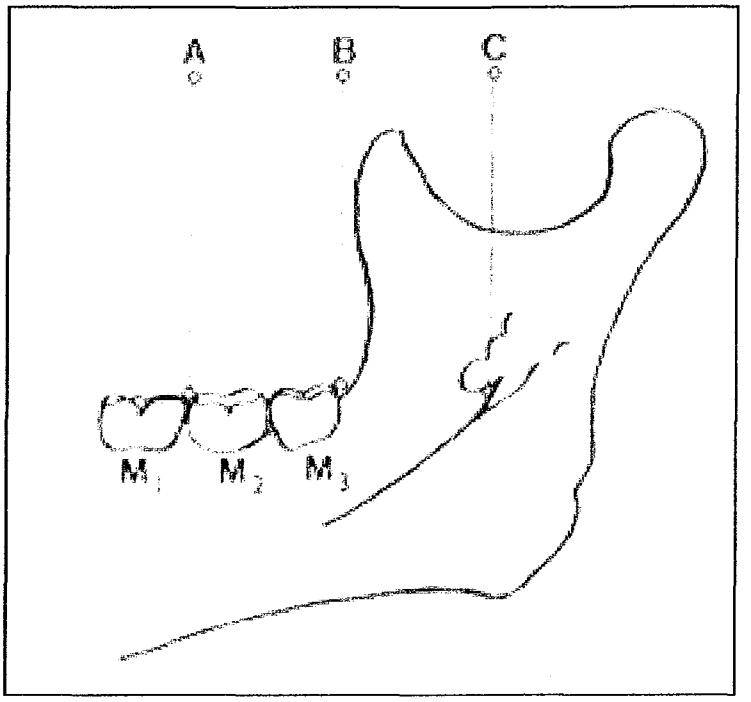


Figure 7 : Repérage de l'épine de Spix d'après Périer (1955).
A : Verticale passant par le point de contact entre les deux premières molaires,
B : Verticale passant par le point le plus distal de la troisièmemolaire,
C : Verticale passant par la *lingula*.

(en mm)	HOMMES			FEMMES		
	moyennes	*minima*	*maxima*	*moyennes*	*minima*	*maxima*
A C	27,5	22	31	23,6	19	27
B C	20,5	12	25	18,7	13	25

Tableau 5 : Position horizontale de l'épine de Spix selon Périer (1955).

1.1.1.3.2.2- Par rapport aux dents et aux alvéoles.

Selon Moscovici, l'épine de Spix se situe au dessus de la ligne occlusale, en moyenne à 4,4 mm + /- 2,8.

Perier (1955) utilise pour le repérage de l'épine de Spix un point A passant par le point de contact entre les deux premières molaires, un point B passant par le point le plus distal de la troisième molaire et un point C représentant la pointe de la *lingula* (voir figure 7).
Les résultats de cette étude (tableau 5) révèlent un dimorphisme sexuel significatif.
Selon cet auteur, le point supérieur de l'épine de Spix se situe à 3 ou 4 mm au-dessus du plan d'occlusion chez l'homme et à 2 ou 3 mm chez la femme.
Enfin, dans le but de repérer avec exactitude l'épine de Spix par rapport au plan d'occlusion, Périer formule, à partir d'une centaine de mandibules, le résultat suivant : en aucun cas la droite passant par le sommet de la *lingula* et courant parallèlement à la face interne de la branche montante ne coupe l'arcade dentaire sur l'hémimandibule opposée, mais toujours du même côté, entre l'incisive latérale et la première prémolaire.

Selon Depreux (1958), l'épine de Spix est située entre 15 mm et 17 mm au dessus du plan d'occlusion, et entre 20 et 23 mm du rebord alvéolaire.

Nous observons donc que la situation verticale de l'épine de Spix par rapport au plan d'occlusion varie considérablement selon les auteurs et est soit plus haute, soit plus basse que celle décrite classiquement pour la pratique de l'anesthésie loco-régionale à l'épine de Spix (1 cm). L'épine de Spix se situe selon les auteurs entre 2 et 17 mm au-dessus du plan d'occlusion, qui ne constitue donc pas un bon référentiel.

1.1.1.3.2.3- Autres méthodes.

Les conclusions de Moscovici (1952, voir figure 4) concernant la position de l'épine de Spix sont les suivantes :

- La *lingula* se situe en dessous de la ligne parallèle (voir figure 4), en moyenne à 5,3 mm+/- 3.
- La ligne tangente au bord libre de la *lingula* est distante de 14,1 mm en moyenne du point OI, et de 17,9 mm en moyenne du point de Lindsay. Le premier résultat concorde avec les résultats de localisation de l'épine de Spix par rapport au bord antérieur du ramus.

Libersa *et al* (1975) ont mis en rapport la position de l'épine de Spix avec la morphologie cranio-faciale. Ils en ont tiré les conclusions suivantes :

- Plus le ramus est large, plus l'épine est proportionnellement postérieure.
- Plus l'angle goniaque est élevé, plus l'épine est proportionnellement haut située, et plus elle est proportionnellement en situation postérieure.
- Il n'existe aucune corrélation entre l'indice céphalique et la situation de l'épine.

Le deuxième point confirme les résultats de Hetson *et al* (1988) quant à la position du FM et son indépendance par rapport à la croissance mandibulaire. Il complète ce fait en mettant en relation l'angle goniaque et la situation antéro-postérieure de l'épine de Spix. Cependant, il entre en contradiction avec les conclusions de Depreux (1958) selon qui l'épine de Spix est d'autant plus postérieure que l'angle goniaque est petit. Nous aurions tendance à attribuer une plus grande véracité aux conclusions de Libersa *et al.* En effet, un angle goniaque élevé s'accompagne d'un col du condyle incliné vers l'avant. De ce fait, la croissance du ramus s'effectuera dans une direction plus antérieure ; sous l'hypothèse

d'une stabilité du FM au cours de la croissance, ce dernier aurait tendance à reculer au sein du ramus.

1.1.1.3.2.4- Situation relative au FM.

Selon Périer (1955), le point supérieur de l'épine de Spix se situe, en moyenne, à 7 ou 8 mm de l'entrée du canal mandibulaire, sans préciser la direction de la mesure. Bell (1992) situe l'épine de Spix à 8,3 mm au dessus du FM.
Ces faits nous conduit à penser que l'épine de Spix ne peut servir de repère fiable pour la localisation du FM, ces deux éléments occupant des positions trop indépendantes ; de plus, comme nous l'avons vu précédemment, l'épine de Spix présente de trop grandes variations en taille, en forme, voire parfois du fait de son inexistence.

1.1.1.3.3- Rôle

La signification de l'épine de Spix est encore à l'heure actuelle mal connue. Selon Garg et Townsend (2001), sa morphologie ne serait pas liée à la taille de l'attache du LSM, suggérant une autre explication peut-être liée à un dérivé de l'arche mylo-hyoïdienne ou au bord antérieur du sillon mylo-hyoïdien. Nous aborderons plus loin (*1.1.1.6*) le rôle de l'épine de Spix en liaison avec celui du ligament sphéno-mandibulaire.

1.1.1.4- L'antilingula

Yates *et al* (1976), dans une étude portant sur 75 mandibules, identifient une *antilingula* dans 44% des cas, l'identifient comme mal définie dans 41% des cas et absente dans 15% des cas. Langston et Tebo (1977), dans une étude portant sur 50 mandibules,

identifient une *antilingula* dans tous les cas. Dans ces 2 études portant sur des mandibules sèches, les méthodes d'identification ne sont pas précisées. Martone *et al* (1993), dans une étude de 63 mandibules, ne l'identifient que dans 42% des cas. Pogrel *et al* (1995) enfin, utilisant une méthode d'identification par palpation, identifient une *antilingula* dans tous les cas mais avec une variation de plus de 11 mm dans sa localisation par les différents observateurs.

Martone *et al* (1993) observent une distance moyenne de 4,8 mm entre le FM et l'*antilingula* et une position du FM plus souvent postero-inférieure à l'*antilingula.* Langston et Tebo (1977) notent que la position de l'*antilingula* varie de 4,7 mm en arrière à 4,7mm en avant du FM, et de 0,9 mm à 16,2 mm en haut du FM. Ils la localisent en avant du FM dans 66% des cas. Selon Yates *et al* (1976), l'*antilingula* est supéro-antérieure au FM dans 81% des cas. Ces auteurs situent l'*antilingula* à moins de 3 mm du FM dans 18% des cas, à moins de 5mm dans 37% des cas et entre 5 et 10 mm dans 35,5% des cas. Nous remarquons que dans aucune de ces études, le point identifié comme étant l'*antilingula* ne correspond à la description classique de ce relief, qui est censé limiter postérieurement le FM et est d'ailleurs utilisé à ce titre en chirurgie orthognatique comme repère postérieur du FM afin d'éviter toute lésion du nerf. A quoi peut-on attribuer cet illogisme ? A une erreur d'identification ? Selon Pogrel *et al* (1995), le point identifié comme étant l'*antilingula* se révèle être la *lingula* dans 17,5% des cas. De même, dans 68,3% des cas, l'*antilingula* est localisée au dessus et en avant de la *lingula*, ce qui constitue là encore un illogisme par rapport à la définition classique de l'*antilingula.*

Nous observons donc qu'à l'heure actuelle, l'identification et la localisation (voir même son existence ?) de l'*antilingula* souffre de grandes incertitudes, et ceci est d'autant plus que ce point est utilisé comme repère chirurgical

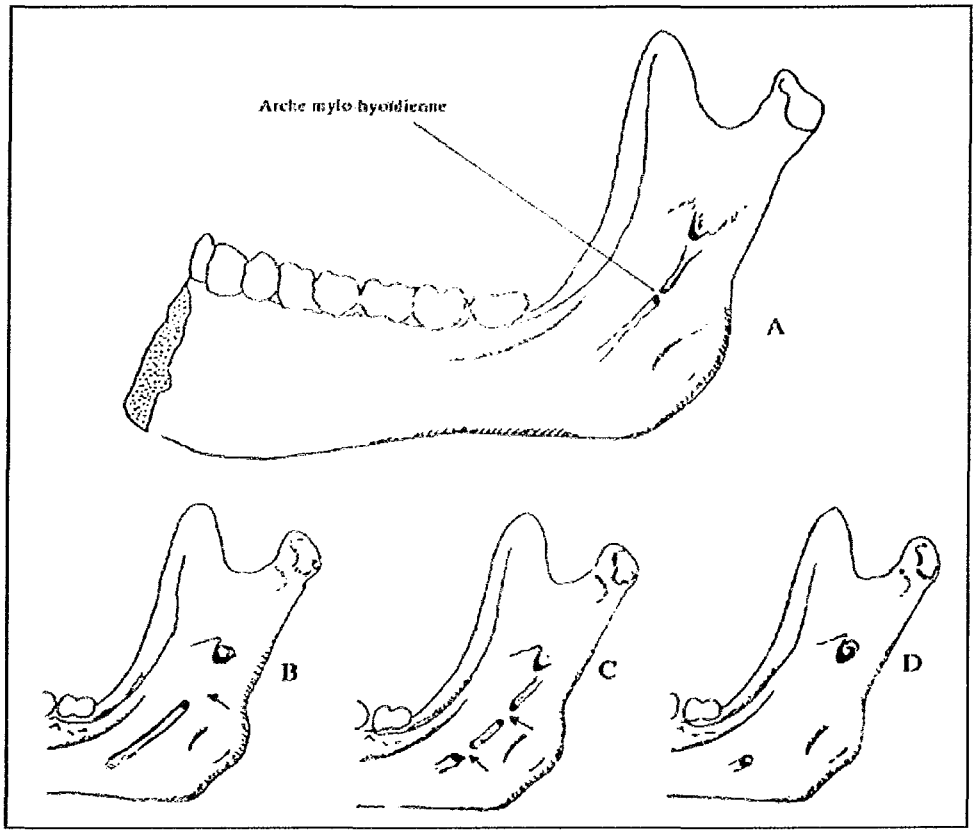


Figure 8 : Classification des types d'arche mylo-hyoïdienne (d'après Kaul et Pathak, 1984).
A : Premier type (type commun). B : Second type, morphologie habituelle.
C : Forme discontinue du second type. D : Forme étendue du second type.

L'incidence des lésions du nerf alvéolaire inférieur lors d'ostéotomies utilisant l'*antilingula* comme guide est d'ailleurs de 30% (Hall *et al*, 1987).

1.1.1.5- Arche mylo-hyoïdienne.

1.1.1.5.1- Description.

Ossenberg (1974a) a décrit une conformation particulière de l'*area perilingualis*, qu'il nomme arche mylo-hyoïdienne. Il s'agit selon lui d'un plateau osseux recouvrant le sillon mylo-hyoïdien sur une longueur variable et plus ou moins continue en le transformant en un canal. On lui reconnaît deux types principaux (Ossenberg, 1974a, Lundy, 1980) (voir figure 8):

- Le premier type, le plus commun, s'étend d'un point situé quelques millimètres en avant du FM, jusqu'à la limite antérieure de la zone d'insertion du muscle ptérygoïdien interne.
- Dans le second type, l'arche naît de la *lingula* et s'étend postérieurement, couvrant le foramen mandibulaire. Antérieurement, elle s'étend jusqu'au corpus. Périer (1955) décrivait avant Ossenberg une lamelle osseuse réunissant *lingula* et *antilingula*, « *transformant la gouttière en une sorte d'entonnoir ouvert vers le haut et l'arrière et au fond duquel se trouve le foramen mandibulaire.* ». Selon Ossenberg (1974a), ce type d'arche mylo-hyoïdienne est fréquemment discontinu (pérforé). Il pourrait s'agir de ce que Smith (1978) nomme forme horizontale-ovale du foramen mandibulaire (HOFM).

Cependant cette classification dichotomique présente l'inconvénient de ne représenter que la présence ou l'absence du trait, et non son degré de développement. Or l'arche mylo-hyoïdienne peut varier d'une simple ébauche sur les berges du sillon mylo-hyoïdien à un

tunnel complet du FM au corps mandibulaire (Kaul et Pathak, 1984). De plus, les auteurs ne précisent pas à partir de quel stade l'arche mylo-hyoïdienne est considérée comme présente ou absente. Pour Ossenberg (1981), la présence d'une arche mylo-hyoïdienne correspond à un sillon mylo-hyoïdien complètement recouvert par un pont osseux sur une partie de son trajet, une ossification partielle correspondant quant à elle à une absence d'arche.

L'intérêt pratique de cette anomalie est évident : elle peut en effet limiter l'efficacité de l'anesthésie loco-régionale à l'épine de Spix et renforce la validité de la recommandation selon laquelle l'injection doit être pratiquée un peu au-dessus du FM.

1.1.1.5.2- Incidence.

Ossenberg (1974a), à partir de l'étude de 3500 crânes de provenances diverses, observe une différence de fréquence de l'arche mylo-hyoïdienne selon l'âge, le sexe, le côté, la population et la déformation crânienne. On observe en effet une fréquence 66 plus élevée chez certains indiens d'Amérique que chez les français. Les études d'autres auteurs confirment ce phénomène (voir tableau 6).

D'après Ossenberg (1974a), ce mode de distribution, variable selon les populations, suggère que l'arche mylo-hyoïdienne est une anomalie héritée et qu'elle appartient à la classe des variants squelettiques quasi-continus mineurs, dont la nature génétique a été étudiée sur des animaux de laboratoire (Grüneberg,1963). Elle serait donc d'un grand intérêt dans la reconstitution des migrations et des affinités entre populations, comme dans le cas des populations nord-américaines.

Population	Auteurs	incidence de l'arche mylo-hyoïdienne
Aleut	Ossenberg (1974a)	32,3%
Eskimos (Alaska)	Ossenberg (1974a)	5,5%
Eskimos (Groenland)	Ossenberg (1974a)	8%
Indiens d'Amérique	Ossenberg (1974a)	De 18,9 à 33,8 %, selon tribu
Pré-colombiens (Chili)	Sawyer & *al* (1990)	4,09%
Français	Ossenberg (1974a)	0,5%
Bantu (Afrique du sud)	Ossenberg (1974a)	12,3%
Khoisan (Afrique du sud)	Lundy (1980)	32,2% *
Indiens d'Asie	Ossenberg (1974a)	4,90%
Indiens d'Asie	Kaul & Pathak (1984)	2,98 à 7,14%, selon région
Indiens d'Asie	Sawyer & Kiely (1987)	2,6%
Indiens d'Asie	Manjunath (2003)	6,39 %, Inde du sud
Thaïs	Ossenberg (1974a)	5,1%
Japonais	Ossenberg (1974a)	2,9%
Polynésiens	Ossenberg (1974a)	6,1%
Aborigènes	Ossenberg (1974a)	6,1%

Tableau 6: Incidence de l'arche mylo-hyoïdienne chez différentes populations d'après Ossenberg (1974a).

Sawyer *et al* (1978) estiment que l'incidence similaire de ce trait chez les péruviens pré-colombiens et les mongols en fait un marqueur génétique d'ascendance mongoloïde, ce que réfute Lundy (1980), sur la base de la constatation d'une incidence élevée d'arche mylo-hyoïdienne chez une population africaine * (voir tableau 6). Nous constatons par ailleurs que des populations d'ascendance mongoloïde telles que les japonais et les aleut diffèrent considérablement du point de vue de l'incidence de l'arche mylo-hyoïdienne.

Les auteurs précités se sont basés sur l'incidence bilatérale de ce trait. Ossenberg (1981) observe une augmentation des occurrences bilatérales d'arche mylo-hyoïdienne accompagnant l'augmentation de l'incidence totale(présence uni- ou bilatérale du trait chez les individus). Ce phénomène est résumé par la figure 9. Cette relation de régression positive se rapprochant d'une relation normale serait un des stigmates d'un trait génétique polygénique.

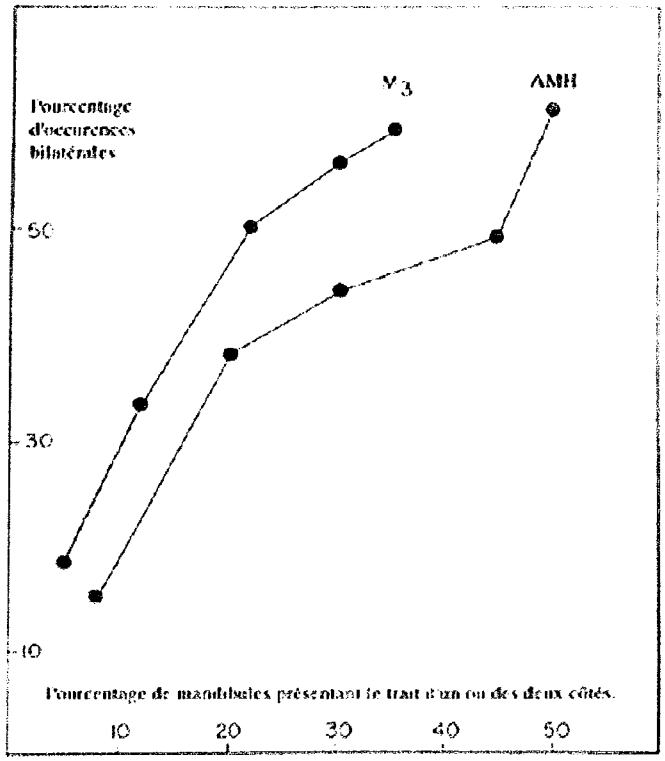


Figure 9: relation entre l'incidence de l'arche mylo-hyoïdienne (AMH) et son occurrence bilatérale (d'après Ossenberg, 1981). A titre de comparaison, la même relation est représentée pour l'agénésie de la troisième molaire inférieure (M3).

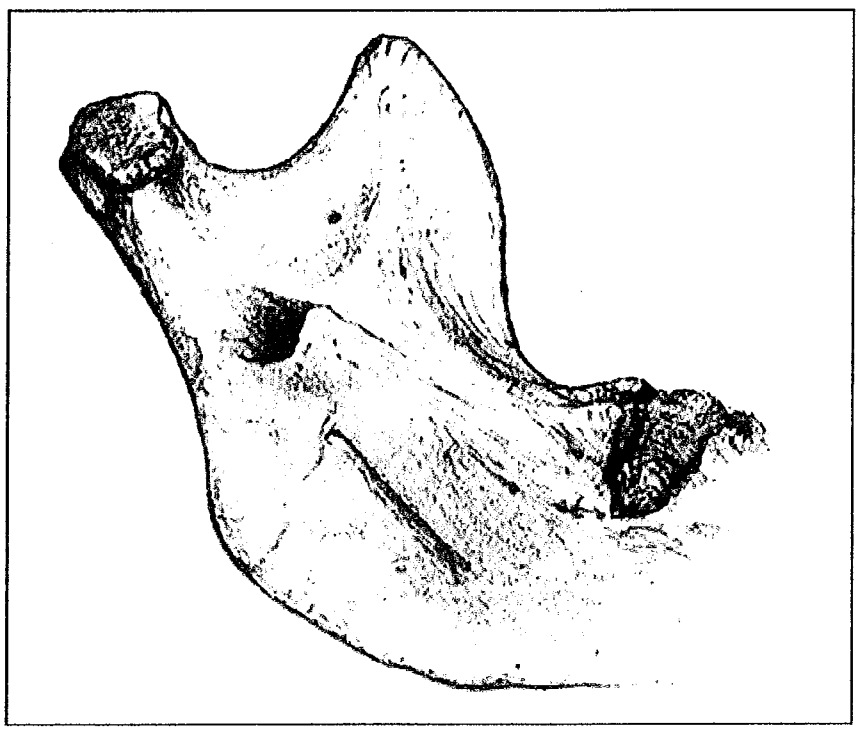


Figure 10 : Forme horizontale ovale du foramen mandibulaire (d'après Smith, 1978).

L'emploi de ce trait (dit « discret » ou « non-métrique ») en tant qu'outil anthropologique d'étude des groupes populationnels doit se faire avec certaines précautions :

- Selon Ossenberg (1981), l'évaluation de la fréquence d'un trait discret sur la base de ses occurrences totales (droites et gauches) permet une meilleure caractérisation génétique des populations que le comptage individuel sans distinction de l'uni- ou bilatéralité du trait. De plus, ce type de mesure aboutirait à une meilleure dispersion des résultats. La méthode de scoring utilisée ne serait plus binaire (0 : absence ; 1 : présence) mais ternaire (0 : absence ; 0,5 : unilatéralité du trait ; 1 : bilatéralité).
- Il est préférable de l'utiliser en combinaison avec d'autres traits de ce type (Kaul et Pathak, 1984 ; Sawyer et Kiely, 1987 ; Sawyer *et al*, 1990 ; Manjunath, 2003), comme l'agénésie de la troisième molaire (Ossenberg, 1981), la présence d'un pont au niveau du foramen jugulaire (Sawyer et Kiely, 1987 ; Sawyer *et al*, 1990), d'un os de l'encoche pariétale, d'un torus palatin ou de foramina infra-orbitaires multiples (Sutter, 2002).
- Ossenberg n'observe pas d'augmentation significative de l'expression symétrique de ce trait avec l'âge chez l'adulte. Il n'est jamais observé chez l'enfant de moins de 12 ans et est moins commun chez l'adolescent que chez l'adulte. Du fait de l'augmentation de fréquence observé dans la classe subadulte, l'auteur estime que les études de fréquence portant sur l'arche mylo-hyoïdienne ne doivent recruter que des individus de plus de 21 ans (au moment du décès).

Smith (1978) décrit une forme particulière d'arche mylo-hyoïdienne dans laquelle la *lingula* s'étend horizontalement vers l'arrière et est totalement reliée au bord postérieur du FM (voir figure 10). Il la nomme forme horizontale-ovale du foramen mandibulaire (HOFM) et lui attribue une incidence de 3,72 % chez l'homme actuel. Il pourrait s'agir de la forme décrite par Périer en 1955.

L'auteur suggère que cette forme pourrait correspondre à une réponse individuelle à un stress anormal affectant la région, en effet:

- La forme HOFM fournit un attachement plus vaste et robuste au LSM.
- Le « remplissage » de l'espace compris entre la *lingula* et l'*antilingula* réduit la distance entre l'insertion crânienne et l'insertion mandibulaire du LSM, ce qui réduit en même temps le stress exercé sur le LSM par une diminution du bras de levier.

De même, Ossenberg (1974b) note qu'une déformation crânienne dans l'enfance double la possibilité d'arche mylo-hyoïdienne.

Cependant, selon Smith (1978), il n'est pas justifié de voir la forme HOFM comme une réponse mécanique à une anomalie individuelle. En effet, l'auteur ne relève, pour chaque incidence de la forme HOFM chez l'homme actuel, aucune condition individuelle pouvant influencer l'apparition de cette morphologie particulière : il n'observe aucune indication d'attrition dentaire inhabituelle, de pathologie de la mandibule ou de l'ATM, ou encore de pathologie dégénérative liée à l'âge. Si son déterminisme était une réponse mécanique, alors le trait n'apparaîtrait qu'en présence des facteurs étiologiques. Il en conclut que l'élément dominant est génétique et non compensatoire. Deux hypothèse sont pour lui à retenir :

- La forme HOFM pourrait être un trait génétique selectionné en tant que partie intégrante d'un appareil manducateur massif. Il observe en effet chez les néandertaliens une forte incidence de ce trait (46,2%) qui ne serait qu'un élément d'un complexe adaptatif centré autour de la massivité de l'appareil manducateur (en même temps que la largeur des dents antérieur, le prognathisme alvéolaire et la robustesse de la face en général).
- au contraire, l'incidence de la forme HOFM n'aurait aucune signification fonctionnelle mais résulterait d'une simple dérive génétique (sélection au hasard de certaine allèles dans une population).

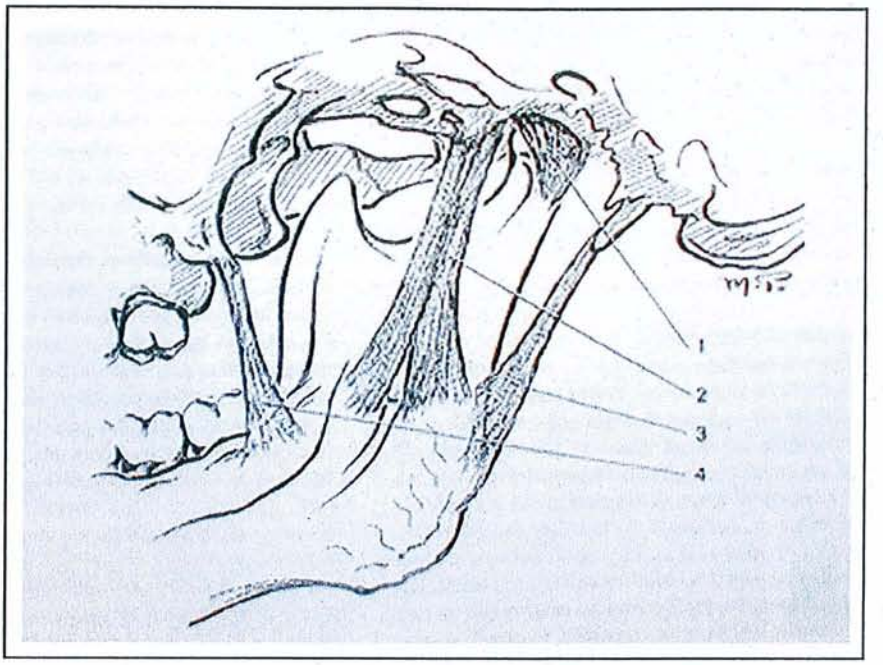


Figure 11 : Ligaments articulaires d'après Pelletier (1969).
1. Ligament latéral interne. 2- Ligament sphéno-mandibulaire. 3- Ligament Stylo-mandibulaire. 4- Ligament ptérygo-mandibulaire.

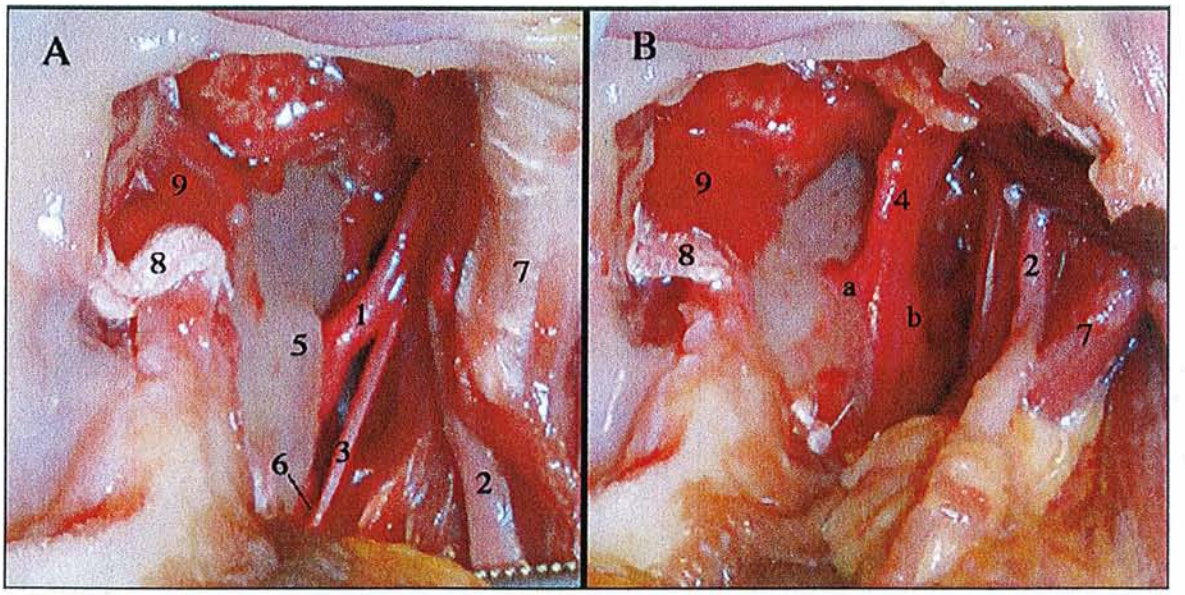


Figure 12: Dissections de la loge interptérygoïdienne droite en vue antérieure.
A : Sans le ligament sphéno-mandibulaire ; B : Ligament sphéno-mandibulaire en place.
1 : nerf alvéolaire inférieur. 2 : nerf lingual. 3 : nerf mylo-hyoïdien.
4 : ligament sphéno-mandibulaire. a : faisceau antérieur. b : faisceau postérieur. 5 : épine de Spix.
6 : sillon mylo-hyoïdien. 7 : muscle ptérygoïdien interne. 8 : ligament ptérygo-mandibulaire.
9 : muscle temporal. Photographies personnelles réalisées au laboratoire d'anatomie de la faculté de médecine de Nancy.

Ce dernier point rappelle les travaux d'Ossenberg (1974a) qui, à partir de l'examen de 3500 mandibules d'hommes modernes (donc à la massivité de l'appareil manducateur comparable), a relevé de fortes variations régionales dans la fréquence de l'arche mylo-hyoïdienne.

1.1.1.6- Le Ligament sphéno-mandibulaire

1.1.1.6.1- Description (figures 11 et 12)

Le ligament sphéno-mandibulaire (LSM), reliquat du cartilage de Meckel, est tendu de l'épine de Spix et du pourtour du FM à l'épine du sphénoïde, quoique selon Burch (1966), il rejoindrait le plus souvent la scissure de Glaser où il se prolongerait par le ligament malléaire. On parle ainsi de ligament malleo-mandibulaire (Rodriguez-Vazquez et al, 1992).

Il est considéré comme un ligament extrinsèque de l'articulation temporo-mandibulaire car il assure un certain maintien périphérique à l'articulation (Pelletier, 1969).

Ce ligament est partie constituante de l'aponévrose inter-ptérygoïdienne, dont la base inférieure marque son implantation d'une ligne transversale un peu oblique en avant et en bas, parfois d'une crête à peine perceptible. Il s'individualise néanmoins de l'aponévrose interptérygoïdienne sous la forme d'une bandelette fibreuse, presque verticale, un peu oblique en bas et en dehors (Pelletier, 1969).

Vers le bas, il s'étend en s'élargissant pour se fixer au pourtour de l'orifice du canal dentaire : en avant de celui-ci à la base de l'épine de Spix et en arrière à la base de l'*antilingula*. Certains auteurs (Laison et Gaudy,1993 ; Pelletier, 1969) lui décrivent deux faisceaux, un antérieur et un postérieur, s'insérant respectivement sur l'épine de Spix et sur le bord postérieur du FM (ou l'*antilingula*).

Entre ces 2 bandelettes, le LSM émet une sorte de fascia qui le prolonge et coiffe le sillon mylo-hyoïdien en s'entremêlant avec le périoste des berges. : il s'agit de la *lame vasculaire* d'Hovelacque et Virenque (1913), qui transforme le sillon mylo-hyoïdien en canal ostéo-fibreux. Nous avons vu précédemment le rôle que joue cette structure dans la formation de l'arche mylo-hyoïdienne d'Ossenberg.

Notons que les ouvrages d'anatomie consultés ne mentionnent pas cette membrane. Ils suggèrent au contraire que le nerf et l'artère mylo-hyoïdienne perforent le LSM près de son insertion *lingula*ire avant de parcourir le sillon mylo-hyoïdien. Une exception notable, hormis les travaux d'Hovelacque et Virenque (1913), est l'ouvrage de Sicher et Du Brul (1970) : ils décrivent une membrane qui recouvre le nerf et l'artère mylo-hyoïdienne reposant dans leur sillon, et qui s'ossifie occasionnellement.
Ossenberg (1974a) confirme également, à partir de 36 dissections de la région, l'existence d'une telle membrane. Elle s'étendrait antéro-inférieurement sur 25 à 30 mm et dans aucun cas , le nerf mylo-hyoïdien ne perforerait le LSM. L'auteur affirme en outre que le muscle ptérygoïdien médial recouvre le sillon mylo-hyoïdien en s'insérant de chaque côté. Même si les fibres musculaires semblent s'insérer dans la lame vasculaire, il serait possible de détacher totalement ces insertions en laissant la membrane intacte.
Signalons enfin qu'au cours de dissections de la zone du foramen mandibulaire (voir figure 12), nous avons clairement identifié la lame vasculaire.

1.1.1.6.2- Rôle

Grâce au LSM, le FM remplirait un rôle important dans les mouvements mandibulaires. Le LSM serait en effet un des éléments clés de la dimension verticale d'occlusion postérieure (Clauzade et Darraillans,1992). La mandibule est suspendue au crâne telle une balancelle (voir figure) par le ligament stylo-mandibulaire et le LSM, qui conditionnent une cinématique particulière (Chateau, 1993). Selon Osborn (1993), les

ligaments accessoires de l'ATM ont pour fonction de réduire la sollicitation des contrôles neuro-musculaires en les remplaçant par des contrôles mécaniques.

La deuxième partie de la trajectoire du condyle (roto-translation) pendant l'ouverture buccale appartient à un cercle dont le centre correspond aux épines de Spix (Ramfjord et Ash, 1966) ou au FM (Moss,1959 ; Hayward *et al*, 1977). Cet opinion n'est pas partagé par Xingbin (1998) : selon lui, si le centre de rotation du condyle se situait effectivement au niveau du FM, pour une ouverture buccale maximale moyenne, le déplacement antérieur du condyle serait plus ample (26 mm) qu'il ne l'est en réalité (15,2 mm). C'est pourquoi il propose de situer le centre de rotation plus près du condyle. Château (1993) nuance ces 2 conclusions : « *si à partir de la projection de l'épine de Spix sur le plan sagittal médian on construit artificiellement un arc de cercle au niveau du plan d'enregistrement, cet arc de cercle représentera la trajectoire qui rendra le mieux compte (avec le moins d'écart) de la trajectoire réelle* ».

Le LSM aurait parallèlement pour rôle de limiter les mouvements latéraux de la mandibule (Moss, 1959). Selon Caix (1971), l'épine de Spix est le point géométrique qui se déplace le moins au cours des mouvements de la mandibule.

Tous ces faits, admis ou non, se justifient par le fait que le FM constitue l'orifice d'entrée d'un paquet vasculo-nerveux qui doit rester le plus fixe possible pendant les mouvements de la mandibule afin d'éviter tout traumatisme.

La longueur du LSM et par conséquent la distance entre FM et la base du crâne aurait également une signification physique : une longueur réduite diminuerait le bras de levier (le moment) représenté par le LSM et soulagerait un éventuel stress exercé sur le ligament (William et Lissmer, 1962) en association par exemple avec une robustesse de l'appareil manducateur ou une attrition dentaire importante.

L'importance dynamique de la zone du FM est également suggérée par la remarquable stabilité de l'angle condylo-spigien (entre le condyle et l'épine de Spix) par rapport à la ligne occlusale (Delachappelle *et al*, 1981).

1.1.1.6.3- Influence sur la morphologie de l'area perilingualis

On peut se poser la question des forces et des tensions exercées par le LSM sur l'*area perilingualis* et de leur influence sur la morphologie de cette région. Selon Tuli et al (2000), le LSM ne subirait ni allongement ni tension au cours des mouvements mandibulaires : il s'agirait simplement d'un point d'attachement. Au contraire, selon Abe *et al* (1997), il existe une tension passive dans le LSM lors des mouvements d'avancée mandibulaire. Selon Château (1993), l'épine de Spix, insertion d'un élément de sustentation de la mandibule (le LSM), est par excellence un tissu-cible de remodelage et d'adaptation. Une translation fonctionnelle faisant sortir la trajectoire de l'insertion hors du diagramme fonctionnel lui impose des tensions adaptatrices qui entraînent son glissement progressif.

1.1.2. Le foramen mentonnier

1.1.2.1- Description.

Il est également appelé trou mentonnier (TM). Ovalaire, il a un bord antéro-inférieur tranchant et un bord supero-postérieur mousse se prolongeant par une gouttière peu profonde oblique vers le haut, l'arrière et l'extérieur (Paturet, 1951 ; Gaspard, 1978). Il est orienté vers le haut et l'arrière (Paturet, 1951 ; Laison et Gaudy, 1993). Son diamètre moyen varie selon les auteurs : de 2 mm chez Paturet (1951) à 4,6 mm horizontalement et 3,4 mm verticalement chez Phillips *et al* (1990).

1.1.2.2- Nombre

Shankland (1994) observe chez une population indienne des foramina accessoires dans 6,62% des cas. Heim (1976) en retrouve dans 4 à 5% des cas chez l'homme actuel. Le Double (1906) et Gruber (1872) observent deux foramina mentonniers sur environ 5% des mandibules observées ; Bertelli (1892) n'en observe qu'une seule fois un troisième. On les retrouverait en plus forte fréquence chez certaines populations : 12,5 % chez les néo-calédoniens (Sarasin) et 16% chez les australiens (Olivier G). Selon E. Olivier (1949), il ne se dédouble que dans 4% des cas et n'est qu'exceptionnellement triple ou quadruple.
Cet auteur distinguent toutefois les faux foramina mentonniers doubles, dont l'orifice laisse apparaître une lamelle d'os spongieux, et les vrais foramina mentonniers doubles dont l'un est homologue du foramen normal en forme et en situation, et l'autre, situé plus antérieurement et de moindre diamètre. Engel (1965) a constaté dans les cas de dualité que *« les trous principaux et accessoire sont soit nettement individualisés, séparés par un pont*

osseux, soit placés au fond d'une cavité unique dans laquelle plusieurs orifices débouchent ».

Selon Bennejeant et Vallois (1913), les trous mentonniers surnuméraires correspondraient dans 10% des cas à l'orifice du canal de Serres (voir *canal mandibulaire,1.1.3*) demeuré anormalement déhiscent chez l'adulte. Chanderot (1972) réfute cette interprétation :

« *Nous avons examiné un nombre important de pièces squelettiques, et cathétérisé avant radiographie sur film métallographique par l'orifice postérieur du Canal de Serres qui, lui, subsiste assez tardivement. D'une manière générale, on peut affirmer que dès l'âge de sept ans au plus tard, il n'y plus trace de quoi que ce soit à sa portion antérieure.* ».

L'auteur montre que dans la majorité des cas, les pertuis de la face antéro-latérale de la mandibule ne correspondent pas à des émergences propres du canal mandibulaire mais soit à des rameaux communiquants issus de l'artère sous-mentale, soit le résultat de suppléances provoquées par une ptose vasculaire pathologique en aval. Les véritables foramina multiples résulteraient quant à eux de l'existence d'un petit pont osseux ou de l'existence de deux canaux se rejoignant en amont dans le canal dentaire.

L'absence, toujours unilatérale, du TM est très rare : De Freitas *et al* (1979) estiment sa fréquence à 0,06% des cas à droite et 0,03% des cas à gauche ; Inke (1968) l'évaluent au total à 0,02%. Dans tous les cas, le canal mandibulaire est tout de même présent et le foramen mentonnier controlatéral est normal (De Freitas *et al*, 1979). Nous pouvons supposer que dans ces cas, l'émergence des pédicules mentonniers de la mandibule se fait par de multiples pertuis invisibles à l'œil nu

1.1.2.3- Position

1.1.2.3.1- Position verticale

1.1.2.3.1.1 - Par rapport aux dents

Fishel *et al* (1976) situent le TM au dessus de l'apex radiologique de la seconde prémolaire dans 61% des cas. Phillips *et al* (1992), en revanche, le situent en dessous de l'apex radiologique de la seconde prémolaire dans 75,33% des cas, à son niveau dans 13,33% des cas et au dessus dans 11,33% des cas. Cependant, la première étude ne localisant radiologiquement le TM que dans 55% des cas (contre 75% pour la seconde), nous sommes tentés d'accorder plus de crédit aux résultats de la seconde étude.

1.1.2.3.1.2- Par rapport au corps mandibulaire

La hauteur au trou mentonnier (mesure 69-1 du système de Martin) se prend au pied à coulisse entre l'orifice et le bord inférieur de la mandibule reposant horizontalement sur sa base. Carré (1978) en a déterminé les valeurs suivantes (en mm) :

	Côté droit	
Hommes :		
	moyenne	14,29
	Effectif	56
	Ecart-type	2,17
	Coefficient de variabilité	15,21
Femmes :		
	moyenne	12,58
	Effectif	49
	Ecart-type	1,64
	Coefficient de variabilité	13,03

Côté gauche		
Hommes :		
	moyenne	14,34
	Effectif	56
	Ecart-type	2,07
	Coefficient de variabilité	14,47
Femmes :		
	moyenne	12,41
	Effectif	49
	Ecart-type	1,7
	Coefficient de variabilité	13,7

Tableau 7 : Hauteur au trou mentonnier d'après Carré (1978).

Tebo et Telford (1950) retrouvent, eux, le TM en moyenne à 15,1 mm du bord inférieur de la mandibule (mesure prise entre le bord le plus antérieur du TM et perpendiculairement au plan horizontal sur lequel repose la mandibule).

En hauteur, chez l'homme actuel, le TM ne se place pas rigoureusement à égale distance des deux bords du corps mandibulaire. Il est toujours plus proche du bord supérieur chez le sujet denté et a fortiori chez le vieillard édenté, par suite de la résorption de l'os alvéolaire. Néanmoins, le foramen se situe à proximité de la mi-hauteur du corps mandibulaire, ce qui traduit l'égal développement de l'os alvéolaire et de l'os basilaire (Gaspard, 1978).

Virchow (1872) a défini un rapport centésimal entre la hauteur du centre du foramen mentonnier par rapport au bord inférieur de la mandibule et la hauteur totale du corps mandibulaire à son niveau, qu'il nomme *hauteur relative au trou mentonnier*. Cependant on ne peut attribuer une grande valeur à cet indice étant donné les différences de résorption de l'os alvéolaire d'un individu à l'autre. Chez l'homme actuel, sa valeur oscille d'ailleurs entre 36 et 65 d'après le même auteur.

Kane *et al* (2000) ont mesuré, à partir de scanner de 20 hémimandibules, la distance verticale du TM au bord alvéolaire et au bord inférieur de la mandibule. Les résultats sont exposés dans le tableau suivant.

	TM-bord alvéolaire	TM-bord inférieur
Distance moyenne (total)	14,2	19,3
Intervalle de confiance à 95%	13-15,4	18,3-20,3
Distance moyenne (hommes)	15,2	18,8
Distance moyenne (femmes)	12,6	20,1

Tableau 8 : Distances par rapport au TM (en mm) d'après Kane *et al* (2000).

Les auteurs identifient une différence significative (au risque 5%) entre les hommes et les femmes concernant la distance TM-bord alvéolaire. Il y aurait chez la femme un plus faible développement de la partie alvéolaire. Toutefois ces résultats s'appuient sur un échantillon insuffisant d'un point de vue statistique et sont donc sujet à caution.

Phillips *et al* (1990), situent le TM à 60% de la distance entre la cuspide jugale de la seconde prémolaire inférieure et le bord inférieur de la mandibule.

1.1.2.3.2- Position horizontale.

1.1.2.3.2.1- Par rapport aux dents

Sur 200 cas étudiés, Della Serra (1945) a rapporté les observations suivantes concernant la situation antéro-postérieure du TM :

- Il se situerait dans 58,5% des cas à l'aplomb de la seconde prémolaire (P2).

- Dans 33 % des cas à l'aplomb de l'espace entre la première (P1) et la seconde prémolaire.
- Dans 6,5% des cas à l'aplomb de l'espace entre P2 et la première molaire (M1).
- Dans 1,5% des cas à l'aplomb de P1.

Ces résultats montrent que le TM se situe plus fréquemment à l'aplomb de P2 et vont à l'encontre de la description classique instaurée par Choquet (1926) d'une position du TM dans l'axe de l'espace interproximal entre P1 et P2. C'est pourtant l'opinion de Choquet qui semble encore prédominer dans les ouvrages de référence d'analgésie bucco-dentaire. Il existe une polémique, très présente dans la littérature scientifique, concernant la position du TM par rapport aux dents : sous P2 ou entre P1 et P2.

Certains auteurs situent le TM plus fréquemment sous P2 :

- Tebo et Telford (1950), sur 100 mandibules d'origine américaine, situent le TM entre P1 et P2 dans 23% des cas, sous P2 dans 49,4% des cas, entre P2 et M1 dans 24,1% des cas.
- Phillips *et al* (1990), à partir de 75 mandibules de provenance non précisée situent le TM sous la couronne de P2 dans 62,7% des cas et à une moyenne de 3,8 mm en avant de son apex radiologique dans 71% des cas, en raison de la courbure postérieure de sa racine (1992).
- Santini et Land (1990) le situent en majorité (59,1%) sous P2 sur 68 mandibules chinoises.
- Shankland (1994), dans une population indienne asiatique, dénombre 75,36% des TM sous P2.
- Ben Amor et al (1996), à partir de 90 mandibules tunisiennes, situent le TM sous P1 dans 4 % des cas, sous P1-P2 dans 10% des cas, sous P2 dans 43 % des cas, sous P2-M1 dans 13,5% des cas, sous M1 dans 29,5% des cas.

- Al-Jasser et Nwoku (1998), à partir d'une population saoudienne, observent dans 45,3% des cas un TM dans l'axe de P2 et dans 42,7% des cas sous l'espace P1-P2.
- Selon Mbajiorgu et al (1998), travaillant sur une population du Zimbabwe, le TM se trouve sous P2 dans la majorité des cas, et de façon symétrique chez un même individu. Les auteurs précisent également que le TM se situe en moyenne à un quart de la distance entre la symphyse et le ramus.
- Kane et al (2000), à partir de scanners de 20 hémimandibules chinoises, situent le TM en majorité sous P2 et ne retrouvent pas de différences significatives entre les hommes et les femmes (l'échantillon est cependant trop limité pour pouvoir l'affirmer).
- Les travaux de Ngeow et Yuzawati (2003) sur 169 mandibules malaises concluent à une position du TM dans l'axe de P2 dans 69,2% des cas et dans l'axe de l'espace interproximal P1-P2 dans 19,6% des cas (de plus, sa position serait symétrique dans 67,7% des cas).
- Selon Green (1987), la position la plus commune du TM dans une population de Hong Kong se situe dans l'axe longitudinal de P2.

D'autres études situent au contraire le TM plus souvent entre P1 et P2 :

- Sweet (1959) retrouve le TM entre les apex des deux prémolaires dans 63% des cas.
- Fishel *et al* (1976) dans 70% des cas.
- Santini et Land (1990) sur 50% de 44 mandibules anglaises du néolithique.
- Moiseiwitsch (1998) situe le TM en moyenne entre les deux prémolaires au sein d'une population qu'il qualifie de « blanche nord américaine ».
- Aktekin *et al* (2003) situent le TM entre P1 et P2 sur des mandibules turques.
- Cutright *et al* (2003) le situent entre P1 et P2 dans 51 % des cas tout en notant une très forte variabilité de sa position horizontale par rapport aux dents. Ces auteurs précisent également que le TM est situé plus postérieurement chez les « noirs » (sic) que chez les « blancs ».

Cette revue de la littérature fait apparaître différents points importants :

- Il existe une forte variabilité interindividuelle de la position horizontale du TM par rapport aux dents.
- Il existe une forte variabilité interpopulationnelle de la répartition statistique des différentes positions du TM.
- Sur 18 articles consultés, seuls 7 font état d'une position du TM majoritairement sous l'espace P1-P2 : la position sous P2 est donc plus étayée dans la littérature.
- Il semble que les études concluant à une position du TM sous P2 font majoritairement référence à des mandibules de provenance asiatique et africaine, tandis que celles concluant à une position sous l'espace P1-P2 font plus souvent appel à des mandibules d'origine européenne.

Green (1987) a consulté 26 travaux sur le sujet (différents de ceux que nous avons consultés) portant sur 42 populations d'origines très diverses, en prenant soin d'éliminer les études s'appuyant sur des échantillons inférieurs à 30 mandibules. Il en conclut que la position la plus commune du TM se situe dans l'axe longitudinal de la deuxième prémolaire (P2), quelque soit la population. L'auteur note cependant de faibles variations interpopulationnelles : le TM serait légèrement mésial à l'axe longitudinal de P2 chez les populations « caucasoïdes », et légèrement plus distal chez les populations « mongoloïdes », mélanésiennes et africaines. L'opinion classique selon laquelle le TM se situe sous l'espace interproximale de P1 et P2 semblerait issue d'études portant sur des échantillons limités de populations européennes, ce que tend à montrer notre propre revue de la littérature.

La position du TM plus fréquente sous P2, avec de grandes variations interindividuelles, est donc bien établie aujourd'hui, et une remise en question des pratiques classiques s'impose.

		Côté droit	Côté gauche
Hommes :			
	moyenne	18,04	17,89
	Effectif	51	51
	Ecart-type	2,05	2,19
	Coefficient de variabilité	11,37	12,26
Femmes :			
	moyenne	16,65	16,55
	Effectif	46	46
	Ecart-type	1,69	1,79
	Coefficient de variabilité	10,13	10,78

Tableau 9 : Distance sagittale du TM au point symphysien d'après Carré (1978).

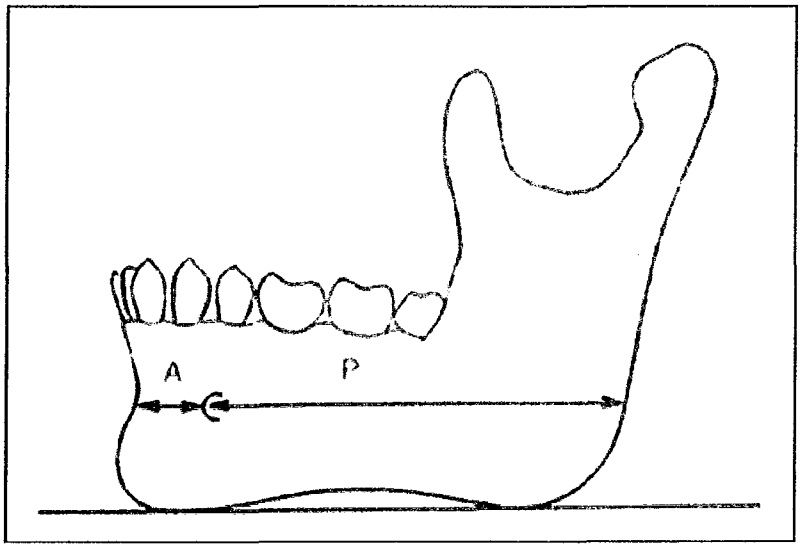


Figure 13 : Mesure de la distance du bord antérieur du TM par rapport à la symphyse et au bord postérieur du ramus. A : distance à la corde entre le point le plus antérieur du bord antérieur du TM et la symphyse mentonnière ; P : distance à la corde entre le point le plus antérieur du bord antérieur du TM et le bord postérieur du ramus. Le plan de mesure est parallèle à l'horizontale et passe par le point le plus antérieur du bord antérieur du TM. D'après Santini et Land (1990).

Nous remarquons enfin que dans de rare cas, le TM peut se situer sous l'apex de la première molaire. Ce fait revêt une importance particulière puisque dans cette zone, le TM peut à tort être interprété comme une pathologie sur les radiographies.

1.1.2.3.2.2- Par rapport au corps mandibulaire

Selon Tebo et Telford (1950), il serait plus approprié de localiser le TM en relation avec le corps de la mandibule plutôt qu'avec les dents, car cette dernière méthode peut être biaisée par des facteurs tels que les malocclusions ou la dimension mésio-distale des dents. En outre, selon Santini et Land (1990), la position du TM par rapport aux dents semble varier distalement chez l'adulte en raison de l'attrition dentaire et de la dérive mésiale des dents. Toutefois, situer le TM par rapport aux dents est une démarche plus adaptée aux situations cliniques.

Olivier (1949) situe le TM à 24 mm de la symphyse *dans un plan sagittal*, avec un champ de variations important (20 à 28 mm).

Carré (1978) a mesuré la distance du TM au point symphysien en projection au mandibulomètre *dans un plan sagittal* (voir tableau 9).

Tebo et Telford (1950) localisent le TM (du moins son bord antérieur) en moyenne à 26,7 mm (distance A) *à la corde* de la symphyse mentonnière et à 74,75 mm (distance P) *à la corde* du bord postérieur du ramus localisé le long d'une ligne horizontale passant par le bord antérieur du TM (voir figure 13).
Les auteurs mettent en évidence une corrélation significative entre la distance A et la distance A+P, selon un ratio d'environ 0,74 : le TM se situe donc, de façon assez

constante, à un quart de la distance entre la symphyse et le bord postérieur du ramus. Mbajiorgu *et al* (1998) font état du même résultat. Tebo et Telford suggèrent que l'utilisation de ce ratio serait une méthode plus sûre de localisation du TM en pratique clinique. Santini et Land (1990) montrent enfin que ce rapport reste constant avec l'âge (dans des échantillons Chinois et Anglais), ce qui prouve selon eux que l'apparent déplacement apical du TM avec l'âge est dû une mésialisation des dents accompagnant leur attrition.

Cutright *et al* (2003) situent horizontalement le TM à 21,95 mm en moyenne de la symphyse mentonnière (ou milieu de la mandibule) *dans un plan frontal.*

Kane *et al* (2000), enfin, localisent le TM par rapport à la symphyse mentonnière (défini comme une ligne verticale formant une bissectrice entre les racines des deux incisives centrales) *le long du contour de la mandibule*:

	distance TM-symphyse
moyenne totale	30,9 mm
intervalle de confiance à 95%	30 - 31,7 mm
moyenne hommes	31,3 mm
moyenne femmes	30,2 mm

Tableau 10 : distance TM-symphyse mentonnière selon Kane *et al* (2000).

Les auteurs ne retrouvent pas de différences significatives entre les hommes et les femmes.

1.1.3. Le canal mandibulaire

1.1.3.1- Description

C'est tantôt un conduit à paroi nette tantôt un simple trajet à travers l'os spongieux (Testut et Latarjet, 1948) contenant du tissus lâche de remplissage (qui jouerait un rôle lors de l'invasion du canal mandibulaire par un processus tumoral), l'artère alvéolaire inférieure, le nerf alvéolaire inférieur et parfois une portion de ses branches collatérales (Ikeda, 1996). Il est de section circulaire ou ovalaire à grand axe verticale (Testut et Latarjet, 1948) : ovalaire près du FM et circulaire dans sa portion moyenne (Ikeda, 1996). Son plus grand diamètre est de 4,1 mm (Gaspard,1979) au niveau du FM, 3 mm en moyenne au niveau du ramus (Obradovic *et al*, 1993) ; son diamètre moyen varie de 2 -2,5 mm (Gaspard,1979) à 3,4 mm (Ikeda, 1996) en passant par 2,6 mm (Obradovic *et al*, 1993). Son diamètre est donc extrêmement variable en fonction des auteurs.

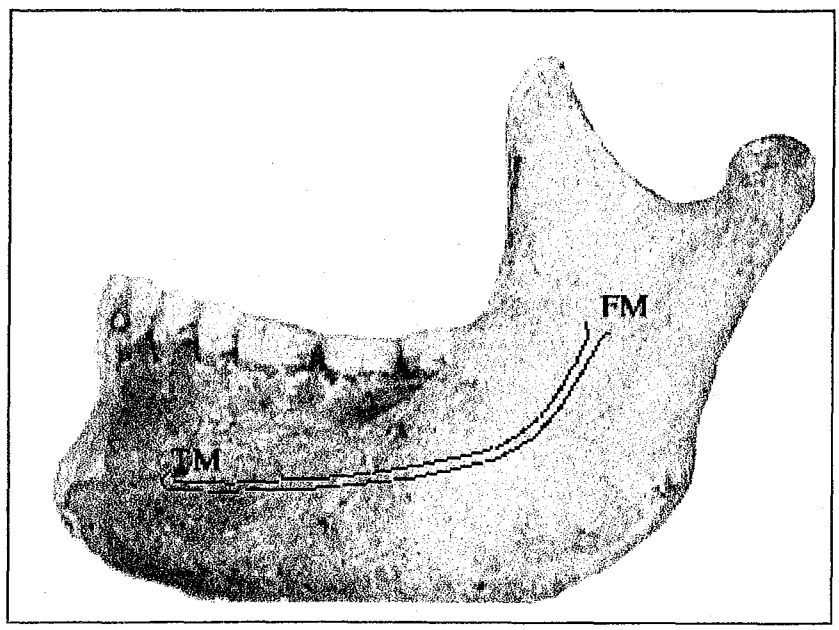


Figure 14 : Trajet du canal mandibulaire au sein de la mandibule (iconographie personnelle, mandibule du musée de l'homme).

Le canal mandibulaire se dirige à partir du FM en bas et en avant puis, après s'être coudé en pénétrant dans le corps mandibulaire, il chemine à peu près horizontalement (Gaspard, 1979) (voir figure 14). La coudure du canal vers l'avant se ferait, selon Gaspard (1979), au niveau de la troisième molaire, ce qui explique la grande variabilité des rapports entre le canal et la dernière molaire (voir plus loin). Selon d'autres auteurs, il décrirait une grande courbe concave en haut et en avant (Pelletier, 1969 ; Rouvière et Delmas, 2002).

Selon Testut et Latarjet (1948) et Paturet (1951) il se divise au niveau de l'apex de la deuxième prémolaire en deux branches : l'une externe, le canal mentonnier qui aboutit au TM et l'autre interne, le canal incisif. Selon Olivier (1949) toutefois, on ne peut à proprement parler de division en un canal mentonnier et un canal incisif car ce dernier ne constitue pas un conduit à parois définies. Gaspard (1979) a constaté que le canal incisif chemine à travers une suite d'aréoles médullaires de l'os spongieux. Le pseudo-canal incisif se réduirait au fur et à mesure de son trajet en se divisant en de multiples diverticules : les *canalicules de Hirschfeld* (Della Serra, 1945).
Obradovic et al (1993) retrouvent un canal incisif clairement défini sur les coupes transversales dans 92% des mandibules dentées, et seulement dans 31% des mandibules édentées. Son diamètre moyen dans les mandibules dentées est de 1,2 mm sur 0,9 mm (du fait de sa forme ovalaire), et de 0,9 mm sur 0,4 mm dans les mandibules édentées. Ceci témoigne du fait que les modifications osseuse accompagnant un édentement ne se limitent pas à une simple lyse de l'os alvéolaire mais consistent au contraire en un remaniement profond de la structure de la mandibule, os alvéolaire et os basal compris. Les auteurs notent en effet que l'os d'une mandibule édentée n'est que très pauvrement spongieux.

Pour mémoire, précisons que chez le fœtus et le jeune enfant, la mandibule est parcourue par un autre conduit, sous jacent au précédent et qui ne contient que des vaisseaux : le canal de Serres. Dès la naissance, il tend à s'oblitérer et disparaît assez vite : selon Laison et Gaudy (1993), vers l'âge de huit à neuf ans. Cependant on trouve parfois chez l'adulte son orifice postérieur placé en arrière du FM et son orifice antérieur en avant du TM (Vallois et Bennejeant in Rouvière, Delmas, 2002). Ceci peut expliquer les conformations inhabituelles de la région en deux foramina que l'on rencontre parfois.
Enfin, le pseudo-canal incisif correspond parfois, d'après Bourdelle *et al* (1937) à un vestige du canal de Serre contenant un sinus veineux.
Chez l'adulte, il peut également exister un canal collatéral du canal mandibulaire allant de la base de l'épine de Spix à la racine de la dernière molaire : le canal de Robinson (1906), qui s'atrophie à partir de huit ans.

1.1.3.2- Position

1.1.3.2.1- Au sein de la mandibule.

Della Serra (1945) a apporté, à partir de l'étude de 100 mandibules d'âges et de provenances divers, des données statistiques concernant la position du canal mandibulaire :

- Par rapport au sillon mylo-hyoïdien : il est parallèle et supérieur à ce sillon dans 73,5 % des cas, parallèle et au même niveau dans 19 % des cas, divergent tout en étant situé en avant du sillon dans 4 % des cas, croisant d'arrière en avant le sillon dans 2,5 % des cas, rigoureusement en correspondance dans 1% des cas.
- A l'intérieur de la branche montante : il se situe dans le tiers moyen dans 96% des cas, à l'union des tiers moyen et antérieur dans 3 % des cas, dans le tiers antérieur dans 1% des cas.

- Dans le corps mandibulaire : il se situe à l'union des tiers moyen et inférieur dans 40% des cas, dans le tiers moyen dans le tiers inférieur dans 39,5% des cas, dans le tiers moyen dans 17,5% des cas, dans le quart inférieur dans 3% des cas.
- A l'intérieur du corps mandibulaire, il peut être divisé en 3 segments : un segment postérieur correspondant aux deuxième et troisième molaires et convexe vers le haut, un intermédiaire concave vers le haut et répondant à la première molaire, un antérieur convexe vers le haut répondant aux prémolaires.

Rappelons enfin que dans les mandibules édentées, le canal peut être très proche du bord supérieur voire dans certains cas affleurer celui-ci, avec un TM situé sur la surface occlusale.

1.1.3.2.2- Par rapport aux dents.

Testut et Latarjet (1948) situent le canal mandibulaire à 8-9 mm au dessus du bord inférieur du corps mandibulaire. Plus précisément, selon Della Serra (1945), la distance entre le bord basilaire et le bord inférieur du canal varie ainsi :

- A l'aplomb de la face distale de M3 : 8,4 mm en moyenne.
- A l'aplomb de la face distale de M2 : 6,9 mm en moyenne.
- A l'aplomb de la face distale de M1 : 6,8 mm en moyenne.
- A l'aplomb de la face distale de P2 : 8,1 mm en moyenne.

Selon Parant (1963), le canal mandibulaire chemine en moyenne à 2,5 mm en dessous des racines de la troisième molaire et entretient parfois des rapports très intimes avec elle, la dent de sagesse pouvant être adjacente et coudée ou sessile sur le tronc nerveux, voire traversée par lui. Cet auteur distingue toutefois les cas où « *le nerf passe entre 2 racines dont les apex peuvent être suffisamment resserrés pour réaliser un anneau*

presque fermé » et ceux où le nerf « *glisse dans un véritable canal* », selon lui exceptionnels (inférieur à un cas pour mille).

Selon Olivier (1949), Le canal passe à 5 mm sous la seconde molaire et à 6 mm sous la première puis s'élève légèrement à proximité du TM. Ikeda (1996) le situe à 6-7 mm sous la seconde molaire.

Selon Della Serra (1945), il entretient les rapports suivants avec les apex radiculaires :

- Dans 88% des cas, il passe près des apex de la 3ème molaire, dans 12% des cas, il passe en dessous et à distance de ces derniers.
- Dans 82% des cas, le canal est proche des apex de la deuxième molaire.
- Dans 14% des cas, il passe à proximité des apex de la première molaire.

Obradovic et al (1993) ont mesuré les rapports moyens par rapport aux apex dentaires. Les résultats sont exposés dans le tableau suivant.

Dent	Racine	Distance moyenne (mm)
8	distale	1,82
	mésiale	3,22
7	distale	4,3
	mésiale	5,54
6	distale	4,35
	mésiale	5,7
5		6

Tableau 11: Distances moyennes entre le canal mandibulaire et les apex dentaires. (d'après Obradovic *et al*, 1993).

On constate que la plus grande proximité entre les apex dentaires et le canal est retrouvé sous la racine distale de la dent de sagesse, le plus grand éloignement sous la deuxième prémolaire. La distance par rapport aux apex augmente en outre d'avant en arrière. Le risque de léser les éléments vasculo-nerveux du canal mandibulaire depuis les alvéoles

dentaires diminue donc dans le même sens : il est élevé au niveau de la dent de sagesse, plus faible au niveau des prémolaires.

1.1.3.3- Stabilité et importance chez l'homme actuel.

On constate au final que le trajet décrit par le canal mandibulaire à l'intérieur de la mandibule varie selon les individus et les auteurs. Cependant, nous émettrons, au vu de plusieurs arguments relevés dans la littérature, l'hypothèse d'une plus grande stabilité de ce trajet d'un point de vue externe, c'est à dire du segment reliant ses deux orifices, le FM et le TM. Ce segment est nommé axe nerveux par Delachapelle et Laude (1974), pour qui la distance séparant les deux orifices, chez Homo sapiens, varie peu par rapport à la hauteur, la longueur et l'angle mandibulaire, la distance condyle-coroné, le diamètre condylien maximal et d'un côté à l'autre chez un individu donné. Delachapelle et Laude avancent : « *La distance épine de Spix–trou mentonnier est celle dont les mensurations sont le plus souvent, et de très près, symétriques. Définissant un trajet nerveux, et soustraite, à la différence des formations osseuses périphériques, aux contraintes musculaires, elle nous semble pouvoir représenter une structure de référence stable. Au moment où l'étude structurale et architecturale de la face s'élabore, cet apport peut n'être pas négligeable.* »

Delachappelle *et al* (1981) distinguent en outre, comme nous le proposons, le segment FM-TM du trajet interne du canal mandibulaire. L'axe nerveux n'est en fait que « la corde tendue aux deux extrémités de l'image arciforme du canal dentaire ». Sa courbure interne a, quant à elle une valeur ontogénique bien étudiée par Björk (1969) et fait partie des signes présomptifs de rotation mandibulaire. Dans son analyse typologique de la croissance mandibulaire, ce dernier observe un canal mandibulaire courbe en cas de

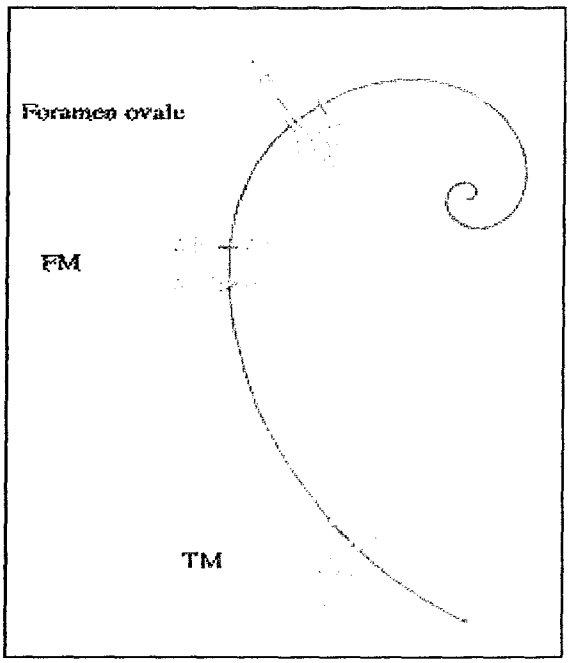


Figure 15 : La spirale logarithmique du nerf mandibulaire selon Moss et Salentijn (1971), vue de la face droite du crâne en norma lateralis. Les positions moyennes des foramina sont dans l'ordre, de l'intérieur vers l'extérieur de la spirale : le foramen ovale, le FM puis le TM. Noter la proximité des 4 groupes humains étudiés : AB=Aborigènes ; AI : Indiens américains ; ASH=Ashantis ; H=Hongrois.

rotation mandibulaire antérieure, rectiligne en cas de rotation postérieure. D'après Gaspard (1979), « *plus la disposition hélicoïde de la mandibule et de l'arcade dentaire inférieure est accentuée, plus la courbe sigmoïde décrite par le canal mandibulaire est elle même prononcée* ». Delachappelle *et al* (1981) notent une étroite liaison entre la courbure du canal mandibulaire et l'angle mandibulaire. Cette courbure s'avère donc bien être un élément présomptif de rotation mandibulaire. Les auteurs étendent de plus la valeur typologique de cette courbure à la totalité du trajet nerveux tel qu'il apparaît sur un cliché téléradiographique en norma lateralis entre le foramen oval, le foramen mandibulaire et le foramen mentonnier.

Moss et Salentijn (1971) ont démontré que le nerf mandibulaire suit, chez l'homme actuel, toujours le même trajet dans le plan sagittal: une spirale logarithmique (voir figure 15). En repérant le foramen ovale, le FM et le TM dans différentes populations humaines, ils ont observé que ces trois points se positionnaient invariablement sur cette courbe unique et commune à toute l'humanité, à des distances similaires. Plus l'on s'éloigne du centre de la spirale, plus les différences observées sont grandes (quoique, encore une fois, peu importantes), et ce de façon logarithmique ; plus le foramen observé est périphérique, plus il semblera s'éloigner par rapport aux précédents. Ceci s'explique, nous le verrons, par la croissance.

1.1.4. Les éléments vasculo-nerveux.

1.1.4.1- Artère alvéolaire inférieure.

Elle naît de la face inférieure de l'artère maxillaire interne près du bord inférieur du ptérygoïdien externe. Elle se dirige obliquement en bas, un peu en dehors et en avant vers le foramen mandibulaire, rejointe près de celui-ci par le nerf mandibulaire sur le flanc postero-externe duquel elle se place (Pelletier, 1969). Peu après son entrée dans le canal mandibulaire, elle se situe dans la portion inféro-médiale (50% des cas) ou inféro-latérale du canal (50% des cas) ; au milieu du trajet du canal, elle se situe dans la portion inféro-médiale. Son diamètre moyen est de 0,7 mm (Ikeda, 1996).

Durant son trajet, elle donne de nombreuses branches (Pelletier, 1969):

- Avant son entrée dans le canal, elle donne naissance à l'artère mylo-hyoïdienne qui parcourt la gouttière mylo-hyoïdienne ; ainsi qu'à l'artère du nerf lingual.
- Les artères dentaire, qui se dirigent vers chacun des organes dentaires.
- L'artère incisive, qui se détache de l'artère au niveau du canal mentonnier et se dirige avec le nerf vers la région symphysaire.
- L'artère mentonnière qui constitue la branche terminale ; elle se distribue aux muscles et aux parties molles du menton et s'anastomose avec l'artère sous-mentale.

1.1.4.2- Veine alvéolaire inférieure.

Le réseau veineux intra-osseux est très peu décrit. Les veines pulpaires, parallèles aux artères se drainent vers la ou les veines alvéolaires inférieures, qui se drainent elles-mêmes dans la veine maxillaire interne ou dans le plexus veineux alvéolaire (Pelletier, 1969).

1.1.4.3- Nerf alvéolaire inférieur

Il est la branche de division le plus volumineux du nerf mandibulaire (V3), dont il continue le trajet. Il descend verticalement dans la loge interptérygoïdienne, longeant en dehors l'aponévrose. Il se dirige vers le foramen mandibulaire avec l'artère dentaire inférieure, placée en arrière et un peu en dehors de lui. Avant de pénétrer dans le canal, il donne naissance au nerf mylo-hyoïdien qui s'engage dans le canal ostéo-fibreux formé par l'os et le LSM (Pelletier, 1969) (voir figure 12).

Dans le canal mandibulaire, le nerf alvéolaire inférieur fournit des rameaux à chacune des trois molaires inférieures, parfois à la deuxième et à la première prémolaire. Son diamètre varie de 2,2 mm (Ikeda, 1996) à environ 5 millimètres (Gauthier, Morin, 1998). Il n'est pas toujours formé d'une seule branche et peut être parfois fasciculé en divers ramuscules empruntant des canalicules, dérivations du canal principal (Parant, 1963). Selon Ikeda *et al* (1996), le nerf alvéolaire inférieur dans le canal mandibulaire comporte 3 branches :

- Un rameau rétromolaire qui se sépare du nerf principal au niveau du FM, le suit sur un trajet de 2 à 5 mm puis oblique vers le haut derrière la troisième molaire. Il émerge du corps de la mandibule par un foramen situé dans l'espace rétro-molaire (Carter et Keen, 1971).
- Un rameau molaire qui se sépare du nerf principal, le suit puis diverge vers le haut.
- Un rameau incisif (voir ci-après).

Le nerf alvéolaire inférieur se termine dans deux tiers des cas au niveau du TM, en un nerf incisif qui poursuit son chemin dans le diploé et fournit des rameaux à la canine et aux deux incisives, et en un nerf mentonnier, analogue du nerf sous-orbitaire, qui s'épanouit en un bouquet de rameaux qui assurent la sensibilité superficielle de la lèvre inférieure et du menton. Le nerf mentonnier peut naître dans un tiers des cas du nerf alvéolaire inférieur dès le FM ; dans cette disposition, il parcourt le canal mandibulaire jusqu'au TM (Gauthier, Morin, 1998).

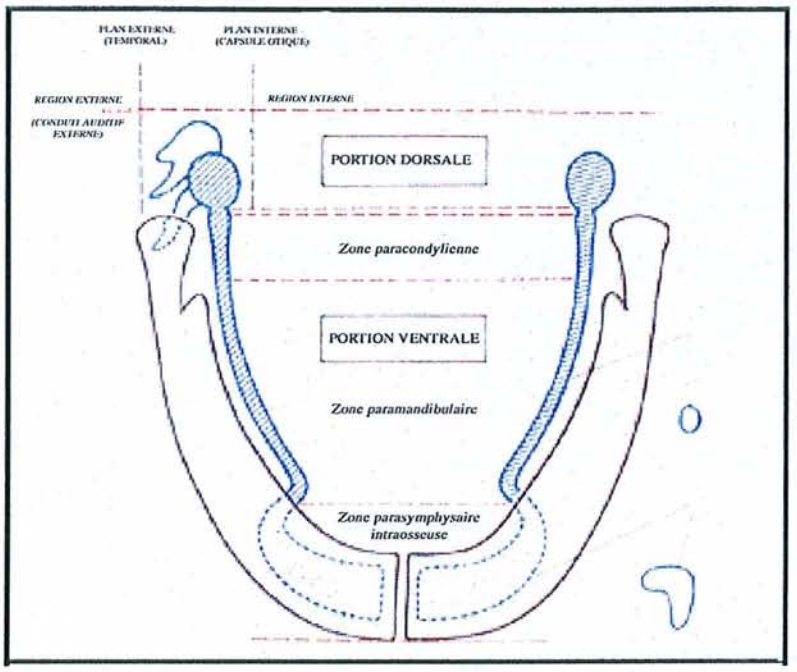


Figure 16 : Cartilage de Meckel (en bleu) d'après Mugnier (1964).

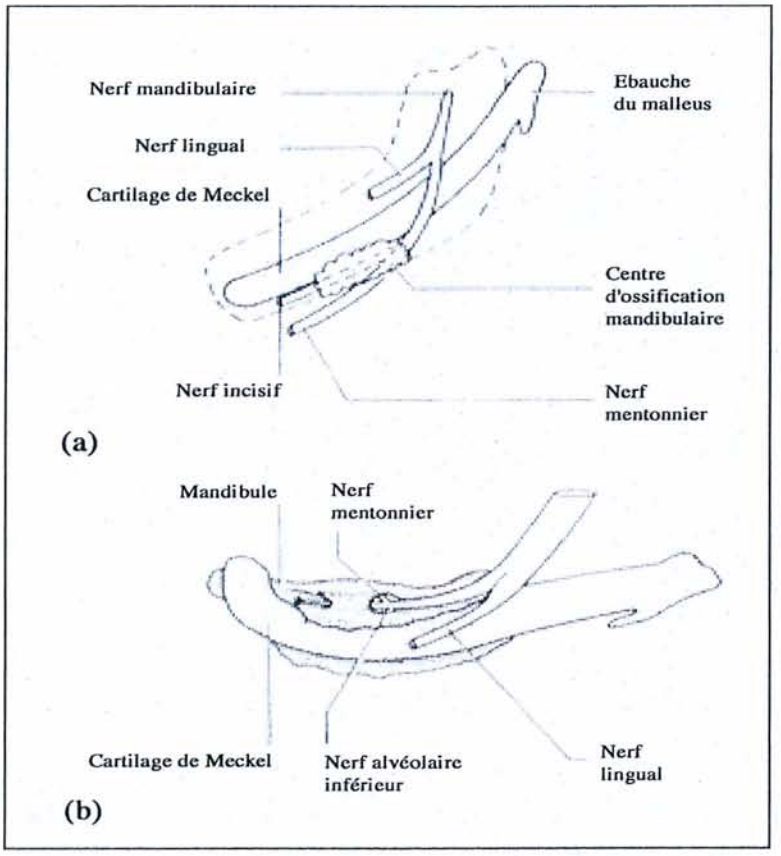


Figure 17 : (a) : Schéma du centre d'ossification de la mandibule latéralement au cartilage de Meckel, à la bifurcation du nerf alvéolaire inférieur (6 semaines IU).
(b) : illustration du développement de la mandibule après l'inclusion des nerfs mentonnier et incisif (8 semaines IU). D'après Osborn (1981).

1.2- Embryologie

1.2.1- Rappel : embryogénèse de la mandibule

La mandibule se développe à partir du premier arc branchial, dont le cartilage est le cartilage de Meckel (voir figure 16). La partie postérieure (tympanique) de ce cartilage donne naissance à l'incus et au malleus et participe à la formation du ligament antérieur du marteau, son segment antérieur (extra-tympanique) donne naissance au LSM tandis que sa moitié distale, située entre l'épine de Spix et le point de pénétration du cartilage dans la mandibule, fusionne avec le périoste de la face interne de la mandibule. Enfin, antérieurement, il sert de tuteur à l'ossification de la mandibule (Mugnier, 1964 ; Gaspard, 1978 ; Mjör I.A, Fejerskov O, 1986). Le nerf alvéolaire inférieur est accolé latéralement au cartilage de Meckel sur toute sa longueur (Ten Cate, 1998, voir figure 17).

L'ossification du corpus de la mandibule débute sous la forme d'une condensation mésenchymateuse à la 6ème semaine IU (intra-utero) à la bifurcation du nerf alvéolaire inférieur en nerf mentonnier et nerf incisif, en dehors et à distance du cartilage de Meckel (Mugnier, 1964 ; Bolender, 1972, Osborn 1981, Ten Cate 1998). A 7 semaines, l'ossification de membrane débute au sein de cette condensation, formant le premier os de la mandibule (Ten Cate, 1998). Ce noyau mandibulaire principal se développe vers la symphyse en circonscrivant le nerf mentonnier, ainsi que vers le bas et vers l'arrière (voir figure 17) jusqu'à la région du foramen mandibulaire (Osborn, 1981 ; Ten Cate, 1998). Cette première structure à se former constitue le segment neural de la mandibule.

Postérieurement, deux processus apparaissent au sein du mésenchyme du premier arc, distinct du cartilage de Meckel (Ten Cate, 1998): l'un musculaire, le processus coronoïde ; l'autre articulaire, le processus condylien. En bas et en arrière, le processus angulaire, à vocation musculaire, se développe. A l'extrémité latérale et supérieure de ce dernier, un cartilage secondaire apparaît entre la 10ème et la 12ème semaine: le cartilage

articulaire (Osborn, 1981). Le processus condylien, à l'ossification enchondrale, prend la forme d'un cône, la carotte condylo-spigienne, dont la pointe se situe au niveau du foramen mandibulaire, distinct et enserré au sein de l'os membraneux des autres apophyses, ce qu'ont bien montré Mugnier (1964) et Ten Cate (1998) (figure 18).

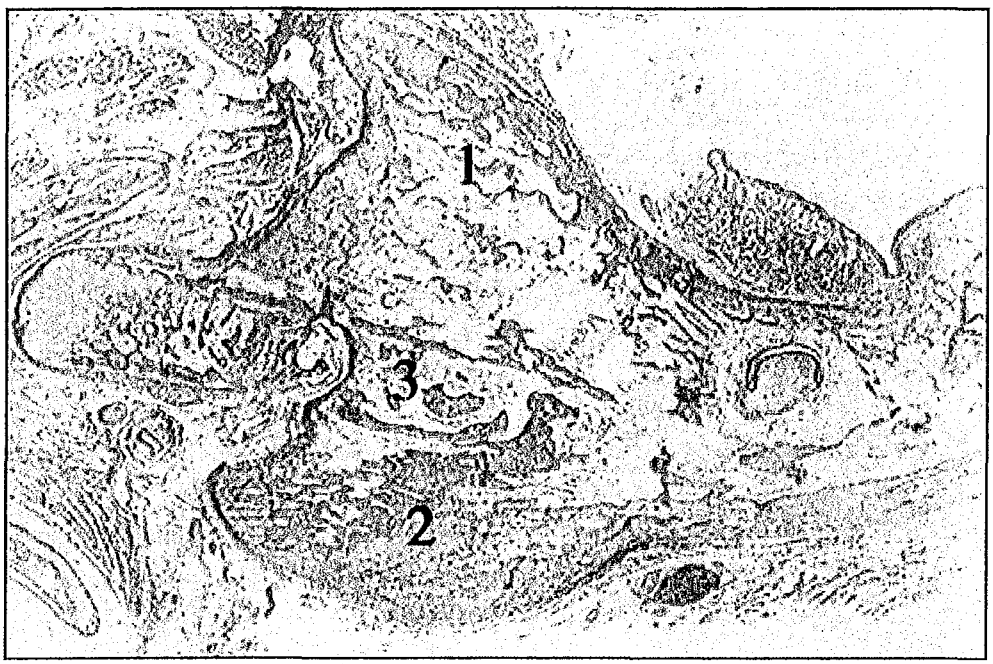


Figure 18 : Coupe histologique du ramus mandibulaire d'un fœtus à moyen terme montrant la distinction entre l'ossification cartilagineuse (carotte condylo-spigienne) et l'ossification membraneuse. 1 : processus coronoïde. 2 : processus angulaire. (D'après Ten Cate, 1998).

L'embryologie rend donc compte de l'organisation de la mandibule en un « pilier » (le corps mandibulaire) auquel sont annexées des apophyses musculaires angulaire et coronoïde et qui s'articule au niveau de la région spigienne avec la structure condylienne (Delachapelle, 1978).

1.2.2- Embryogénèse du canal mandibulaire

Alors que le nerf alvéolaire s'individualise à la 7ème semaine de la vie embryonnaire, le canal mandibulaire qui l'entoure se développe graduellement durant la seconde moitié de la vie intra-utérine (Sicher et Pohl, 1934).

Au 4ème mois IU, le canal mandibulaire n'est pas encore séparé des alvéoles dentaires et ses foramina ne sont pas apparus (Bollobas, 1982).
Au cours de ce 4ème mois, le noyau mandibulaire principal réalise une lame externe qui s'épaissit et se développe vers le bas puis se réfléchit vers le haut en lingual, entre le nerf alvéoaire inférieur et le cartilage de Meckel, réalisant la lame interne. Se forme ainsi une gouttière qui encercle de bas en haut une veinule osseuse (le futur canal de Serres), le paquet vasculo-nerveux et les bourgeons dentaires issus de la lame dentaire. La trabéculation osseuse s'insinue entre ces trois éléments en matérialisant les alvéoles dentaires, le canal mandibulaire et le canal de Serres, et réalisant dans son ensemble la branche horizontale de la mandibule (Mugnier, 1965). Cette formation osseuse s'étend jusqu'à la région où le nerf mandibulaire se divise en nerf alvéolaire inférieur et nerf lingual, c'est à dire l'emplacement du foramen mandibulaire (Ten Cate, 1998).

1.2.3- Embryogénèse de l'area peringualis

Au cours du cinquième mois (Wissmer, 1927 ; Bollobas, 1982), la lame interne émet un prolongement distal spatuliforme qui se développe jusqu'au centre de la branche montante et s'y soude au 7ème mois. Au huitième mois, l'apophyse spatuliforme a perdu son individualité et s'est unie aux processus condylien, coronoïde et angulaire de la branche montante ; seule subsiste la trace de ses limites primitives sous forme du fond de la sixième alvéole et du sillon mylo-hyoïdien. Quant à son extrémité restée libre, elle préfigure l'épine de Spix. Une fois cette dernière achevée, le processus peut se poursuivre et donner

naissance à l'*antilingula*. Chez l'adulte, la *lingula*, issue du cartilage de Meckel, témoigne encore de la divergence des structures osseuses qui lui sont postérieures, issues elles du mésenchyme du premier arc (Ten Cate, 1998) (Voir figure 3-31 Ten Cate).
Enfin, juste avant la naissance, le FM initialement circulaire tend à s'allonger verticalement et prend une forme ovoïde (Bollobas, 1982).

Les variations du modelé de l'*area perilingualis* résultent, selon Gaspard (1978), des fluctuations affectant la séquence des différenciations locales lors de la vie prénatale. On peut y distinguer trois mécanismes :

- L'ossification de membrane, qui se trouve à l'origine de lamelles qui dans certains cas restent distantes, dans d'autres se rejoignent et fusionnent intimement.
- Des nodules vestigiaux du cartilage de Meckel peuvent se trouver à l'origine d'un processus localisé d'ossification enchondrale (quoique selon Ossenberg, ce processus aurait plutôt lieu à la puberté).
- L'aponévrose interptérygoïdienne et le ligament sphéno-mandibulaire peuvent, en certains sites, se minéraliser.

Il en résulte la constitution de lamelles papyracés obturantes ou d'opercules transformant des gouttières en canaux, des fosses en cellules.

Ossenberg (1974a) attribue l'origine de la lame vasculaire d'Hovelacque et Virenque (dont nous rappelerons le rôle dans la formation de l'arche mylo-hyoïdienne) à ses relations avec le cartilage de Meckel. Au cours de l'embryogénèse, le nerf mylo-hyoïdien reste accolé latéralement à ce dernier et médialement à l'apophyse spatuliforme. A ce niveau, (de la *lingula* au foramen mentonnier) le cartilage de Meckel va dégénérer pour devenir un tissu fibreux (mêlé au périoste) dans lequel des reliquats amorphes de cartilage pourront persister quelque temps. L'arche mylo-hyoïdienne serait ainsi un variant génétiquement déterminé du cartilage de Meckel, dont les reliquats conservent un potentiel ostéogénique réactivé par des facteurs associés au pic de croissance pubertaire.

1.2.4- Embryogénèse du foramen mentonnier

Le TM commence à se former au cinquième mois IU. Il est au départ ouvert vers le haut puis, en deux semaine, le développement de la lame externe le ferme complètement (Bollobas, 1982). Le nerf mentonnier et les éléments vasculaires n'occupent alors pas la totalité du TM (dont le diamètre peut être 10 fois plus grand que celui du nerf), la majorité de l'espace étant comblée par du tissu lâche mésenchymateux : il semble donc que le TM soit « préformaté » pour une croissance ultérieure (Radlanski *et al*, 2002).

On observe que le TM, d'un point de vue embryologique, occupe une position importante:

- Il correspond au site initial de l'ossification mandibulaire (Mugnier, 1964 ; Bolender, 1972 ; Bollobas, 1982 ; Kjaer, 1989). Ce fait est d'ailleurs souligné par Delachapelle (1978) : « *On voit l'importance de cette bifurcation, près du trou mentonnier, dans l'ossification de la mandibule ; elle en est le point de départ et sera pour ainsi dire le lieu d'origine de la croissance mandibulaire* ».
- Il est un lieu charnière entre la partie antérieure et la partie postérieure du corps mandibulaire (Gaspard, 1978). Le cartilage de Meckel est à son niveau le siège d'une hypertrophie cellulaire et d'une colonisation vasculaires (Bolender, 1972) avec deux conséquences qui sont d'une part l'accroissement et la plicature du cartilage de Meckel à partir du TM et la participation de ce cartilage à l'ossification de la zone du TM (qui est, avec la symphyse, la seule zone mandibulaire où le cartilage de Meckel n'est pas purement et simplement résorbé).

1.2.5- Importance du nerf alvéolaire inférieur

Au cours de la période embryonnaire, *« le centre primaire originel d'ossification produit le corps de la mandibule jusqu'au foramen mandibulaire : c'est l'élément neural»* (Scott et Dixon, 1972). Le nerf mandibulaire remplirait un rôle essentiel au cours de ce processus : l'ossification de la mandibule du TM au FM s'effectue en relation et dans l'axe de ce nerf, qui en serait un facteur décisif (Scott et Dixon, 1972 ; Ten Cate, 1998).
Sur cet élément neural (le corps) viennent se « brancher » deux autres éléments issus du mésenchyme du premier arc, distincts et gouvernés par des facteurs différents : l'un par une fonction articulaire et une croissance cartilagineuse (le processus condylien), l'autre par les forces musculaires (le processus coronoïde). Le FM se situe à la rencontre de trois unités fonctionnelles distincte, ce qui explique sa position centrale à l'union des axes médians de ces trois éléments, telle que l'on décrite Koski et Varrela (1997).

1.3- Croissance post-natale

1.3.1- Le foramen mandibulaire

1.3.1.1- Arguments en faveur d'une stabilité du FM au cours de la croissance.

Depreux (1958) a montré qu'au cours de la croissance, la *lingula* effectue un mouvement vers le haut et l'arrière : jusqu'à l'âge de 5 ans, elle se situe à mi-distance des bords antérieurs et postérieurs de la branche montante sur un plan tangent au rebord alvéolaire ; entre 6 et 10 ans, elle se hausse au niveau du plan d'occlusion ; après 10 ans, elle se trouve à 10 mm au dessus de ce plan et tend à se rapprocher d'une ligne verticale séparant les tiers moyen et postérieur de la branche montante.

Par extension, le FM décrirait donc un trajet vers le haut et l'arrière au niveau de la branche montante. La croissance mandibulaire s'effectuant vers le bas et l'avant (Château, 1993 ; Mugnier, 1964), on peut donc envisager une certaine stabilité du FM. Cette stabilité est décrite par Enlow (1975) : « *alors que le ramus subit une croissance postérieure et supérieure, le foramen mandibulaire glisse vers le haut et l'arrière par apposition antérieure et résorption postérieure. Le foramen maintient une position constante environ au centre, entre le bord postérieur et le bord antérieur du ramus. Même quand le ramus subit des altérations marquées associées à l'édentement (au cours duquel il devient plus étroit), ce foramen conserve habituellement une position centrale* ».

Delachappelle et al (1981), quant à eux, reconnaissent la qualité du repère de croissance que constitue l'épine de Spix qui « *contrairement à Xi, est soustraite aux contraintes fonctionnelles musculaires et s'avère être le jalon de choix pour l'étude des structures postérieures de la mandibules.* »

Plusieurs faits peuvent expliquer cette stabilité. D'une part, le FM constitue l'orifice d'entrée du paquet vasculo-nerveux alvéolaire inférieur :

- L'artère alvéolaire inférieure pourrait être assimilée à l'artère nourricière principale d'un os long, jouissant d'une situation neutre et stable (Koski et Varrela, 1997 ; Brookes, 1971 ; Pauwels, 1965).
- Le nerf alvéolaire inférieur remplit, comme nous allons le voir (1.3.4), une fonction inductrice dans le développement de la mandibule. Remplissant ce rôle, il serait logique qu'il occupe une position stable alors que la mandibule se développe autour et en fonction de lui.

D'autre part, par l'intermédiaire du LSM, l'épine de Spix occuperait un rôle central dans la croissance postérieure de la mandibule en agissant comme une véritable tubérosité à partir de laquelle le corps mandibulaire « *se dégagerait et s'allongerait comme le maxillaire à partir de la sienne* » (Delaire, 1990).

1.3.1.2- Formation de l'arche mylo-hyoïdienne

Selon Ossenberg (1974a), l'arche mylo-hyoïdienne résulterait de l'ossification d'îlots cartilagineux meckeliens relictuels inclus dans la *lame vasculaire d'Hovelacque et Virenque* (voir « ligament sphéno-mandibulaire », 1.1.1.6). Ces vestiges seraient exceptionnellement réactivés lors de la crise pubertaire entraînant la formation de l'arche mylo-hyoïdienne. Cette structure n'a en effet jamais été observée chez des individus âgés de moins de 11 ans et sa fréquence augmente rapidement entre 12 et 20 ans (Ossenberg, 1974a). Selon Smith (1978), ce fait indiquerait que des facteurs apparaissant durant la vie de l'individu sont responsables de l'apparition du trait. D'après Ossenberg (1974a), il existerait un délai d'action des gènes contrôlant cette structure, qui ne s'exprimeraient qu'à partir de la puberté. En outre, la portion de la lame vasculaire subissant une ossification varie entre les individus.

Les trois types spixiens décrits par Périer (voir « épine de Spix ») pourraient correspondre, selon Gaspard (1978), à des degrés d'ossification divers de la lame vasculaire d'Hovelacque et Virenque ; les types spixiens A et C refléteraient une timide ébauche d'arche mylo-hyoïdienne, le type B à l'absence totale de pont osseux. Cependant, il est difficile de souscrire à cette hypothèse selon laquelle la *lingula* et l'*antilingula* résulteraient elles aussi d'une ossification de la lame vasculaire. Nous avons vu en effet (voir « embryologie ») que ces deux structures se forment beaucoup plus tôt (avant la naissance) et proviennent de l'apophyse spatuliforme, prolongement postérieur du noyau principal de la mandibule.

1.3.2- Arguments en faveur d'une stabilité du foramen mentonnier au cours de la croissance .

Chez le nouveau-né et l'enfant, le TM se situe en regard du germe de la canine définitive ou au niveau de cette dent lorsqu'elle fait éruption (Olivier, 1949). Selon Coqueuniot (2000), il se situe entre les alvéoles de la canine temporaire et de la première molaire temporaire (46%) ou sous cette dent (47%) pendant la phase de dentition déciduale (et ce sans différences significatives entre les sexes et les populations) et entre les deux prémolaires après l'éruption de la deuxième molaire permanente. Toutefois, d'après Aktekin *et al* (2003), un important décalage du TM peut être observé dès la dentition déciduale.

Par rapport à la symphyse mentonnière et dans le sens antéro-postérieur, Olivier (1949) le situe à 14 mm chez le fœtus à terme, à 20 mm à 7 ans, à 24mm ± 4 mm chez l'adulte. Par la suite, chez l'adulte, sa position par rapport à la symphyse ne varie plus (Aktekin *et al*, 2003).

Avant l'éruption de la première molaire, le TM migre peu (ou pas du tout) par rapport aux dents. Il migre ensuite postérieurement entre l'éruption de la première molaire et celle de la deuxième molaire ou peu après (Williams et Krovitz, 2004).
Le TM semble donc reculer au sein de la mandibule pendant la croissance.

Le TM, situé primitivement très bas chez le jeune enfant, presque au contact du bord mandibulaire inférieur, s'élève progressivement pour occuper sa situation habituelle chez l'adulte (Gaspard, 1978 ; Osborn, 1981). On avance parfois qu'il poursuit son ascension chez le vieillard pour venir affleurer la crête alvéolaire. En réalité, ce n'est pas l'orifice qui s'élève mais l'os alvéolaire qui subit une résorption (Gaspard, 1978). Cependant, selon Aktekin *et al* (2003), la position du TM par rapport au bord inférieur de la mandibule (et non le bord alvéolaire) varie avec l'âge chez l'adulte, tandis que sa position par rapport à la symphyse reste stable. Soikkonen *et al* (1995) confirment cette observation : le TM est en moyenne 3,8 mm plus bas dans les mâchoires édentées que dans les mâchoires dentées ; le canal mandibulaire est également situé plus bas, mais de façon statistiquement moins significative. Selon ces auteurs, il semble que la résorption alvéolaire s'accompagne d'une descente du TM

Le TM décrirait donc un trajet vers le haut et l'arrière au cours de la croissance, c'est à dire dans une direction opposée à la croissance mandibulaire. Ceci nous amène à penser, de la même manière que pour le FM, à une relative stabilité du TM. Cette hypothèse rejoint les opinions de Choquet (1926), ci-dessus, et de Gaspard (1979) qui observe un changement d'orientation du TM qui, de perpendiculaire au canal mandibulaire chez le jeune enfant, devient de plus en plus oblique vers le haut et l'arrière au cours de la croissance. Ceci s'explique par le fait que les couches osseuses sous-périostée se décalent progressivement les unes par rapport aux autres dans le sens postéro-supérieur (Voir schéma en annexe). Cette explication correspond, pour la mandibule, à la règle de l'orientation des canaux nourriciers des os, énoncée par Bérard (1835) dans le cas des os

longs : « *Le canal nourricier des os longs est tel qu'il se dirige (de l'intérieur vers l'extérieur) vers celle de ses extrémités qui est la première à cesser de s'allonger* ». Cette règle est toutefois à nuancer, d'autres facteurs pouvant entrer en jeu tels que l'orientation de l'élément vasculaire en lui-même et l'étirement du périoste au cours de la croissance. Néanmoins, le TM garderait une trace de la croissance mandibulaire (qui s'effectue vers le bas et l'avant) : cela indique une certaine indépendance de sa position par rapport à la croissance mandibulaire.

Le TM pourrait donc servir de repère et sa position refléter la croissance relative d'autres régions de la mandibule (Gould et Lewontin, 1979). Par exemple, la position du TM serait influencée par la croissance du ramus, du corps de la mandibule, de la symphyse, du condyle, par le développement alvéolo-dentaire et l'expansion du paquet vasculo-nerveux alvéolaire inférieur, par la migration mésiale de l'arcade dentaire (Kjaer, 1989 ; Trinkaus, 1993).

1.3.3- Arguments en faveur d'une stabilité du canal mandibulaire au cours de la croissance.

Lors des deux premières années chez l'homme actuel, le canal mandibulaire est très proche du bord basilaire (Château) puis il effectue une ascension. Selon Darling et Levers (1976), la distance entre le bord basilaire de la mandibule et le bord supérieur du canal croît progressivement dans les premières années de la vie en dessous de P2 et M1, tandis qu'en dessous de M2 et M3, il décroît avec le temps. Le trajet du canal à l'intérieur du corps mandibulaire ne semblerait donc pas stable par rapport au cadre osseux mandibulaire (qui n'est lui même pas stable puisque soumis aux forces musculaires et à la fonction) au cours de l'ontogénèse. Cependant, on peut supposer le canal mandibulaire stable au sein de la mandibule, et ce en raison de nombreux indices dans la littérature. En effet, le mouvement du TM et du FM est le même au cours de la croissance: vers le haut et

l'arrière. La direction de ce mouvement étant la même, la distance séparant les deux points pourrait être stable. Même si selon Marchal (1974) et Dufour (1972), le TM et la portion antérieure du canal présentent de plus grandes variations de situation que le FM au cours de la croissance, il ressort de leurs travaux que ces variations de situations ont été observées par rapport au cadre osseux ou dentaire périphérique et non en mettant en relation les deux points. Ceci ne va donc pas à l'encontre de l'hypothèse d'une plus grande stabilité au cours de la croissance du segment FM-TM par rapport aux autres structures mandibulaires.

Le canal mandibulaire a d'ailleurs été utilisé comme référentiel de croissance par de nombreux auteurs : Darling et Levers (1976) ont décrit l'éloignement progressif au cours de leur éruption des dents jugales par rapport au canal mandibulaire choisi comme témoin ; la partie postérieure du canal mandibulaire été identifiée par Björk et Skieller (1983) comme un repère stable dans son étude de la croissance mandibulaire ; de même, l'angle de Laude, Thilloy et Delachapelle (1978) utilise pour sa branche antérieure le canal mandibulaire et pour sa branche postérieure la carotte condylo-spigienne.

Cette stabilité ne peut être expliquée sans évoquer l'importance du nerf mandibulaire dans le développement de la mandibule.

1.3.4- Importance du nerf mandibulaire .

Le nerf alvéolaire inférieur est, comme nous l'avons vu, un facteur inducteur primordial de l'ossification de la mandibule (Scott et Dixon, 1972).

Selon Moss (1968, 1969), le déterminisme de la croissance oro-faciale est neurologique : le centre neurologique régule les tissus périphériques placés sous sa dépendance, ces derniers régulant en retour le centre neurologique. Des ensembles fonctionnels (les matrices) s'organiseraient autours d'une branche nerveuse régissant l'exécution d'une fonction.

Selon Enlow (1965), les branches nerveuses suscitent des réponses des structures osseuses

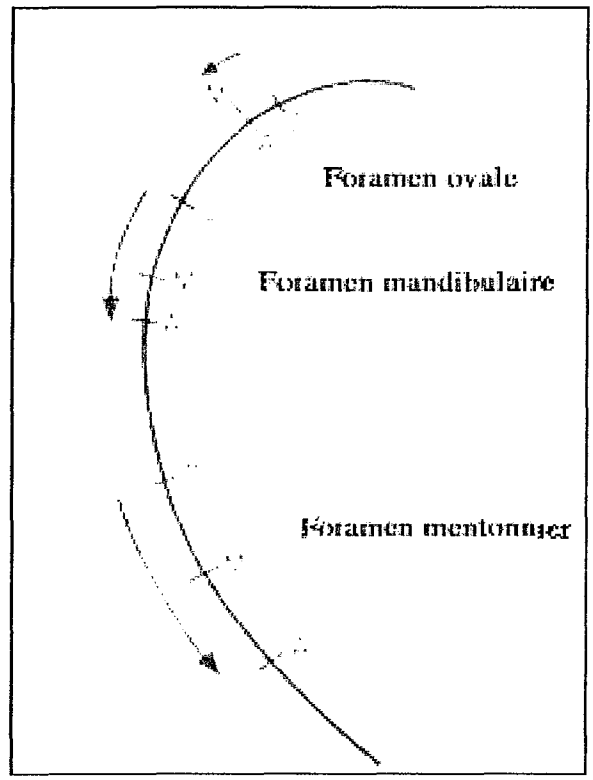


Figure 19 : Changement de position des 3 foramina au cours de la croissance.
D : denture déciduale ; M : denture mixte ; A : denture adulte.

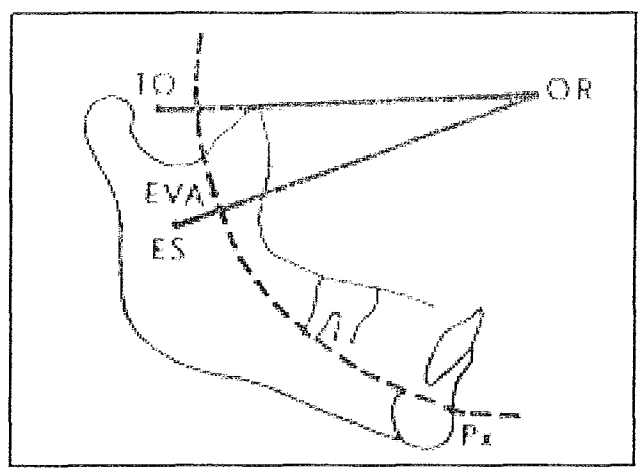


Figure 20 : Image curviligne de Ricketts et ses rapports avec le foramen ovale (TO) et l'épine de Spix (ES) d'après Delachappelle *et al* (1981).

mais également musculaires placées sous leur dépendance. Ce concept de croissance neuro-matricielle de la face fait ainsi du trijumeau un tuteur au développement facial. Laude (1978) utilise l'expression de pince trigéminale (voir figure Stricker, p 79) organisant les trois étages de la face grâce à ses trois branches nerveuses ou axes neuro-matricielles (Delachapelle, Laude, 1974). Behrents et Johnston (1984) confirment ce modèle théorique en vérifiant chez l'animal la conséquence d'altération du tissu nerveux trigéminal embryonnaire. Le lien étroit qui relie os et nerf est enfin attesté par la théorie des neurocristopathies de Couly *et al* (1980).

Le nerf mandibulaire ayant donc la stabilité d'un véritable tuteur de croissance, tout ce qui se trouve en immédiate proximité de ce tuteur accuserait la même stabilité : il en serait ainsi du canal mandibulaire et de ses deux orifices. Moss et Salentijn (1971) l'ont démontré, comme nous l'avons vu précédemment (1.1.3) : le foramen ovale, le FM et le TM, situés sur le trajet du nerf mandibulaire, se placent toujours sur une seule et unique spirale logarithmique chez l'homme actuel. Ils ont également montré que cette courbe demeure constante avec la croissance (voir figure 19). Au cours de la croissance (« hors pathologie », ajoute Delachapelle, 1978), ces trois points parcourent cette courbe; plus les points sont périphériques, plus la distance qu'ils parcourent est grande.

Ce fait serait dû, selon Hildyard et al (1976), à un différentiel croissant d'accrétion entre les parties supérieure et inférieure du ramus (l'accrétion osseuse serait plus importante dans la partie basse du ramus que dans la partie haute), le ratio entre les taux d'accrétion demeurant constant. On observerait donc une augmentation de la distance FM-TM par rapport à la distance FM-base du crâne, mais suivant une configuration commune à tous les hommes actuels.

Ceci a une conséquence qu'il convient de préciser : L'image curviligne de Ricketts et son centre OR (déterminés par EVA et Px, voir figure 20), qui caractérise la mandibule dans ses formes et dimensions globales, semble intimement lié au foramen ovale et à l'épine de Spix et les distances qui séparent OR de ces deux points sont quasiment égales et hautement liées statistiquement (Delachappelle *et al*, 1981).

Selon Moss et salentijn (1971), le nerf mandibulaire est « *comme un câble (un câble grandissant, bien sûr) le long duquel la mandibule se déplace.* » Au cours de la croissance mandibulaire sous l'effet de l'expansion des espaces (ou capsule) fonctionnels oro-pharyngés, l'un des impératifs biologiques serait l'absence de traumatisme du paquet vasculo-nerveux alvéolaire inférieur : il existerait à cet effet une unité micro-squelettique basale supportant et protégeant ce dernier (Moss, 1962) et préservant ainsi le « câble » que constitue le nerf alvéolaire inférieur.

Ce rôle prépondérant de l'axe neuro-matriciel que constitue le nerf mandibulaire explique sa stabilité au cours de la croissance mais également d'un individu à l'autre. Selon Moss (1971), les matrices fonctionnelles (ici le nerf mandibulaire) serait « *morphogénétiquement plus conservatrices que les matrices périostées* (gouvernant les formations osseuses périphériques) », et en cela moins soumises aux variations interindividuelles que d'autres régions de la mandibule.

Moss (1960) dénombre à ce titre six régions distinctes dans la mandibule (voir figure 21):

- La région basale ou corpus constitue l'os entourant le canal mandibulaire. Elle forme, comme son nom l'indique, l'unité basique de la mandibule, à laquelle s'attachent les autres superstructures, et détermine la forme essentielle de la mandibule. Le corpus mandibulaire serait relié aux régions latérales par une structure adaptative de nature différente :
- L'unité condylienne ou carotte condylo-spigienne.
- L'unité coronoïdienne, structure d'insertion musculaire,
- L'unité goniaque ou angulaire, de même nature. Les structures d'insertion musculaire conditionnent la morphologie externe de ce qu'on appelle la branche montante et sont sous la dépendance des masses musculaires qui s'y rapportent (Delachapelle *et al* 1981).

La région basale, non soumise aux forces musculaires, constituerait la partie stable de la mandibule (« *morphogénétiquement plus conservatrice* ») et les autres régions constituerait

l'enveloppe de ce tuteur, soumise à la fonction. Au niveau de la mandibule comme de chaque os, il y aurait donc une portion neurale interne et primaire, base de la structure osseuse, sur laquelle vient se greffer une portion musculaire, secondaire (Stricker, Raphael, 1993).

En outre, la division aléatoire de la mandibule en branche montante et branche horizontale ne correspond pas à une réalité biologique.

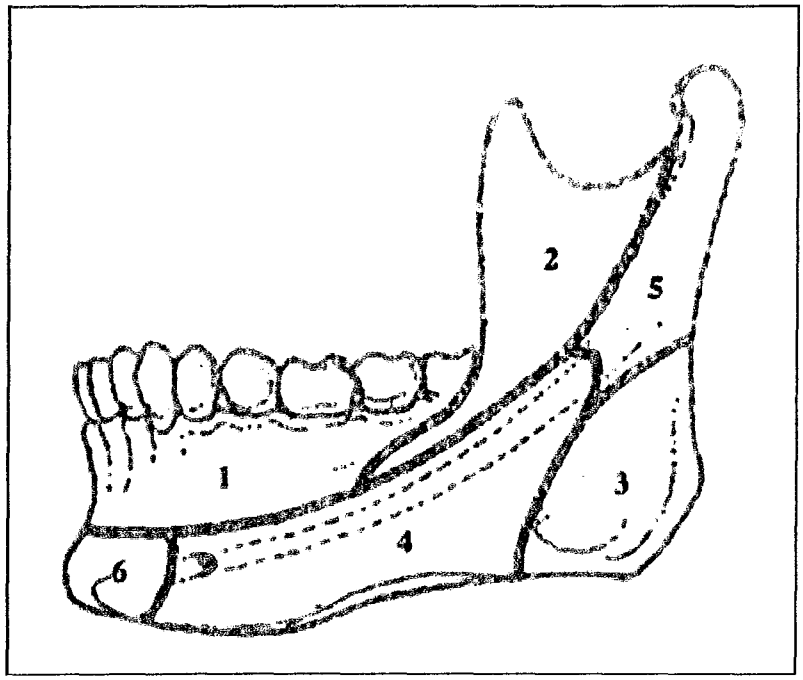


Figure 21 : Schématisation des unités squelettiques de la mandibule en vue latérale.
1 : alvéolaire ; 2 : coronoïde ; 3 : angulaire ; 4 : basale ; 5 : condylienne ; 6 : symphysaire.
D'après Moss (1968).

Par l'intermédiaire du nerf mandibulaire, la mandibule serait indissociable de la base du crâne au sein d'un *ensemble cranio-mandibulaire* qui comprend la partie médiane et moyenne de la base du crâne sphénoïdo-pétreuse et le corpus mandibulaire (Delachapelle *et al* 1981). Si le trajet du nerf mandibulaire a, comme nous l'avons vu, une haute valeur dans l'ontogénèse de la mandibule, il en a également une dans son

positionnement sous-crânien, dont l'occlusion n'est que l'effet. Nous avons vu en effet précédemment que la position du FM (donc de la mandibule) par rapport au foramen ovale (donc à la base du crâne) dépend du nerf mandibulaire. Au cours de la croissance , on observe ainsi une mésialisation du « foyer ramal » que constitue le FM par rapport à la base du crâne, qu'accompagne une dorsalisation de l'axe condylo-spigien (Delachappelle *et al*, 1981). Ce fait peut parfaitement s'expliquer par un « glissement » du FM le long du « cable » neural, vers la bas et l'avant.

Ainsi, la mandibule s'élabore autours du trajet du nerf mandibulaire mais se positionne aussi selon lui. Ce fait pourrait être d'une grande valeur en orthopédie dento-faciale mais aussi en prothèse dentaire dans la recherche de la dimension verticale d'occlusion par exemple.

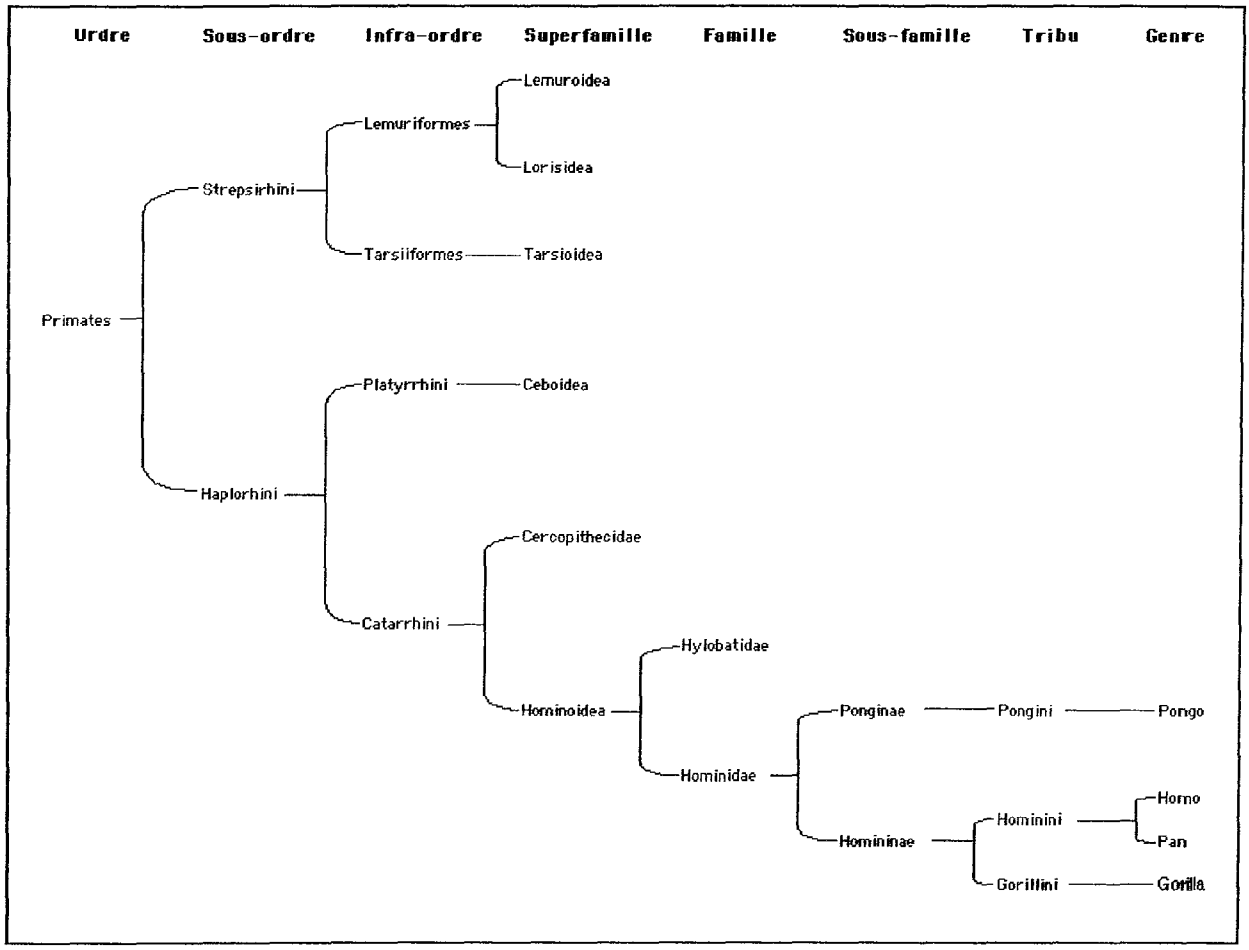


Figure 22: Systématique de l'ordre des primates d'après Hoffstetter (1982) et Fleagle (1998).

1.4- Variations au sein de la famille des hominidés

1.4.1- Rappels

1.4.1.1- Systématique

Au cours de ce dernier quart de siècle, la systématique au sein de l'ordre des primates a fait l'objet de maints remaniements, en particulier en ce qui concerne la place de l'homme et des grands singes actuels. Jusqu'au milieu des années 1960, la classification des primates était basée sur celle de Simpson (1945), qui utilisait seulement les caractéristiques morphologiques. Cette classification divisait la superfamille des hominoidés (*Hominoidea*) en deux familles : d'un côté les pongidés (*Pongidae*) rassemblant les gorilles (genre *Gorilla*), les chimpanzés (*Pan*), les orang-outang (*Pongo*), les gibbons et siamangs (*Hylobates*) ; de l'autre les hominidés (*Hominidae*) dont le seul représentant actuel était l'espèce *Homo sapiens*.

Depuis, les progrès de la sérologie puis de la biologie moléculaire n'ont eu de cesse de rapprocher les genres *Homo, Pan et Gorilla*. En 1963, l'étude de Goodman des protéines sériques aboutit à la division de la superfamille des hominoidés en trois familles : *Hylobatidae* (Siamang et Gibbon), *Pongidae* (restreint aux orang-outang) et *Hominidae* (genres Homo, Pan et Gorilla). Le contenu du taxon hominidés (extension aux hylobatidés et aux pongidés ?) et la catégorie attribuée au taxon Homo (sous-genre, genre, subtribu ou tribu ?) n'ont cessé de se modifier et de nombreux modèles ont été proposés (Bailey *et al*, 1992 ; Goodman *et al*, 1994, 1998 ; Watson *et al*, 1998). Nous utiliserons donc dans ce présent travail une classification basée sur les travaux de Hoffstetter (1982) et Fleagle (1998). Dans cette classification (voir figure 22), la famille des hominidés rassemble les genres Pongo, Homo, Pan, Gorilla ainsi que les genres fossiles classiquement placés dans la lignée humaine (Hoffstetter,1982). C'est donc sur ces genres que se focalisera notre travail. Les espèces actuelles sont représentées par *Pongo pygmaeus* (Orang-Outang), *Pan*

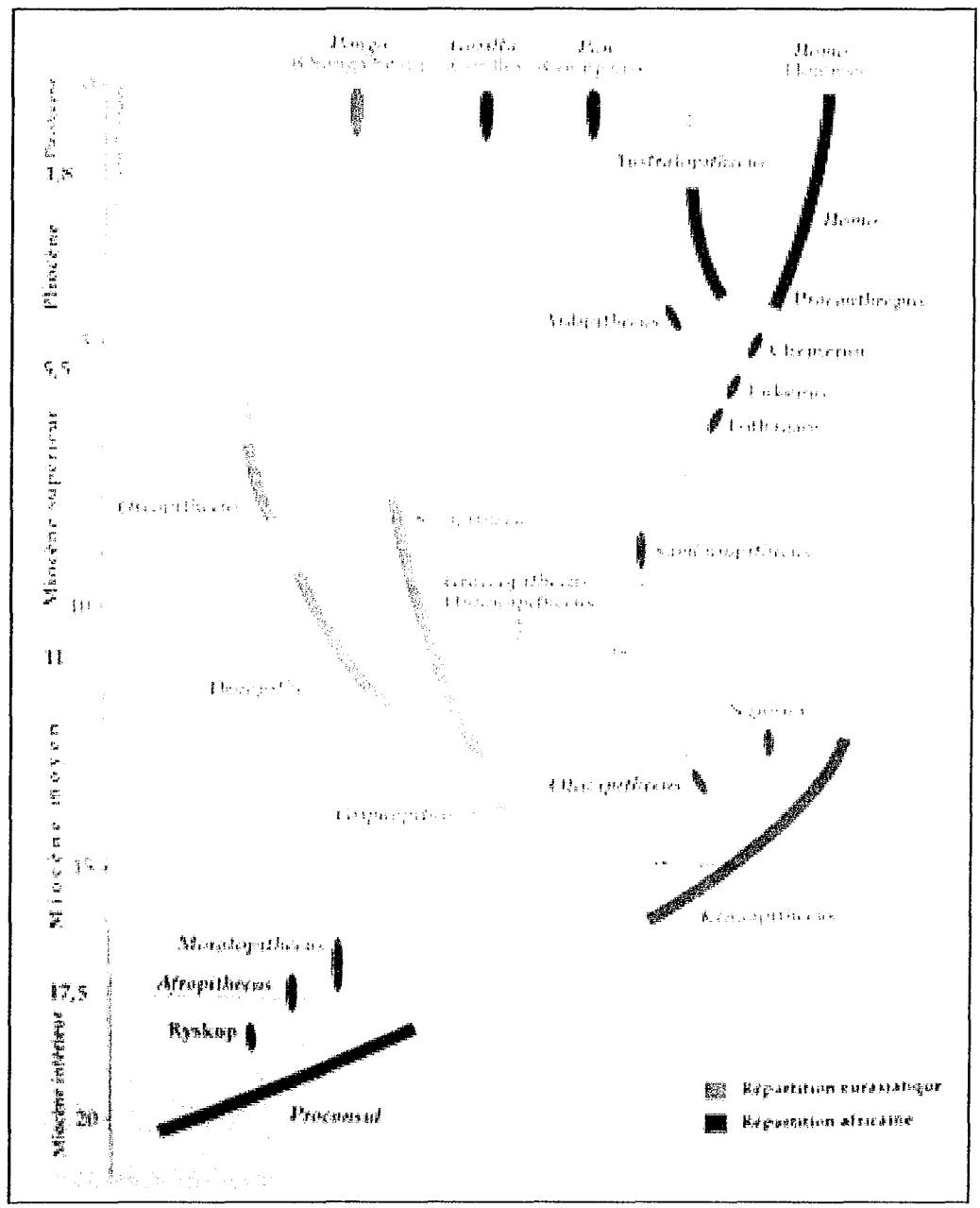


Figure 23 : Phylogénie des hominidés (Thomas et Senut, 1999)

troglodytes (Chimpanzé), *Pan paniscus* (Bonobo), *Gorilla gorilla* (Gorille) et *Homo sapiens* (Homme).

1.4.1.2- Phylogénie. (figures 23 et 24)

Les hominoïdés (superfamille *Hominoidea*) apparaissent à la fin de l'oligocène, soit vers 25 millions d'années (MA). Le plus ancien représentant est *Kamoyapithecus hamiltoni* (Susanne C *et al,* 2003). Au miocène inférieur, on trouve un foisonnement de formes avec les genres *Proconsul* (le mieux représenté), *Rangwapithecus, Turkanapithecus, Micropithecus, Limnopithecus, Dendropithecus* (Thomas et Senut, 1999). Selon Le Gros Clark et Leakey, *Proconsul* et *Limnopithecus* pourraient tous deux dériver de *Propliopithecus.* Selon ces mêmes auteurs, *Limnopithecus* serait à placer sur la lignée des hylobatidés, aux côtés de *Pliopithecus*, tandis que proconsul se situerait sur la lignée des hominidés.

A la fin du Miocène inférieur (vers 17,5 MA), les grands singes semblent se diversifier rapidement et sont largement répandus sur le continent africain. Dans les niveaux les plus anciens (17,5 à 17 MA), on trouve *Afropithecus, Turkanapithecus, Morotopithecus et Heliopithecus* ; dans les plus récents (15 à 11 MA), *Kenyapithecus et Otavopithecus* (Thomas et Senut, 1999). Parmi eux, le Kenyapithèque semble être le meilleur candidat en tant qu'ancêtre commun des grands singes et de l'homme (Susanne *et al,* 2003 ; Thomas et Senut, 1999).

Alors que les grands singes étaient largement répandus et diversifiés au Miocène inférieur et moyen, au Miocène supérieur (11-5,5 MA) ils sont très limités en Afrique mais s'épanouissent dans le sud de l'Eurasie avec le groupe des Ouranopithèques, des Dryopithèques, des Sivapithèques et des Oréopithèques, tous plus proche des ponginés que des homininés (Thomas, Senut, 1999). Les Sivapithèques pourraient être les ancêtres des Orang-Outangs (Susanne *et al,* 2003).

Nous noterons l'existence au Kenya de *Samburupithecus kiptalami* daté d'environ 9,5 MA qui comble une lacune dans les données fossilifères comprise entre 14 et 6 MA en Afrique de l'Est et pourrait être en bonne place sur la lignée des homininés.

L'ancêtre commun des homininés a certainement vécu à la fin du Miocène supérieur ou au début du pliocène ; les données de l'ADN (horloge moléculaire) situe la séparation de la lignée des chimpanzés de celle des humains entre 5 et 7 MA (Widman, 2002). Pendant longtemps, cette période cruciale fut malheureusement la plus pauvre en données fossiles en Afrique. Récemment, des fossiles d'homininés datant de la transition Miocène-Pliocène ont été découverts : *Ardipithecus ramidus* (Tim White, 1992) âgé de 4,4 MA, *Orrorin tugenensis* (Brigitte Senut et Martin Pickford, 2001) datant de 6 MA, *Sahelanthropus tchadensis* dit « Toumaï » (Michel Brunet, 2002) âgé de 5 à 7 MA. Cependant, loin de résoudre la question de l'ancêtre commun ou des premiers préhumains, ils n'ont fait qu'augmenter la difficulté de compréhension de cette période cruciale : chacun possède à la fois des caractères humains (la bipédie, entre autres) et d'autres clairement simiesque (notamment la denture chez *Orrorin* et *Ardipithecus*) (White, 1994 ; Clarke, 2001 ; Wood, 2002). Ces découvertes remettent une nouvelle fois en question le modèle d'évolution linéaire (par succession d'espèces) au sein de la lignée humaine. En effet, depuis quelques années, cette conception tend à être battue en brèche par le modèle dit « en buisson »: dans ce modèle, des caractères dérivés (nouveaux) similaires peuvent être acquis de manière indépendante dans différentes lignées, et ce à plusieurs reprises (Wood, 2002). Ce modèle complique considérablement l'élaboration d'un arbre phylogénétique et à ce jour, le problème de la généalogie de l'homme est loin d'être résolu.

A partir de 4 MA a lieu une radiation évolutive (Brunet et Picq, 2001), celle des australopithèques avec les espèces *Australopithecus afarensis* (4,1-2,9 MA, Ethiopie), *Australopithecus anamensis* (4,2-3,6 MA, Kenya), *Australopithecus africanus* (3,5-2,5 MA, Afrique du sud,), *Australopithecus bahrelghazali* (3,5-3 MA, Tchad), *Australopithecus garhi* (2,5 MA, Ethiopie). Une nouvelle espèce, de découverte récente,

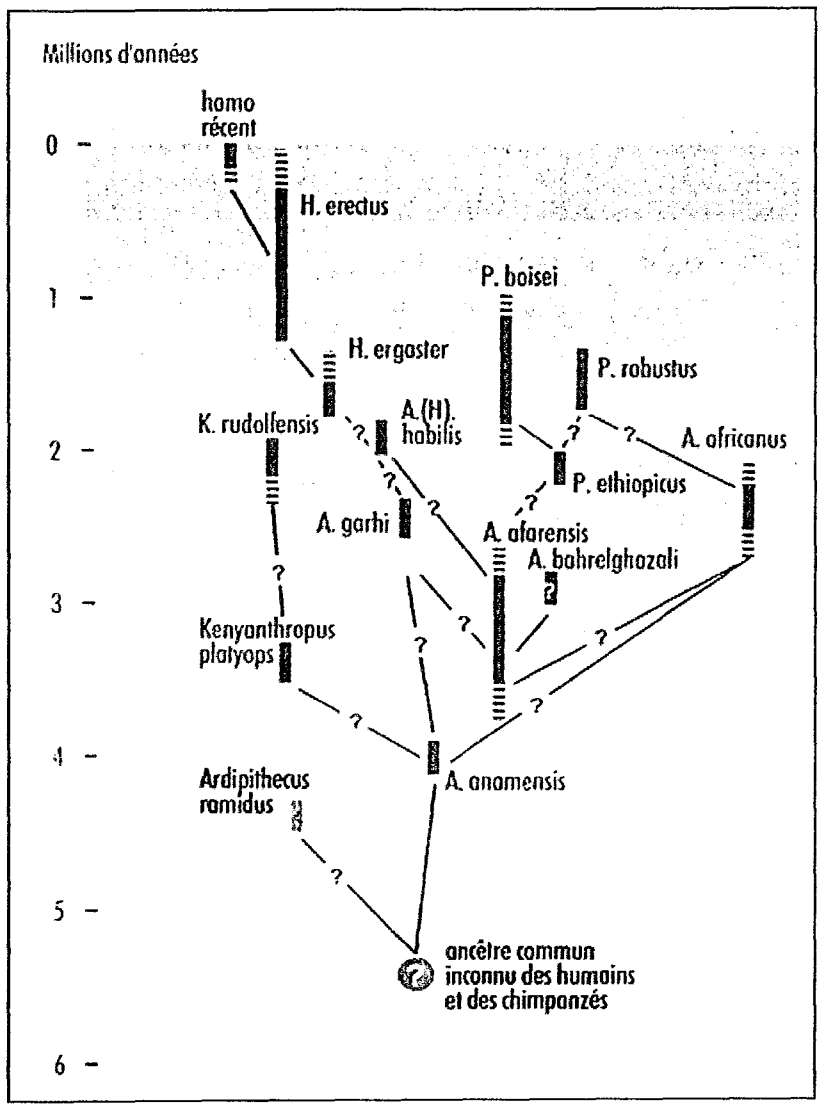


Figure 24 : Phylogénie hypothétique des homininés d'après Liebermann (2001). Les points d'interrogation représentent des lignées hypothétiques non confirmées par les données fossiles.

vient compléter cette diversité : *Kenyanthropus platyops* (3,5-3 MA, Kenya). Au sein d'une telle hétérogénéité, il est difficile de retrouver le ou les ancêtres de l'homme. De nombreuses hypothèses ont été évoquées mais, là encore, le problème est loin d'être résolu. Cependant, plusieurs travaux s'accordent pour placer l'espèce *Australopithecus africanus* dans une lignée paraphylétique ou à l'origine de celle des paranthropes, tandis qu'*Australopithecus anamensis* et *Australopithecus africanus* seraient à rapprocher de la lignée humaine (voir figure 24).

Entre 3 et 2,5 MA, une seconde radiation évolutive (Picq, 2001) intervient à la faveur d'un événement climatique (« l'omo event ») imposant une longue sécheresse en Afrique. Les australopithèques disparaissent et cèdent la place à deux nouvelles lignées, les paranthropes et les premiers hommes (voir annexe). Les premiers sont caractérisés par la robustesse impressionante de leur appareil manducateur et comprennent les *espèces Paranthropus aethiopicus* (2,7-2,3 MA), *Paranthropus boisei* (2,4-1,2 MA) et *Paranthropus robusutus* (2,2-1,1 MA). Les seconds, associés à des outils de pierre taillées (bien qu'il pourrait en être de même pour le genre Paranthrope) et à capacité cérébrale augmentée, appartiennent aux espèces *Homo habilis* (2,5 –1,6 MA) et *Homo rudolfensis* (2,4-1,7 MA), mal distinguées l'une de l'autre.

Il y a 1,9 MA apparaît un hominidé plus grand, à la bipédie plus affirmée, et au cerveau plus développé : *Homo ergaster* (1,9-1 MA). Il sera le premier homme à sortir d'Afrique pour partir à la conquête de l'Asie et de l'Europe. Son descendant *Homo erectus* pourrait représenter une variante asiatique de la même espèce, qui perdurera localement jusque vers 300000 ans en Indonésie (Hublin, 2001). Des fossiles retrouvés au Maroc (carrière Thomas) et en Afrique de l'est ont néanmoins été attribués à *Homo erectus*. De plus, il est difficile de distinguer les *Homo erectus* africains de *Homo ergaster*. C'est pourquoi les deux espèces sont parfois rassemblées sous le vocable d'*Homo erectus lato sensu* (Grimaud-Hervé *et al*, 2002). De cet ensemble d'espèces naîtront 2 lignées : la lignée d'*Homo heidelbergensis* puis *neanderthalensis,* et la lignée d'*Homo sapiens.*

En Europe, sous l'effet des périodes glaciaires (Hublin, 2001), on observe, à la suite d'une espèce de transition, *Homo heidelbergensis* (500000-80000 ans) marqué par un phénomène de « néandertalisation », l'apparition du faciès caractéristique de l'homme de Néandertal ou *Homo neanderthalensis* (80000-30000 ans). La distinction entre les *Homo heidelbergensis* tardifs et les *Homo neanderthalensis* anciens est cependant floue et certains fossiles datant d'avant 80000 ans, date d'apparition des néandertaliens classiques, ont été attribués à *Homo neanderthalensis* (Tabun, Ehringsdorf).

Récemment (Bermudez de Castro, 1997), une nouvelle espèce a été créée à partir de restes retrouvés à Atapuerca (Espagne) et datant du pléistocène inférieur. Elle serait, selon ses auteurs, l'ancêtre commun de la lignée des néandertaliens et de celle de l'homme moderne.

Les travaux actuel s'accordent pour situer le berceau de l'homme actuel en Afrique. On y observe, en plusieurs endroits (Afrique du Sud et du Nord) un passage progressif de la forme *erectus lato sensu* à l'homme anatomiquement moderne. Ces formes de transition ont reçu le nom d'homo sapiens archaïque. Toutes les données actuelles permettent de situer l'origine de la morphologie moderne vers 150000 ans (Vandermeersch, 2001). A partir du moyen-orient (100000 ans), *Homo sapiens* se répandra dans le reste du monde.

Un catalogue des pièces fossiles citées dans notre travail est présenté en annexe 1.

1.4.2- Foramen mandibulaire.

1.4.2.1- Position.

Des lémuriformes fossiles et actuels aux hominidés, on observe une descente et une avancée du FM : d'une position très haute et reculée chez les premiers, on observe une position quasi-centrale chez les seconds, et ce dès *Proconsul africanus* (Gaspard, 1978). La position centrale du FM au sein du ramus, retrouvée chez l'homme actuel, serait donc apparue de façon très précoce puis serait restée stable.
Chez *Australopithecus africanus* (MLD 40), le FM est situé un peu en arrière du milieu de la branche montante (Genet-Varcin, 1969), tandis que chez *Homo sapiens*, il se situe au milieu du ramus selon la majorité des auteurs (Paturet,1951 ; Szolokozy-Syllaba,1953 ; Pelletier,1969) : il y aurait donc eu une (légère) avancée du FM entre *Australopithecus africanus* à *Homo sapiens.*

1.4.2.2- Morphologie de l'area perilingualis.

Les informations faisant état de la morphologie de l'*area perilingualis* au cours de l'évolution sont peu nombreuses et fragmentaires.

Selon Genet-Varcin (1969), l'épine de Spix est un attribut humain. Chez les grands singes actuels, le FM est dépourvu de *lingula* (Genet-Varcin, 1963). Chez Paranthropus crassidens, une légère indication d'épine de Spix apparaît. Chez *Homo erectus*, le FM est surmonté par une nette épine de Spix (Genet-Varcin, 1969). Les mandibules d'*Homo heidelbergensis* d'Atapuerca présentent une épine de Spix marquée dans 3 cas sur 7 ; dans les autres cas, elle est plus émoussée (Rosas, 1995). Les mandibules de Mauer (*Homo heidelbergensis*) et de la Chapelle-aux-Saints (*Homo neanderthalensis*) présentent des épines de Spix bien différenciées (Gaspard, 1978).

Chez *Archaeoindris fontoynonti* (Lémuriforme fossile), le sillon mylo-hyoïdien se place très en arrière du FM. *Proconsul africanus* accuse un sillon mylo-hyoïdien peu profond.

Chez *Australopithecus africanus* (MLD 40), il part du FM et se dirige en bas et en avant. Chez *Paranthropus crassidens*, il est bien tracé (Genet-Varcin, 1969). Chez *Homo erectus* (*Sinanthrope*), il part directement de l'orifice (Genet-Varcin, 1969).

La mandibule du specimen ATD6-5, attribuée à l'espèce *Homo antecessor* (Rosas et Bermudez de Castro, 1999) est fracturée mais permet d'observer un début d'arche mylo-hyoïdienne juste devant le trait de fracture.

Sur la mandibule de Mauer (*Homo heidelbergensis*), le sillon mylo-hyoïdien est profondément creusé.

L'homme de la Chapelle aux Saints présente un sillon mylo-hyoïdien bien dessiné. Les mandibules de Skhül IV et V et de Tabun I et II présentent des sillons mylo-hyoïdiens particulièrement larges et profonds (Gaspard, 1978). Toutes ces descriptions, mis à part dans le cas d'ATD 6-5, ne mentionnent pas la présence (ou l'absence) d'une arche mylo-hyoïdienne.

Smith (1978) observe une incidence pariculièrement élevée (46,2 %) de l'arche mylo-hyoïdienne chez *Homo neanderthalensis*. Le même auteur lui attribue une incidence de 3,72% chez l'homme actuel et Rosas (1995) le retrouve dans un seul cas sur 6 fragments mandibulaires d'*Homo heidelbergensis*. Cette incidence faible à la fois chez une espèce ancestral et chez une espèce cousine nous laisse supposer que son incidence élevée est une caractéristique des populations néandertaliennes. Comme nous l'avons vu auparavant, l'arche mylo-hyoïdienne pourrait être, selon Smith (1978) :

- un trait génétique selectionné en tant que partie intégrante d'un appareil manducateur massif,

- ou au contraire n'aurait aucune signification fonctionnelle mais résulterait d'une simple dérive génétique (la haute incidence de l'arche mylo-hyoïdien chez les populations néandertaliennes résulterait du hasard et non d'une adaptation génétique).

Les traits de ce type, appelés traits discrets, sont souvent utilisés en tant que marqueurs génétique d'une population. En cela, l'arche mylo-hyoïdienne pourrait être utilisée comme marqueur génétique des populations néandertaliennes.

1.4.3- Foramen mentale

1.4.3.1- Nombre.

La multiplicité des trous mentonniers représente 28% chez Gorilla, 16% chez Pan et 39% chez Pongo (Ashley-Montagu, 1945) contre 4% chez l'homme actuel (Olivier, 1949).

Chanderot (1972), se basant sur une étude comparative des modalités d'émergence du canal mandibulaire chez les principales familles d'insectivores et dans l'ordre des primates, a montré que l'existence de TM multiples chez l'homme peut s'expliquer comme la résurgence d'un dispositif plus complexe présent chez les espèces « moins évoluées ». L'auteur note une tendance à la réduction numérique des foramina mentonniers au cours de la phylogénèse au sein de l'ordre des primates (voir figure). Le groupe de fibres nerveuses qui primitivement assuraient l'innervation de la région latérale de la bouche, ou nociceptive du tégument et des vibrisses faciales, vont avoir tendance à se réunir. Il explique cette tendance par l'involution de la sensibilité tactile de la face et une mise en place de plus en plus tardive des récepteurs tégumentaires dédiés à cette sensibilité : ainsi « *l'ossification se réalisera sur un trijumeau terminal qui n'a pas encore essaimé en ses multiples directions* ». En effet, lors de l'embryogénèse de la mandibule, la table externe de la mandibule se referme sur autant de foramina qu'il y a de rameaux d'emergence.

La réduction du nombre de foramina mentonniers serait donc à mettre en rapport avec la réduction du massif facial chez les primates dits « supérieurs ».

Cependant, il est intéressant de signaler une divergence curieuse de ce modèle chez les hominidés récents. Le tableau suivant résume les données issues de la littératures.

Espèce	1 foramen	2 foramina	3 foramina	4 foramina	5 foramina et +
H. sapiens (1)	X				
H. neanderthalensis (2)	X	X		X	
H. heidelbergensis (3)	X	X			
H. erectus (4)	X	X	X	X	X
A. Robustus (4)	X	X	X	X	
A. africanus (4)	X	X			
A. anamensis (5)	X				
Ankarapithecus meteai (7)	X				
Equatorius africanus (6)	X				
Proconsul africanus (4)	X				
Limnopithecus legetet (4)	X				

Tableau 12: Evolution du nombre de foramina mentonniers au cours de la phylogénèse. Les espèces sont classés, de bas en haut, suivant l'ordre supposé d'apparition de leur phylum (D'après Thomas et Senut, 1999 et Liebermann, 2001). 1 : Olivier (1949). 2 : Heim (1976), Belloni (2001), Stefan et Trinkaus (1998). 3 : Piveteau (1957), Belloni (2001), Rosas (1995). 4 : Genet et Varcin (1969). 5 : Ward *et al* (2001). 6 : Ward *et al* (1999). 7 : Alpagut *et al* (1996). Equatorius africanus (anciennement Kenyanthropus africanus) appartiendrait aux *afropithécinés* (6). Ankarapithecus meteai aurait des affinités avec *Sivapithecus* et *Pongo* (7).

Tout d'abord, il faut noter que le TM, de simple chez les Hominoïdés fossiles jusqu'à *Australopithecus anamensis*, aurait tendance à se multiplier au long de la lignée humaine, tendance qui culmine chez *Homo erectus* : on observe presque toujours plusieurs TM chez cette espèce (exception : 1 orifice chez *Telanthropus* selon Genet et Varcin, 1969), et jusqu'à 5 chez Ckn G1. Cette tendance s'inverse ensuite chez les prénéandertaliens, néandertaliens et *Homo sapiens* archaïque chez qui on retrouve selon Piveteau (1957) et Heim (1976) 1 à 2 orifices (quoique Stefan et Trinkaus, en1998, observent 4 foramina sur la mandibule de la Quina 9) et surtout chez *Homo sapiens*, chez

qui l'unicité du TM est présente dans 96% de la population. Notons également que chez *Homo erectus* et *Homo neanderthalensis*, la multiplicité des trous mentonniers est souvent bilatérale (Billy et Vallois, 1977) tandis que chez l'homme actuel, elle est presque toujours unilatérale.

Faut-il voir dans cette tendance une plus grande importance adaptative de la fonction exploratrice des organes péri-buccaux chez *Homo erectus lato sensu* (auquel *Homo heidelbergensis* appartient) et *Homo neanderthalensis*, ou un simple effet de la dérive génétique ? Il est intéressant de préciser à ce propos que d'une fréquence hypothétique de 100% du caractère « TM double voir multiple » dans la population supposée ancestrale (*Homo erectus*), on observe une diminution progressive de cette fréquence (d'*Homo sapiens* archaïque à l'homme anatomiquement moderne) pour aboutir à une fréquence très faible (4%) sans toutefois observer la disparition du caractère.

Nous noterons enfin qu'il existe de manière habituelle chez certains Catarhini, dont des Hominoïdés, des orifices sous-incisifs qui ne semblent pas en rapport avec le paquet vasculo-nerveux alvéolaire inférieur mais avec des branches terminales de l'artère sublinguale (Chanderot, 1972).

1.4.3.2- Orientation.

Chez les grands singes, le TM regarde vers l'avant alors qu'il regarde vers le haut et l'arrière chez l'homme : cela témoignerait d'une direction de croissance mandibulaire inversée (Gaspard, 1979).

Les données concernant l'orientation du TM au cours de l'évolution sont résumées dans le tableau 13.

On observe, d'après ce tableau, une tendance à la postériorisation de la direction d'ouverture du TM au cours de l'évolution.

La direction de croissance ne serait pas, comme nous l'avons vu, le seul facteur à prendre en compte pour expliquer l'orientation du TM : la disposition et l'orientation du bouquet vasculo-nerveux pourrait également jouer un rôle, ainsi que l'étirement du périoste au cours de la croissance (Gaspard, 1979).

Espèce	Direction d'ouverture du TM
Ankarapithecus meteai	Antérieure (3)
Gorilla gorilla	Variable (1)
Pan troglodytes	Antérieure (1)
Australopithecus anamensis	Latérale (2)
Australopithecus afarensis	Variable (1)
Australopithecus aethiopicus	Latérale (1)
Australopithecus africanus	Variable (1)
Australopithecus robustus	Latérale (1)
Australopithecus boisei	Latérale (1)
Homo habilis	Latérale (1)
Homo rudolfensis	Latérale (1)
Homo ergaster	Latérale (1)
Homo heidelbergensis	Postérieure(4)
Homo neanderthalensis	Variable (4)
Homo sapiens	Postérieure (1)

Tableau 13 : Evolution de la direction d'ouverture du TM. Les espèces sont classés, de bas en haut, suivant l'ordre supposé d'apparition de leur phylum (D'après Thomas et Senut, 1999 et Liebermann, 2001).
1 : Strait D.S et al (1997). 2 : Ward et al (2001). 3 : Alpagut et al (1996). 4 : Gaspard (1979). 5 : Rosas (1995).

1.4.3.3 - Position.

1.4.3.3.1- Position horizontale.

1.4.3.3.1.1- Evolution générale.

La position du TM a varié dans le sens antéro-postérieur au cours de la phylogénèse.

Les données concernant la position antéro-postérieure du TM au cours de la phylogénèse sont résumées dans le tableau suivant :

Espèce	Sous P3	Espace P3-P4	Sous P4	Espace P4-M1	Sous M1
H. sapiens (3)		X	X		
H. neanderthalensis (2)					X
H. erectus(2)*	X	X	X	X	X
A. Robustus (2)		X			
A. Africanus (2)			X	X	
A. anamensis (5)		X	X	X	
Otavopithecus (4)				X	
Ankarapithecus meteai (6)			X		
Sivapithecus (1)		X			
Dryopithecus (1)	X				
Equatorius africanus (7)		X			
Proconsul (1)	X	X			
Limnopithecus (1)		X			
Pliopithecus	X				
Propliopithecus (1)	X				

Tableau 14: évolution de la position antéro-postérieure du TM par rapport aux dents. Les espèces sont classés, de bas en haut, suivant l'ordre supposé d'apparition de leur phylum (D'après Thomas et Senut, 1999 et Liebermann, 2001). P3 et P4 désignent respectivement la première et la deuxième molaire.

1 : Genet et Varcin (1963). 2 : Genet et Varcin (1969). 3 : Della Serra (1945). 4 : Conroy *et al* (1992). 5 : Ward *et al* (2001). 6 : Alpagut *et al* (1996). 7 : Ward *et al* (1999).

*** L'amplitude de l'aire de répartition du TM chez Homo erectus est due au fait que l'on retrouve chez les spécimens de cette espèce des TM multiples.**

Si l'on ajoute à ces données le fait que chez les chimpanzés et les gorilles (dont les lignées se seraient séparées de celle de l'homme au miocène supérieur) le TM se situe généralement à l'aplomb de P4, il est possible de dégager une tendance générale au recul du TM par rapport aux dents (Williams et Krovitz, 2004), tendance qui atteint son acmé avec *Homo neanderthalensis* et s'inverse avec *Homo sapiens*. Cette tendance générale pourrait s'expliquer par la réduction de la dimension mésio-distale des dents au cours de

l'évolution (avec avancée de l'arcade dentaire par rapport au TM), la longueur mandibulaire variant relativement moins.
Une autre explication à la situation reculée du TM par rapport aux dents inférieures chez les formes humaines anciennes a été apportée par Begg (1954) : elle fait intervenir une attrition intense d'où une mésialisation prononcée.

Le TM, comme cela a été décrit dans le cadre de la croissance (Gould et Lewontin, 1979), pourrait-il s'avérer plus stable que les autres régions de la mandibule au cours de l'évolution et servir de témoin pour la tendance évolutive de ces dernières ?

1.4.3.3.1.2- Cas particulier des néandertaliens.

La position inhabituelle du TM (sous M1) chez les néandertaliens a été décrite dès le 19e siècle (Dupont, 1866 ; Fraipont et Lohest, 1886). Cette position postérieure a été reconnue comme un trait dérivé chez cette espèce (Stringer et al, 1984). D'après Rosas (2001), il s'agirait même d'une apomorphie de *Homo neanderthalensis* (elle serait caractéristique de cette espèce). Cependant, des variation de la position du TM chez les néandertaliens ainsi que chez l'homme moderne et les pré-néandertaliens ont été mises en évidence, et l'exclusivité de ce trait chez les premiers a été remise en question (Trinkaus, 1993). En effet, des TM en position postérieure ont été observés chez des *Homo erectus* africains et asiatiques, sur des mandibules pré-néandertaliennes et sur des mandibules d'hommes modernes datant du dernier stade glaciaire. A partir de mandibules d'*Homo heidelbergensis* exhumées à Atapuerca, Rosas (1995) situe le TM sous M1 dans 7 cas sur 16, entre P2 et M1 dans 7 cas sur 16 et entre P2 et P1 dans 1 cas. Enfin, plus de la moitié des spécimens de la lignée Néandertalienne ont un TM antérieur à la M1.

De nombreuses explications ont été proposées quant à la position particulière du TM chez *Homo neanderthalensis.*

D'après Coqueuniot (2000), il semble exister dans les groupes anciens du genre Homo (Homo erectus, pré-néandertaliens et Néandertaliens) une similitude dans les processus régissant la position du foramen mentonnier par rapport à la denture mandibulaire.

La position postérieure du TM a été attribuée à une relation d'échelle : plus la mandibule est large, plus le TM serait postérieur (Rosas, 1997, 2001).

Cependant, la largeur mandibulaire rapportée à la taille générale de la mandibule ne diffère pas significativement chez *Homo neanderthalensis* et *Homo sapiens* (Williams et Krovitz, 2004) : la variation de cette dimension ne peut expliquer la position du TM.

Selon Heim (1976), « *la position reculée du trou mentonnier est une des conséquences du développement du massif facial chez les néanderthaliens* ». La longueur du corps mandibulaire est en effet influencée en grande partie par la croissance de la face, elle même sous l'influence du système respiratoire basé sur la cavité nasale et le naso-pharunx (Enlow et Hans, 1996). Chez *Homo neanderthalensis*, on observerait ainsi un « oncognathisme » (« gonflement » centro-facial, sinus et cavité nasale) caractéristique provoquant une avancée « en tiroir » de l'arcade dentaire inférieure (Heim, 1976 ; Aiello et Dean, 1990). Ceci expliquerait d'ailleurs la présence d'un espace rétro-molaire particulièrement important chez les néandertaliens.

Chez *Homo sapiens* en revanche, une contraction cranio-faciale (Dambricourt Malassé, 1993) avec une position plus antérieure du TM par rapport aux dents, par recul de l'arcade dentaire, peut être observée: l'insuffisance d'espace pour l'éruption de la troisième molaire, par opposition à l'espace rétro-molaire néandertalien, est une manifestation évidente de ce phénomène.

Le fait que la mandibule néandertalienne soit plus développée que celle de l'homme moderne amène une autre conséquence : la taille relative des dents par rapport à la taille de la mandibule est plus faible chez les néandertaliens que chez les hommes modernes, et ceci pourrait concourir à expliquer la position postérieure du TM chez les premiers (Franciscus et Trinkaus, 1995 ; Williams et Krovitz, 2004). Ajoutons à ce fait que les néandertaliens présentent un petit diamètre mésio-distal des prémolaires, typique de leur espèce (Williams

et Krovitz, 2004). S'il existe une relation d'échelle expliquant la position du TM, elle doit donc prendre en compte la taille des dents (Williams et Krovitz, 2004). En d'autres termes, la position du TM chez les néandertaliens ne semble différer de celle des hommes modernes que par rapport aux dents, mais non au sein de la mandibule. Ceci renforce l'hypothèse d'une stabilité du TM au sein de la mandibule au cours de l'évolution.
Une dernière hypothèse réside dans le développement du canal mandibulaire. Rosas (2001) suggère que la position postérieure du TM chez les néandertaliens indique un taux de croissance différent du nerf alvéolaire inférieur et de l'os.
Au final, comme le pensent Stefan et Trinkaus (1998), cette position est le résultat de mécanisme complexes et multifactoriels faisant intervenir à la fois :

- la croissance du corps mandibulaire
- la croissance du canal mandibulaire
- les dimensions mésio-distales des dents.

Coqueuniot (2000) a effectué une comparaison de la position du TM au cours de l'ontogénése chez les enfants modernes actuels, du paléolithique moyen (Qazeh et Skhul en Israël) et supérieur, ainsi que chez les enfants pré-néandertaliens et néandertaliens. Les résultats de cette étude sont présentés dans le tableau 15.

Il ressort plusieurs faits de cette étude :

- Chez les adolescents modernes (après éruption de la deuxième molaire permanente), la position la plus fréquente du TM est entre les deux prémolaires, alors que chez les pré-néandertaliens du même âge sa position la plus fréquente est entre P2 et M1 (80%) ou sous M1. Les différences se révèlent significatives entre les deux groupes. On observe donc, chez les pré-néandertaliens, une position plus postérieur du TM dès les stades immatures.
- Chez les enfants modernes en phase de dentition déciduale, le TM se situe entre la canine temporaire et la molaire temporaire (46%) ou sous cette dent (47%), alors que

chez les néandertaliens du même âge dentaire il se situe à l'aplomb de la première molaire temporaire (54%) ou entre les deux molaires temporaires (38%). Sa position chez les néandertaliens est donc significativement plus reculée dès l'enfance. Cette différence est également observée au cours des phases suivantes de dentition.

	dc-dm1 /C-P1	dm1 /P1	dm1-dm2 /P1-P2	dm2 /P2	dm2-M1 /P2-M1	M1	N
Classe 1							
Pré-néandert.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0
Néandert.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0
Qafzeh-Skhul	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0
Paléolith. Sup	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0
Actuels	67,60%	32,40%	0%	0%	0%	0%	222
Classe 2							
Pré-néandert.	0%	0%	67%	0%	0%	0%	3
Néandert.	6,25%	56,25%	38%	0%	0%	0%	16
Qafzeh-Skhul	0%	0%	100%	0%	0%	0%	1
Paléolith. Sup	23,10%	76,90%	0%	0%	0%	0%	13
Actuels	45,60%	47%	7,40%	0%	0%	0%	162
Classe 3							
Pré-néandert.	0%	0%	67%	0%	0%	0%	0
Néandert.	12,50%	37,50%	37,50%	13%	0%	0%	8
Qafzeh-Skhul	0%	0%	100%	0%	0%	0%	3
Paléolith. Sup	0%	25%	75%	0%	0%	0%	4
Actuels	9%	64,20%	26,80%	0%	0%	0%	224
Classe 4							
Pré-néandert.	0%	0%	10%	0%	80%	10%	10
Néandert.	5,30%	5,30%	36,80%	31,60%	21%	0%	19
Qafzeh-Skhul	0%	0%	100%	0%	0%	0%	2
Paléolith. Sup	0%	36,40%	54,50%	9,10%	0%	0%	11
Actuels	0,80%	15,60%	74,70%	8,30%	0,60%	0%	360

Tableau 15 : fréquences des différentes position du TM au cours de l'ontogénèse chez différents groupes fossiles et chez l'homme actuel.
Classe 1 : dentition déciduale non éruptive.
Classe 2 : dentition déciduale en éruption ou en place.
Classe 3 : première molaire permanente en éruption ou en place.
Classe 4 : présence d'autres molaires permanentes.
Dc : canine déciduale ; dm1 : première molaire déciduale ; dm2 : deuxième molaire déciduale ; P1 : première prémolaire ; P2 : deuxième prémolaire ; M1 : première molaire définitive.

Il apparaît donc que les fossiles immatures de néandertaliens et pré-néandertaliens partagent une même tendance vers la position reculée du TM, que ne partagent pas les enfants modernes voire du paléolithique. Chez les néandertaliens, cette position s'observe dès la dentition déciduale, ce qui va à l'encontre de résultats antérieurs (Nara, 1994) quant à l'acquisition tardive de la position reculée du TM, liée à la mise en place complète de la denture permanente.

Afin de discuter la signification de cette observation, des mandibules appartenant à des groupes fossiles plus anciens ont été étudiées par Coqueuniot (voir tableau 16).

	Auteurs	Classe âge	position du TM*
Homo erectus africains			
KNM-ER 820	Leakey et Wood, 1973	3	dm1-dm2 à droite et à gauche
KNM-ER 15000	Walker et Leakey, 1993	4	P1-P2 et distal P2 à droite P1-P2 à gauche
Homo erectus asiatiques			
Zhoukoudian BIV	Weidenreich, 1936	3	dm1-dm2 et un plus antérieur
Zhoukoudian BI	Weidenreich, 1936	4	dm2 et dm1-dm2
Zhoukoudian BIII	Weidenreich, 1936	4	dm1-dm2

Figure 16 : position du TM selon les différentes classes d'âge dentaire et chez différentes espèces fossiles antérieures au pré-néandertaliens.
Classe 3 : première molaire permanente en éruption ou en place.
Classe 4 : présence d'autres molaires permanentes.
*** : il peut exister chez un même individu plusieurs positions du TM du fait de la présence de foramina multiples.**

On constate que chez KNM-WT 15000 un TM a une position très postérieure qui n'est retrouvée que dans moins de 1% des cas chez les enfants actuels de la même classe d'âge. Chez Zhoukoudian BIV on retrouve une localisation entre les deux molaires déciduales qui n'est pas le morphe le plus fréquent chez les enfants actuels de la classe 3 mais s'observe néanmoins avec une fréquence de 27%. Chez Zhoukoudian BIII on retrouve enfin une position sous la deuxième molaire déciduale qui s'observe chez 8,3% des enfants actuels du même âge.

Ainsi, une position reculée du TM chez les individus immatures ne peut être considéré comme caractéristique du groupe Néandertalien puisqu'il se retrouve parfois sur des

mandibules plus anciennes chronologiquement et qu'il n'est pas partagé par tous les enfants de la lignée Néandertalienne.

Williams et Krovitz (2004) ont tenté de déterminer si la position plus antérieure du TM chez l'homme moderne par rapport à *Homo neanderthalensis* pourrait correspondre à une interruption dans un même schéma de développement (au cours duquel le TM migre postérieurement), en d'autres termes si l'homme moderne peut être considéré comme pédomorphique par rapport à *Homo neanderthalensis* (hypothèse selon laquelle la position du TM chez les hommes modernes adultes serait comparable à celle de néandertaliens immatures). Selon ces auteurs, cette hypothèse ne peut être soutenue car les deux espèces possèdent des schémas de développement mandibulaire différents : la présence d'un menton osseux (ou trigone mental) uniquement chez l'homme actuel, et précocement dans son ontogénèse, en est un exemple flagrant. Le concept de néomorphose décrirait mieux les différences ontogéniques entre les deux espèces.

1.4.3.3.2- Position verticale.

La position du TM a également varié dans le sens vertical au cours de l'évolution. Les données concernant cette position au cours de la phylogénèse sont résumées dans le tableau suivant 17.

La tendance évolutive générale que l'on peut dégager est celle d'une montée du TM : il reste en position basse (tiers inférieur du corps) chez les premiers hominidés jusqu'à l'ancêtre commun des chimpanzés et de l'homme. Entre ce dernier et *Australopithecus anamensis,* on observe l'apparition d'une disposition humaine du TM à mi-hauteur du corps mandibulaire, qui perdure jusqu'à l'homme actuel.
La position en hauteur du TM reflète selon Genet-Varcin (1963) le développement de l'os alvéolaire et par conséquent la hauteur des racines dentaires. L'hypothèse de Gaspard (1979) quant au rapprochement relatif du TM du bord alvéolaire au cours de la

phylogénèse serait une réduction des racines dentaires. Belloni (2001) observe en effet, par rapport aux Australopithèques et aux représentants du genre Homo, un TM situé plus près du bord inférieur chez les grands singes actuels alors que la hauteur du corps mandibulaire au foramen mentale est supérieure, ce qui suggère un plus grand développement de la partie alvéolaire. Vandermeersch (1981) considère la position basse du TM comme un caractère archaïque sans toutefois y accorder une grande signification.

Espèce	Position verticale du TM
Propliopithecus haeckeli	Basse (6)
Pliopithecus antiquus	Basse (6)
Limnopithecus legetet	Basse (6)
Proconsul africanus	Basse (6)
Dryopithecus	Basse (6)
Sivapithecus	Basse (6)
Pan troglodytes	Basse (3, 4)
Gorilla gorilla	Basse (3, 4)
Australopithecus anamensis	Moyenne (2)
Australopithecus afarensis	Basse (1)
Australopithecus bahrelghazali	Basse (2)
Australopithecus aethiopicus	Variable (1)
Australopithecus africanus	Moyenne (7)
Australopithecus robustus	Haute (1)
Australopithecus boisei	Haute (1)
Homo habilis	Variable (1)
Homo rudolfensis	Variable (1)
Homo ergaster	Variable (1)
Homo erectus	Moyenne (7)
Homo heidelbergensis	Moyenne (3), Basse (8)
Homo neanderthalensis	Moyenne (3)
Homo sapiens	Moyenne (5)

Tableau 17 : Evolution de la position verticale du TM. Les espèces sont classés, de bas en haut, suivant l'ordre supposé d'apparition de leur phylum (D'après Thomas et Senut, 1999 et Liebermann, 2001). 1 : Strait D.S et al (1997). 2 : Berillon et al (1999). 3 : Billy et Vallois (1977). 4 : Gaspard (1979). 5 : Gaspard (1978). 6 : Genet et Varcin (1963). 7: Genet et Varcin (1969). 8 : Rosas (1995)

Belloni (2001) a mis en rapport la distance TM-bord basilaire et la hauteur symphysaire. Il observe une valeur, proportionnellement à la hauteur symphysaire, équivalente chez les australopithecinae et les représentants du genre Homo, mais inférieure

chez les grands singes. Ceci suggère l'existence d'une structure de type humain différente de celle des grands singes.

Enfin, Rosas (1995) montre que chez les prénéandertaliens d'Atapuerca, la position verticale du TM n'est pas, au contraire de sa position horizontale, corrélée à la taille de la mandibule.

1.4.4- Canal mandibulaire.

Grâce à une méthode radiologique, Vanneuville *et al* (1986) observent que le canal mandibulaire de l'homme de la Chapelle-aux-saints ressemble fortement à celui de l'homme actuel : son trajet est curviligne à concavité antéro-postérieure. Ils observent en outre une grande différence avec celui des grands singes actuels : chez ces derniers, le canal est rectiligne et oblique vers le bas et l'avant. Nous reviendrons sur ce point dans le paragraphe suivant.

1.4.5- Importance du nerf mandibulaire.

Moss et Salentijn (1971) ont démontré, comme nous l'avons vu précédemment (1.1.3) que chez l'homme actuel le foramen ovale, le FM et le TM, situés sur le trajet du nerf mandibulaire, se placent toujours sur une seule et unique spirale logarithmique constante avec la croissance. Chez le gorille et le chimpanzé, cette courbe logarithmique s'ouvre avec la croissance (Hildyard *et al*, 1976), ce qui expliquerait la rectitude du canal mandibulaire chez les grands singes (Vanneuville *et al*, 1986). Ceci pourrait montrer que chez l'homme actuel, le nerf mandibulaire se stabilise très précocement tandis que chez les autres espèces d'hominidés actuels, il continue son développement au cours de l'ontogénèse. Ce fait est à mettre en rapport avec le concept de néoténie (conservation à

l'âge adulte de traits infantiles, comme l'importance relative de l'étage crânien) chez l'homme actuel.

Nous pouvons également établir un parallèle avec la croissance de la base du crâne. Celle-ci subit chez tous les primates une flexion anté-natale. Cette flexion s'arrête à la naissance pour faire suite à une croissance en extension, hormis chez l'homme (Delattre et Fenart, 1960). Chez ce dernier, et c'est là encore, un caractère néoténique, la croissance en flexion se poursuit après la naissance. Il serait donc possible d'établir un rapport entre une croissance en extension de la base du crâne et une ouverture de la courbe logarithmique du nerf mandibulaire d'une part, et une croissance en flexion de la base du crâne et une stabilité de la courbe logarithmique d'autre part. Cette idée est confirmée par le concept du double pantographe de Gudin (Godard et Ducasse, 1973) : une croissance basicrânienne en extension (rotation occipitale négative) aboutit à une ouverture du pantographe et à une croissance antérieure du massif facial et de la mandibule. Ce dernier phénomène serait logiquement en rapport avec une ouverture de la courbe logarithmique du nerf mandibulaire.

Par les variations ou la fixité particulières qu'elle présente à la fois d'un point de vue ontogénique et interspécifique (et phylogénique ?), cette courbe logarithmique du nerf mandibulaire pourrait donc servir de base à des études portant sur les processus d'hétérochronie à l'œuvre dans l'évolution humaine.

1.5- Discussion.

1.5.1- Foramen mandibulaire.

1.5.1.1- Position du foramen mandibulaire

La position du foramen mandibulaire au sein de la mandibule et de l'ensemble cranio-facial, loin d'être anodine, revêt une importance et une signification particulière. Au sein de l'ensemble cranio-facial, sa position par rapport à la base du crâne est sous la dépendance de 4 facteurs :

- L'un dynamique, le ligament sphéno-mandibulaire (LSM) qui le relie à la scissure de Glaser (ou à l'épine du sphénoïde et lui donne une position centrale dans la dynamique mandibulaire ; en effet, nous avons vu que le FM correspond au centre du mouvement de roto-translation condylien au cours du mouvement d'ouverture.
- Un second, embryologique, est représenté par le cartilage de Meckel qui forme à un stade du développement embryonnaire une structure continue entre l'oreille interne et la région du FM ; un reliquat en persiste, le LSM.
- Un autre lié au développement de la mandibule et du rôle central qu'y joue le nerf mandibulaire puis alvéolaire inférieur en tant que tuteur de croissance. De nombreux travaux, nous l'avons vu, dénombre sa très faible variabilité.
- Un dernier, relatif à la structure de la mandibule et au fait que le FM se trouve à l'intersection du corps mandibulaire et du processus condylien (appelé également structure condylo-spigienne, puisque la région de l'épine de Spix en constitue l'extrémité inférieure).

  Les travaux de Koski et Varrela (1997) ont démontré que le point reliant les axes médians du corps mandibulaire, du processus condylien et du processus coronoïde se situe invariablement au niveau de FM, qui constituerait la limite postérieure du corps mandibulaire. Il serait donc relié à la base du crâne par une unité osseuse (le processus

condylien) à fonction articulaire et possédant un expressivité morphogénétique en partie intrinsèque grâce au cartilage articulaire.

L'étude de la position du FM par rapport à la base du crâne pourrait donc être d'un grand intérêt puisqu'explorant un processus multifactoriel, la stabilité ou au contraire la variabilité qu'elle pourrait révéler appellerait toujours une ou plusieurs hypothèses quant à sa signification. On peut en effet penser que cette position n'est jamais dûe au hasard. D'autre part, des facteurs tels que l'embryologie, le système neural, la dynamique mandibulaire sont si essentiel à l'équilibre architectural et fonctionnel de la face qu'on peut émettre l'hypothèse de leur importante conservation d'un individu à l'autre mais aussi au cours de l'évolution. De cette hypothèse découlerait celle d'une relative stabilité de la position du FM par rapport à la base du crâne, là encore d'un individu à l'autre mais aussi au cours de l'évolution. Cette hypothèse de stabilité est, en outre, étayée par de nombreux travaux dans la littérature.

Au sein du ramus mandibulaire, la position du FM se montre comme nous l'avons observé beaucoup plus variable. Les études s'y rapportant se réfèrent aux bords antérieur, postérieur, supérieur et inférieur de la mandibule. Or si l'on se réfère à Moss (1968) et à sa subdivisions de la mandibule en unités squelettiques indépendantes (Voir figure 21), on constate que tous ces points de référence se situent sur 2 unités squelettiques, angulaire et coronoïde, qui sont sous gouvernance exclusivement musculaire et donc soumis à de plus grande variations puisque dépendant de l'environnement.

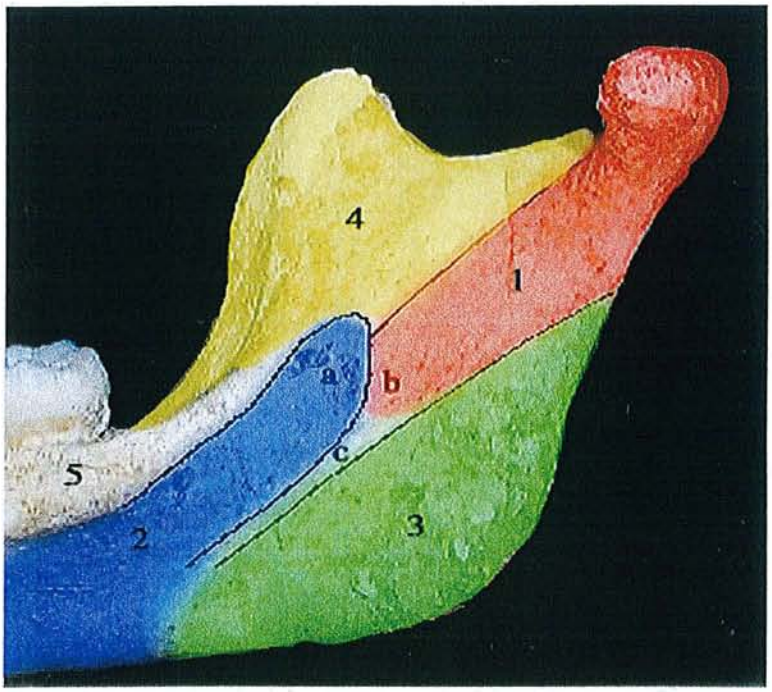


Figure 25: situation des différentes unités anatomiques de la mandibule et leur rencontre dans la région de l'*area perilingualis*.
a : épine de Spix. b : sulcus retrotoralis. c : sillon mylo-hyoïdien.
1 : unité condylienne (ou carotte condylo-spigienne). 2 : unité basale.
3 : unité angulaire. 4 : unité coronoïde. 5 : unité alvéolaire.

1.5.1.2- Morphologie de l'area perilingualis.

La morphologie de l'aire du foramen mandibulaire peut être appréhendée sous trois angles :

- *Un reflet de la structure et de l'embryogénèse de la mandibule* (voir figure 25). On observe en effet que l'anatomie de la zone est tout à fait superposable à la subdivision de la mandibule en unités squelettiques selon Moss (1968). La région du foramen se présente comme nous l'avons vu sous la forme d'une dépression évasée vers l'arrière et le haut (le *sulcus retrotoralis*), limitée en avant par un bord nettement en relief (la *lingula*), en haut par une berge se prolongeant par la crête du col du condyle et en bas par la crête ptérygoïdienne. La *lingula* correspondrait, et cela est vérifié par l'embryologie, à la limite postérieure d'expansion du corps mandibulaire (ou unité basale de Moss). Le sulcus retrotoralis répondrait à la partie inféro-antérieure du processus condylien (ou structure condylo-spigienne), où la crête du col du condyle constituerait la limite d'insertion du ptérygoïdien latéral. La crête ptérygoïdienne constituerait postérieurement la limite entre l'unité angulaire et l'unité condylienne, ce que confirme l'anatomie puisque cette crête donne insertion à l'aponévrose interptérygoïdienne qui borde le muscle ptérygoïdien médial, muscle s'insérant sur la totalité de la surface interne de l'unité squelettique angulaire. Le sillon mylo-hyoïdien constituerait la limite entre l'unité basale et l'unité angulaire, puisque selon Testut et Latarjet (1948), on observe directement derrière le sillon des rugosités correspondant aux insertions du muscle ptérygoïdien médial. De plus le sillon mylo-hyoïdien constitue une des limites embryologiques de l'apophyse spatuliforme, dépendant de l'unité basale ou corps mandibulaire (Wissmer, 1927). Enfin, la berge supérieure correspondrait à la transition entre le processus condylien et le processus coronoïde et constituerait la limite d'insertion du muscle temporal. Selon Paturet (1951), la surface située juste au dessus du FM est lisse.

Le sulcus rétrotoralis et son prolongement, le FM, se trouveraient donc au carrefour de plusieurs unités distinctes, « pris en sandwich » entre le corps mandibulaire et le processus condylien de l'intérieur vers l'extérieur, et entre l'unité coronoïde et l'unité angulaire de haut en bas. De ces 2 unités sont issus le muscle temporal et le muscle ptérygoïdien médial, ce qui fait écho à la pratique clinique de l'anesthésie loco-régionale à l'épine de Spix, dont le principe est justement d'atteindre la région lâche autours du FM, prise en sandwich entre les 2 muscles.

Enfin, l'opinion de Balogh et Csiba (1966) selon qui le FM, l'épine de Spix et le sillon mylo-hyoïdien forment un complexe anatomo-fonctionnel qu'ils nomment *area perilingualis* ne semblent pas confirmée puisque ces trois structures répondent à des structures différentes et non à une seul unité anatomo-fonctionnelle.

- *Un reflet des insertions musculaires et ligamentaires*, vision proche de la précédente. La zone démunie de toute insertion musculo-ligamentaire correspond au sulcus rétrotoralis, la formation d'une dépression résulterait de la présence du paquet vasculo-nerveux pénétrant dans la mandibule en longeant obliquement le ramus. Les zones en relief surplombant en haut et en bas la dépression répondent aux insertions musculaire du temporal, du ptérygoïdien latéral et du ptérygoïdien médial. Les reliefs plus accentués correspondent quant à eux aux insertions aponévrotiques ou ligamentaire. Les premières entraînent la formation d'une crête (crête ptérygoïdienne et crête du col du condyle), les secondes expliquent la présence de la *lingula* et de l'*antilingula*, livrant insertion au LSM.

- *La formation au cours de la croissance d'un complexe de calcifications et d'operculations*, expliquant comment à partir d'une conformation sous-jacente universelle de la zone (découlant du premier point, ci-dessus), on en observe de si variables aspects.

Comme nous le voyons, les structures internes du ramus sont un reflet de la nature intégrée de la croissance cranio-faciale, et cela a été démontré par différents travaux (Björk, 1991 ; Björk et Skieller, 1976, 1983). Chaque détail, chaque structure de cette zone revêtirait donc une signification particulière et décryptable. Des zones d'ombre persistent toutefois autours de la *lingula*, de l'*antilingula*, du sillon mylo-hyoïdien et des différentes operculations dont ils peuvent faire l'objet.

On observe chez l'homme actuel une extrême variété de la forme de l'épine de Spix : quels parts remplissent l'ossification membraneuse pré-natale, les vestiges du cartilage de Meckel et la calcification du LSM dans cette variabilité ?
La *lingula* change-t-elle d'aspect au cours de l'ontogénèse à partir d'un modèle universel ?
Sa forme est-elle prédéterminée génétiquement ou est-elle sous l'influence de facteurs environnementaux ? (Les études discordent quant à son caractère symétrique).
Comment est-elle apparue au cours de la phylogénèse et pour quelle raison ?
Joue-t-elle un rôle primordial ou n'est-elle qu'un artefact ?
Est-elle une unité squelettique indépendante, avec son propre fonctionnement ?

Si la pointe de l'épine de Spix correspond au centre du mouvement de roto-translation du condyle pendant l'ouverture buccale, alors sa position ne serait pas liée au hasard, et pourrait dépendre de la cinématique mandibulaire et de paramètres tels que :

- la hauteur et l'angle du col du condyle
- la pente du condyle temporal

De même, pourrait-on relier un hyper-développement de l'épine de Spix (et de l'arche mylo-hyoïdienne) à une cinématique mandibulaire pathologique exerçant un traumatisme sur le LSM ?

A propos de l'arche mylo-hyoïdienne et de ses différents degrés de développement, on peut se poser la question de son déterminisme : est-il génétique ou environnemental (trop grande sollicitation du LSM)?

Apparaît-elle progressivement au cours de l'ontogénèse ? A partir de quel âge ?

Est-elle présente chez les autres hominidés ?

Existe-t-il une prédisposition morphologique de l'*area perilingualis* à la formation de l'arche mylo-hyoïdienne ?

Enfin, est-il possible d'élaborer une classification « progressive » des formes d'*area perilingualis* (d'une forme élémentaire universelle à une forme extrême de développement) rendant compte à la fois de la répartition actuelle et de l'ontogénèse (voire phylogénèse) ? Dans ce cadre, il serait souhaitable de rendre de compte de façon fine du taux de développement de l'arche mylo-hyoïdienne, puisque comme le souligne Lundy (1980), sa classification binaire (absence/présence) ne reflète pas la réalité d'une structure extrêmement variable et aboutit à un biais statistique.

1.5.1.3- Méthode de repérage du FM.

On constate que dans la littérature, un amalgame est souvent fait entre repérage du FM et repérage de l'épine de Spix. Il s'agit pourtant de deux structures distinctes, à la fonction et à la variabilité très différente. L'épine de Spix livre insertion au LSM et est ainsi dépendante de la dynamique mandibulaire et des forces qui s'y appliquent. Le FM, lui, se situe sur le trajet du nerf mandibulaire et jouirait en cela d'une grande stabilité du fait du rôle morphogénétique essentiel de ce nerf. La morphologie de l'épine de Spix et sa position par rapport au FM varient trop fortement pour qu'elle puisse servir de structure de repérage du FM.

Les études concernant la position du FM restent vagues quant à la définition de ce dernier. Qu'appelle-t-on foramen mandibulaire, exactement ? Et comment le repérer précisément ? S'il s'agit de la dépression plongeant progressivement dans la mandibule pour aboutir au canal mandibulaire (*sulcus retrotoralis*), force est de constater qu'il est difficile de lui attribuer un bord postérieur, un bord antérieur autre que l'épine de Spix, et encore moins un centre. S'il s'agit en revanche du début du canal mandibulaire (ou son véritable orifice à parois continues), il est souvent invisible en vue sagittale interne, caché par l'épine de Spix voire par une arche mylo-hyoïdienne.

1.5.1.4- Application clinique.

Nous pouvons déduire des différents travaux consultés des indices de repérage du FM et de l'épine de Spix dans le cadre de l'anesthésie loco-régionale du nerf alvéolaire inférieur.

Le FM se situe :

- Approximativement au centre géométrique du ramus (repérable par exemple sur une radiographie panoramique).
- A environ 2 cm du bord antérieur du ramus dans le sens horizontal.
- Plus l'angle goniaque est important et le ramus fin, plus le FM est haut situé.

L'épine de Spix se situe :

- horizontalement au tiers médian du ramus et verticalement à l'union du tiers supérieur et des deux tiers inférieurs.
- selon les auteurs, entre 11 et 23 mm du bord antérieur du ramus, quoique la distance de 23 mm soit la plus logique, eu égard à l'anatomie.

- entre 2 et 17 mm au-dessus du plan d'occlusion, qui ne constitue donc pas un bon référentiel.
- Plus le ramus est large, plus l'épine est proportionnellement postérieure.
- Plus l'angle goniaque est élevé, plus l'épine est proportionnellement haut située, et plus elle est proportionnellement en situation postérieure.

Même si l'épine de Spix ne doit pas être confondue avec le foramen mandibulaire, qui demeure la cible de l'anesthésie loco-régionale du nerf alvéolaire, elle reste un repère vertical valable pour la pratique de cette anesthésie puisque située, comme nous l'avons vu, au dessus du foramen. Or il est recommandé de réaliser l'injection d'anesthésique au dessus du foramen pour une raison simple : du fait de la force de gravité, l'écoulement de l'anesthésique dans une loge de tissus lâche se fera vers le bas, donc vers le FM. Notons également la présence occasionelle d'une arche mylo-hyoïdienne obturant en partie le FM et incitant à pratiquer l'injection au dessus de ce dernier.
En revanche, l'épine de Spix ne peut servir de repère horizontal valable pour la localisation du point d'injection, puisqu'elle est située en arrière du FM.

Les études mesurant la distance du FM ou de l'épine de Spix au bord antérieur du ramus ne concordent pas entre elles : si l'on en croit les résultats, l'épine de Spix serait dans certains cas plus antérieure que le FM, ce qui est contraire à l'anatomie puisque l'épine de Spix surplombe *postérieurement* le FM. Dans l'impossibilité de pencher en faveur de l'un ou l'autre des résultats, nous nous contenterons d'un compromis entre la situation de l'épine de Spix et celle du FM.

Les études concluant à une variation de la situation du FM ou de l'épine de Spix en fonction du morphotype mandibulaire concordent entre elles.

Nous pouvons déduire de toutes ces données quelques principes de localisation du point d'injection de l'anesthésique lors de l'anesthésie loco-régionale du nerf alvéolaire inférieur :

- *Horizontalement*, ce point d'injection devra se situer dans la partie médiane du ramus, à environ 20 mm du bord antérieur du ramus.
- *Verticalement,* au-dessus du plan d'occlusion (sans précision), à l'union du tiers supérieur et des deux tiers inférieurs et jamais en dessous du milieu vertical du ramus.
- Plus l'angle goniaque est important et le ramus fin, plus le point d'injection devra être haut situé.

Le point d'injection devrait donc être localisé à partir de la morphologie et des dimensions du ramus, difficiles à évaluer par l'examen clinique. La localisation à partir de la radiographie panoramique pourrait être ici d'un grand secours.

1.5.2- Position du TM.

1.5.2.1- Problème du référentiel dentaire.

La plupart des études portant sur la position antéro-postérieure du TM repèrent ce dernier par rapport aux dents. Or ce système de repérage souffre de nombreux biais tels que :

- Une variabilité du diamètre mésio-distal des dents, en particulier d'un point de vue phylogènique.
- Un degré d'attrition également variable.
- La migration mésiale de l'arcade dentaire
- Une largeur d'arcade influençant la longueur d'arcade
- Un déplacement antérieur « en tiroir » de l'arcade dentaire tel qu'il est observé chez *Homo neanderthalensis*
- Diverses dysmorphies telles qu'une agénésie de prémolaires, un encombrement dentaire antérieur, une proalvéolie (etc) peuvent influencer la position antéro-postérieure du TM.

De plus, le TM et les dents ont des origines embrylogiques différentes et suivent un développement différent au cours de l'ontogénèse (Trinkaus, 1993).
Il nous semble donc qu'un nouveau référentiel s'impose. Une méthode de repérage rapportant la position du TM à la longueur mandibulaire, par exemple, pourrait révéler plus d'informations.

1.5.2.2- Application clinique.

Du fait des problèmes que soulève le point d'émergence du paquet vasculo-nerveux alvéolaire inférieur dans la pratique de la chirurgie buccale, il est important de pouvoir localiser le TM de façon simple quand la radiographie n'en fournit pas l'information.

Nous pouvons déduire des différents travaux de localisation du TM, et selon différentes méthodes , que ce foramen se situe :

- En dessous des apex dentaires, entre 12 et 15 mm du bord inférieur (plus haut chez l'homme que chez la femme), à mi-hauteur du corps mandibulaire chez le sujet denté.
- Sa position horizontale la plus commune est sous la deuxième prémolaire, avec cependant de grandes marges de variations.
- A un quart de la distance entre la symphyse mentonnière et le bord postérieur du ramus, à environ 20-25 mm de la symphyse mentonnière.

1.5.3- Importance du nerf mandibulaire.

Tous les travaux portant sur le sujet s'accordent pour conclure à une importance essentiel du nerf mandibulaire dans le développement de la mandibule, ainsi qu'à sa stabilité inter-individuelle et au cours de la croissance.

1.5.4- Phylogénèse.

1.5.4.1- Foramen mandibulaire.

On observerait une descente et avancée du FM au sein du ramus au cours de l'évolution (Gaspard, 1978). La position centrale du FM au sein du ramus, retrouvée chez l'homme actuel, serait en outre apparue de façon très précoce dans la lignée des hominidés puis serait restée stable. Nous ne pouvons cependant qu'en émettre l'hypothèse du fait de l'insuffisance de travaux portant sur la situation du FM chez les hominidés fossiles et actuels.

Le peu de travaux évoquant l'épine de Spix dans le cadre fossile vont dans le sens d'une exclusivité humaine de ce trait. Cependant, cette problématique mérite d'être approfondie à partir de spécimens fossiles mais aussi des grands singes actuels, très peu étudiés de ce point de vue.

De même, les autres traits de l'area perilingualis (sillon et arche mylo-hyoïdienne, *antilingula*) sont peu ou pas évoqués dans la littérature paleo-anthropologique ou primatologique. Seule l'incidence élevée de l'arche mylo-hyoïdienne chez les Néandertaliens (Smith,1978) est évoquée.

1.5.4.2- Foramen mentonnier.

On observe au cours de l'évolution humaine une tendance générale au recul du TM par rapport aux dents : est-elle due, comme cela est observé chez les Néandertaliens, à une variation du diamètre mésio-distal des dents ou à la variation d'autres régions de la mandibule ?

Alors que la position horizontale du TM par rapport aux dents chez les Néandertaliens a été largement étudiée, nous constatons :

- que cette même position n'a été que très peu étudiée chez les autres espèces (en particulier les grands singes actuels) ;
- que la position du TM par rapport au corps mandibulaire a été peu ou pas étudiée chez *Homo neanderthalensis* comme chez les autres espèces.

Une des tendances évolutives de la mandibule serait une diminution relative de la portion alvéolaire, ce qui se manifeste par une augmentation de la hauteur relative du trou mentonnier. Ceci souligne en outre le fait que la position du TM constitue un témoin du développement d'autres partie de la mandibule.

1.5.4.3- Importance du nerf mandibulaire.

Aucune étude ne se penche sur son évolution et son éventuelle stabilité (ou du moins celle du canal mandibulaire) au cours de la phylogénèse. Les seuls travaux disponible se basent sur les grands singes actuels.

Ceci est d'autant plus regrettable que, comme nous l'avons vu, le canal mandibulaire constitue un excellent témoin du développement mandibulaire et cranio-facial.

Deuxième partie :

Recherches.

2.1- Etude de la position du canal mandibulaire par rapport au condyle mandibulaire chez les Hominidés.

2.1.1- Problématique.

La mandibule est soumise dans sa morphologie à de nombreux facteurs épigénétiques fonctionnels, parafonctionnels, environnementaux. C'est pourquoi, parmi ses caractères externes, il est utile de différencier ce qui est constitutif de ce qui ne l'est pas, ce qui est stable d'un individu à l'autre de ce qui ne l'est pas, afin d'aboutir à une meilleure compréhension structurale de cet os. Les études classiques de la mandibule s'attachent à décrire des paramètres comme la longueur et la hauteur, l'angle mandibulaire, etc... Or il nous semble que ces mesures reflètent le cadre osseux mandibulaire et dépendent en cela d'une somme de facteurs relevant à la fois des différents éléments constituant la mandibule mais aussi de facteurs externes en particulier musculaires et donc sous influence de l'environnement.

L'objet de ce présent travail aura pour but d'identifier une structure stable et significative au sein de la mandibule. La stabilité de cette structure pourrait permettre une comparaison interindividuelle et évolutive de la morphologie mandibulaire. Cette structure devrait également (ou à défaut) être significative c'est-à-dire refléter de façon nette la raison d'être de sa configuration. Il serait ainsi possible de donner un sens à sa stabilité ou à sa variabilité.

Après revue de la littérature, il nous a semblé qu'une telle structure pourrait être représentée par un triangle (voir figure 26) comprenant le sommet du condyle mandibulaire(CM), le foramen mandibulaire (FM) et le trou mentonnier (TM).

En effet, nous avons vu dans notre première partie que les deux orifices circonscrivant le canal mandibulaire, le TM et le FM, sont des points remarquables sur le plan anatomique, fonctionnel et embryologique. Selon Gaspard (1979), le segment FM-

TM constituerait un bon référentiel de comparaison et d'étude de la croissance cranio-faciale.

Cette étude aura pour but de décrire la variabilité intraspécifique, interspécifique et phylogénétique de l'ensemble CM-FM-TM par rapport au reste de la mandibule, en l'étudiant chez l'homme actuel et les grands singes actuels ainsi que chez les Hominidés fossiles. Le choix d'un triangle est justifié par le fait qu'il permet à la fois une étude des longueurs absolues et des rapports de longueurs, c'est-à-dire de la taille et de la conformation.

La position particulière et significative qu'occupe le foramen mandibulaire est déjà abondamment documentée mais elle n'a encore jamais été étudiée en rapport à la fois avec la base du crâne et le trou mentonnier. Quant au choix du condyle, il résulte d'un compromis. Notre but premier était de décrire le rapport entre le FM et la base du crâne du fait de l'importance du LSM et du nerf mandibulaire (qui en sont tous deux issus). Or le repositionnement des condyles dans les fosses glénoïdes s'avère souvent hasardeux, particulièrement sur l'os ancien. De plus, dans de nombreux cas, la base du crâne est tout simplement absente. C'est pourquoi nous avons opté pour le sommet du condyle qui, en position physiologique, est en connexion étroite avec la base du crâne. Selon Delattre et Fenart (1960), « la mandibule apparaît comme suspendue aux labyrinthes » : les condyles sont, en connexion anatomique, très proches de l'oreille interne (quelques millimètres) et donc du LSM (également considéré comme un ligament malleo-mandibulaire). Le CM peut donc être représentatif de l'insertion du LSM. Il se situe également à proximité du foramen ovale (orifice de sortie du nerf mandibulaire). Enfin, les travaux de Delachappelle *et al* (1981) montrent que l'angle formé entre l'axe condylo-spigien (axe condyle - épine de Spix) et l'axe nerveux (foramen ovale-FM-TM) reste très stable entre chaque sexe et avec l'âge. Le trajet CM-FM-TM peut donc être considéré comme représentatif du trajet nerveux.

Nous nous attacherons à mesurer la variabilité de l'ensemble CM-FM-TM (que nous nommerons le triangle interne, voir figure 26) par rapport au cadre osseux de la mandibule, c'est-à-dire à un triangle périphérique (voir figure 26 et *matériel et méthode*). Si l'ensemble CM-FM-TM s'avère peu variable non seulement chez l'homme actuel mais aussi au cours de l'évolution, il pourrait constituer un référentiel permettant d'étudier les modifications de l'organisation neuro-musculaire et des facteurs épigénétiques agissant sur la morphologie mandibulaire, représentée par le triangle périphérique.

D'autre part une variabilité de CM-FM-TM pourrait revêtir plusieurs significations, que ce soit du point de vue de l'organisation neuro-musculaire, de la structure intrinsèque de la mandibule ou de l'ontogénèse ; c'est pourquoi nous étudierons dans un second temps les modalités de variations des triangles.

L'intérêt de ce travail serait enfin d'effectuer une étude biométrique prenant à la fois en compte des facteurs musculaires, nerveux, cinétiques et développementaux.

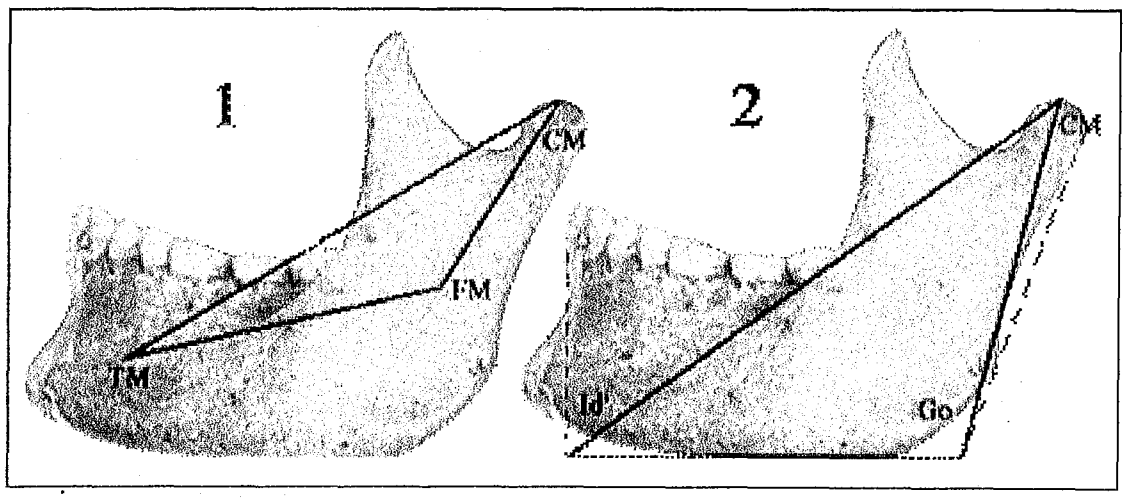


Figure 26 : Défintion du Triangle interne (1) et du triangle périphérique (2).

2.1.2- Matériel et méthodes.

2.1.2.1- Matériel.

2.1.2.1.1- Critères d'inclusion.

Les mandibules utilisées devront répondre à ces critères :

- Etre complète des deux côtés, symphyse indemne
- posséder des condyles intactes
- présenter des foramina mandibulaire et mentonnier localisables
- posséder dans la zone incisivo-canine des dents en place ou à défaut un os alvéolaire.

2.1.2.1.2- Matériel utilisé.

Les mandibules étudiées proviennent des collections du Laboratoire d'Anthropologie Biologique de la Faculté de Médecine de Marseille (UMR 6578), du Museum d'Histoire Naturelle de Marseille (MHNM), du Museum-Aquarium de Nancy (MAN), du Musée de l'Homme de Paris (MH) et du Museum National d'Histoire Naturelle deParis (MNHN).

Le matériel utilisé est détaillé dans les tableaux 18 et 19.

La provenance géographique des *Homo sapiens* modernes (collections du Musée de l'homme) est détaillée en annexe 2.

Les *Homo sapiens* du néolithiques proviennent de la collection de Loisy-en-Brie.

Les *Homo sapiens* immatures ont été classés par âge dentaire (voir *Résultats*).

A titre illustratif, des photographies de mandibules de chaque espèce étudiée sont présentée en annexe 3.

Espèce	Sexe	Age	Epoque	Effectif		Provenance
Homo sapiens	Masculin	adultes	moderne		30	MH
Homo sapiens	Féminin	adultes	moderne		29	MH
Homo sapiens	Indeterminé	adultes	néolithique		29	UMR 6578
				Total :	88	
Homo sapiens	Indeterminé	immatures	moderne		29	MH
Homo sapiens	Indeterminé	immatures	néolithique		7	UMR 6578
				Total :	26	
Gorilla gorilla	Mâles	adultes	moderne		14	MNHN
Gorilla gorilla	Mâles	adultes	moderne		5	MHNM
Gorilla gorilla	Mâles	adultes	moderne		1	UMR 6578
Gorilla gorilla	Mâles	adultes	moderne		3	MAN
				Total :	23	
Gorilla gorilla	Femelles	adultes	moderne		13	MNHN
Gorilla gorilla	Femelles	adultes	moderne		1	MHNM
Gorilla gorilla	Femelles	adultes	moderne		1	UMR 6578
				Total :	15	
Pan troglodytes	Mâles	adultes	moderne		7	MNHN
Pan troglodytes	Mâles	adultes	moderne		1	MHNM
Pan troglodytes	Mâles	adultes	moderne		1	MAN
				Total :	9	
Pan troglodytes	Femelles	adultes	moderne		9	MNHN
Pongo pygmaeus	Mâles	adultes	moderne		1	MAN
Pongo pygmaeus					2	MNHN
				Total :	3	
Pongo pygmaeus	Femelles	adultes	moderne		3	MNHN

Tableau 18: Détail des échantillons d'espèces actuelles.

Espèce	Dénomination	Datation	Lieu de découverte
Australopithecus africanus	STS 36		Sterkfontein, Afrique du S.
Homo ergaster	KNM-WT 15000	1,6 millions d'an.	Lac Turkana, Kenya
Homo erectus	KNM-BK 67		Kenya
Homo erectus	Ckn G1	400-350000 ans	Zhoukoudian, Chine
Homo heidelbergensis	Mauer	730000 ans	Allemagne
Homo neanderthalensis	Shanidar 1	60000 ans	Irak
Homo neanderthalensis	La Chapelle-Aux-Saints	50000 ans	France
Homo neanderthalensis	Amud 1	45000 ans	Israël
Homo neanderthalensis	La Ferrasssie 1	50-38000 ans	France
Homo neanderthalensis	Krapina J		Croatie
Homo neanderthalensis	Zaffaraya	30000 ans	Espagne

Tableau 19 : Détail des spécimens fossiles étudiés.

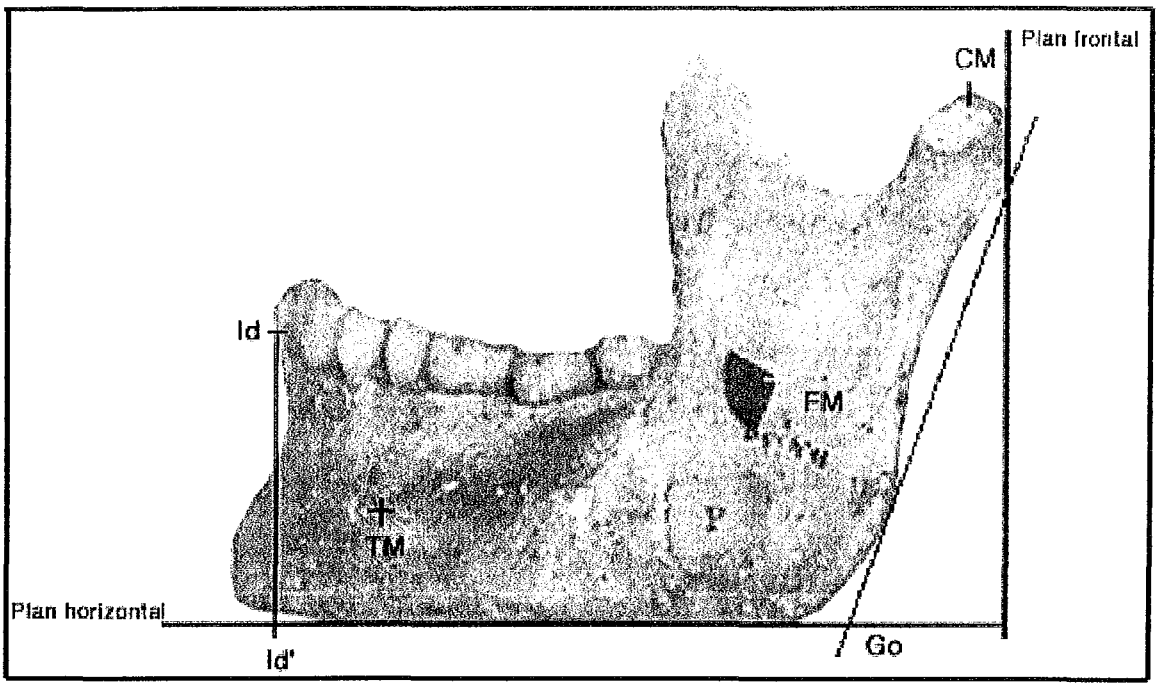


Figure 27: Définition des points, plans et distances utilisées.

2.1.2.2- Méthode.

2.1.2.2.1- Définition des plans, points et distances utilisés.

Morant (1936) définit le *plan horizontal* comme suit : « Si une mandibule est placée sur une surface horizontale les dents en haut, elle restera normalement dans une position unique, mais parfois il sera possible de lui appliquer un léger balancement. Le plan de référence est défini comme étant le plan horizontal avec lequel le contact se fait en trois points ou plus quand une pression verticale est appliquée sur la seconde molaire ou sa cavité. On appelle ce plan le plan horizontal standard ou plan basal et quand la mandibule est positionnée avec une pression verticale sur la seconde molaire gauche, elle est dite en position horizontale standard. »

Le *plan frontal* est le plan orthogonal au plan horizontal sur lequel s'appuient les deux condyles droit et gauche.

Le *plan sagittal médian* est orthogonal aux deux précédents et passe par la symphyse mentonnière. C'est dans un plan parallèle au plan sagittal médian que s'effectueront nos mesures.

Le point *CM* est le point le plus supérieur du condyle.

Le point *FM* correspond au centre du FM. Le FM s'avère cependant parfois difficile à localiser, mal circonscrit au sein d'une fossette plongeant à l'intérieur de la mandibule, vers l'avant.

Sur les mandibules humaines que nous avons observées, la région du foramen avait toujours l'apparence d'une dépression (*sulcus retrotoralis*) en forme de « ballon de rugby » orientée vers le bas et l'avant (nous avons également retrouvé cet aspect chez les grands singes, quoique de forme plus ovalaire). Le FM se situe à la pointe antérieure de cette

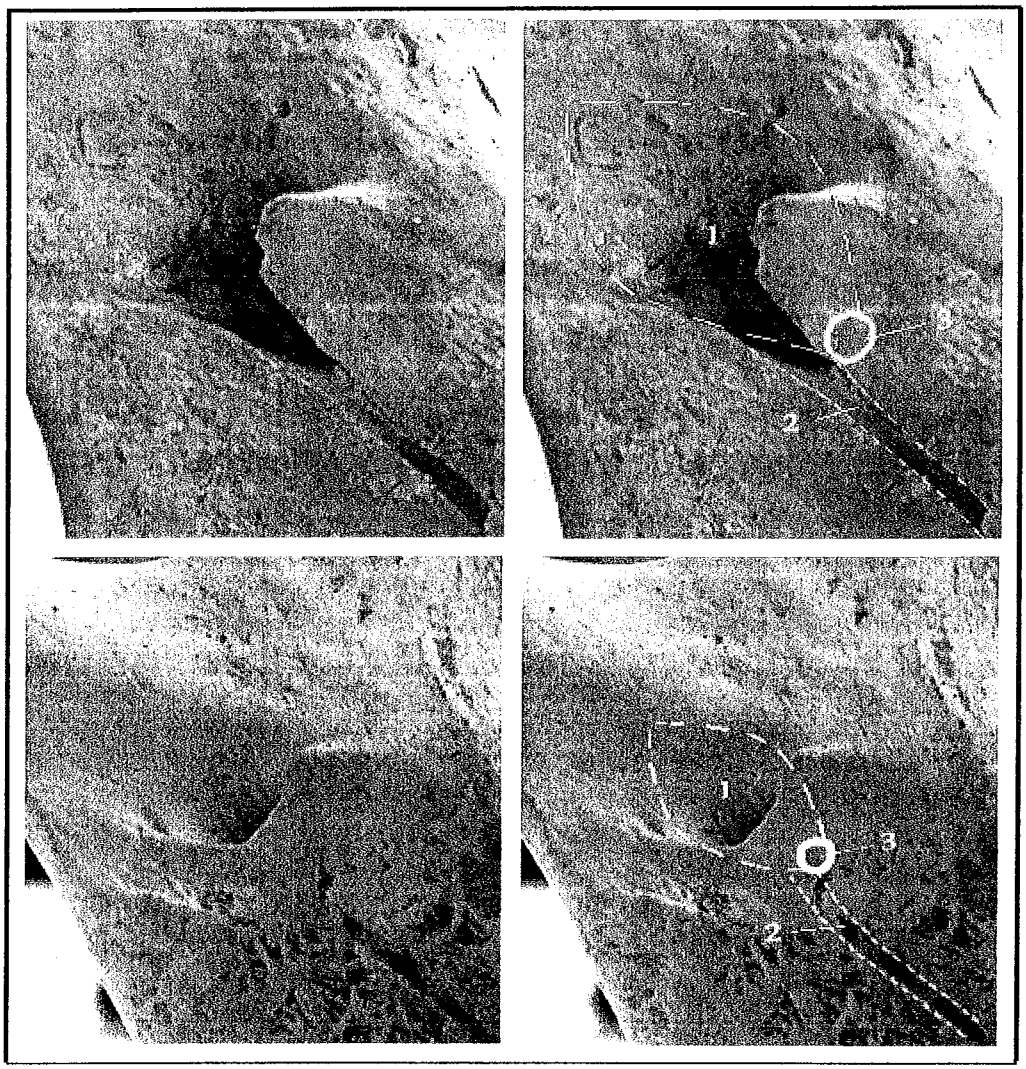


Figure 28 : Méthode de repérage du point FM.
1- *Sulcus retrotoralis*. 2- Sillon mylo-hyoïdien. 3- Foramen mandibulaire.

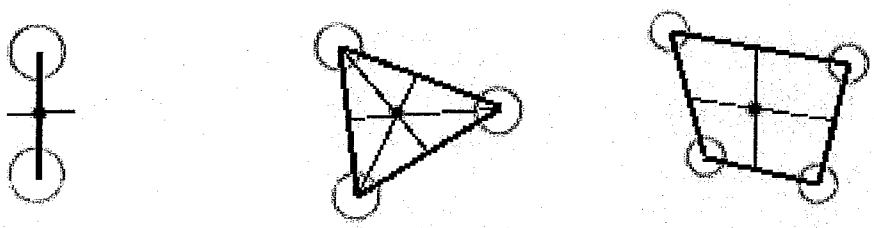


Figure 29: Méthode de repérage du point TM en cas de foramina multilpes (ici ronds blancs). Les traits fins passent par le milieu des segments (traits épais). Le rond noir représentent le point TM.

dépression. La variation d'aspect externe de la zone en vue linguale serait alors due à un plus ou moins grand développement des bords au-dessus de la dépression (de simples berges à un véritable clapet).
En outre nous avons également observé que le sillon mylo-hyoïdien prenait toujours naissance à la base inférieure du FM.
Nous repérerons donc le FM comme étant situé à la pointe de la dépression décrite ci-dessus et au-dessus de l'origine du sillon mylo-hyoïdien (voir figure 28).

Le point *TM* se définit comme étant le centre du trou mentonnier. On peut parfois trouver des foramina multiples à son niveau. Nous distinguerons deux cas : présence d'un trou mentonnier principal et de un ou plusieurs trous surnuméraires ; présence d'un trou mentonnier réellement dédoublé voire triplé ou quadruplé (Gaspard, 1979).
Dans le premier cas, la différence de taille entre le trou principal et le ou les trou(s) surnuméraire(s) devra être importante et nous définirons le point TM comme étant le centre du trou principal. Dans le second cas les trous seront de diamètres voisins et nous définirons TM comme étant (voir figure 29):

- Le centre du segment reliant le centre des deux trous en cas de trou mentonnier dédoublé.
- Le centre du triangle reliant les trois centres en cas de trou triplé.
- Le centre du losange défini par les quatre centres en cas de quadruplement.

Le point *Gonion ou Go* (Martin et Sallers, 1957) est le point d'intersection du plan basilaire du corps mandibulaire (dans notre cas, plan horizontal) et du plan ramal (tangente postérieure au ramus).

Morant (1936, cité par Martin et Sallers, 1957) définit le point *Infradentale (Id)* comme étant le plus haut du septum alvéolaire entre les deux incisives centrales inférieures. Ce point ne tient pas compte de l'état de l'os alvéolaire.

Martin et Sallers (1957) définit la *longueur du corps mandibulaire* en prenant comme référence antérieure le menton. Or le menton n'existe réellement que chez l'homme actuel. Dans un souci d'analogie, nous utiliserons un point présent à la fois chez les grands singes actuels, les Hominidés fossiles et l'homme actuel : le point Infradentale (voir ci-dessus).

La longueur mandibulaire sera la distance entre le Gonion et la projection orthogonale (Id') du point Infradentale sur le plan horizontal.

La *hauteur de la branche montante* (mesure 70 de Martin et Sallers, 1957) est la distance entre le Gonion et le plus haut point du condyle mandibulaire (dans notre cas, CM).

Sur chaque mandibule, nous mesurons les dimensions du triangle interne ainsi que celle du triangle périphérique.

Les dimensions du triangle interne sont :

- Sa hauteur, représentée par la distance CM-FM
- Sa longueur, distance FM-TM
- La distance TM-CM.

Les dimensions du triangle périphérique sont :

- Sa hauteur ou distance CM-Go, appelée H.
- Sa longueur, distance Go-Id', appelée L.
- La distance Id'-CM.

Nous déduisons de ces variables de taille les variables de conformation que sont les angles α 1, α 2 et α 3 pour le triangle interne, β 1, β 2 et β 3 pour le triangle périphérique (voir figure 30).

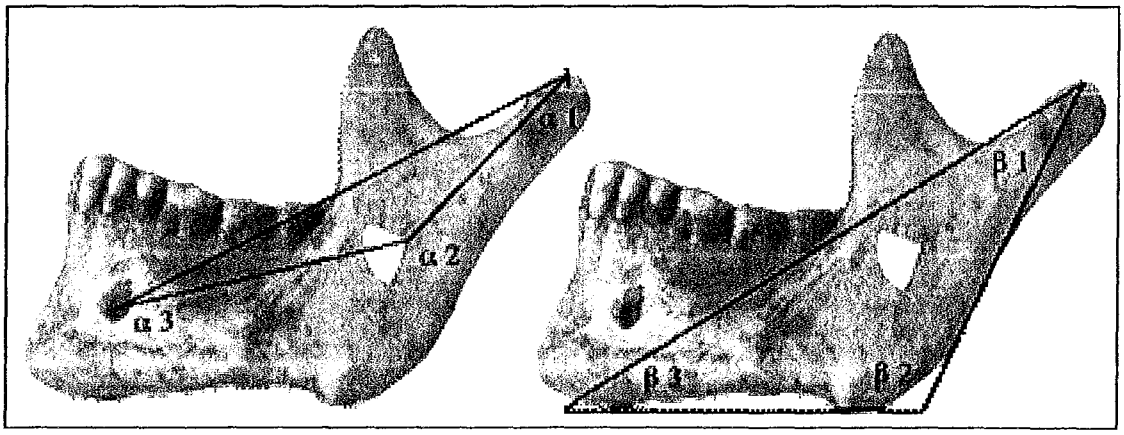


Figure 30: angles du triangle interne (α 1, α 2 **et** α 3) **et du triangle périphérique** (β1, β2 **et** β3).

2.1.2.2.2- Protocole de mesure.

Afin de faciliter les mesures et de pouvoir les pratiquer dans un plan strictement sagittal, nous avons opté pour une méthode photographique. Cette méthode offre en outre la possibilité de collecter un grand nombre de clichés de mandibules et de constituer une base de données pour des analyses ultérieures.

2.1.2.2.2.1- Méthode de prise de vue.

L'appareil photographique.

Il s'agit d'un modèle C-4000 Zoom de marque Olympus ®. Sa résolution est de 4 mégapixels et il dispose d'un zoom optique X3.

Positionnement et préparation de la mandibule.

Pour les besoins de l'étude, nous avons fabriqué un support de positionnement de la mandibule composé d'un « plancher » et de 2 parois verticales (voir figure 31). Le

plancher représente le plan horizontal sur lequel repose la mandibule, menton vers la gauche et condyles vers la droite. La première paroi est située dans un plan frontal, du côté droit, et c'est sur elle que devront s'appuyer les deux condyles : elle constitue un plan condylien postérieur. La dernière paroi enfin est située dans un plan sagittal, constituant le « fond » vertical du support, et c'est sur elle que devra reposer le pôle externe du condyle droit.

Auparavant, nous aurons matérialisé sur la face externe à l'aide d'une étiquette adhésive la position du point FM. Le report de ce point de la face interne à la face externe de la mandibule se fera en plaçant une pointe mousse sur le FM au niveau de la face interne et en reportant visuellement ce point sur la face externe, d'abord en vue supérieure puis en vue postérieure.

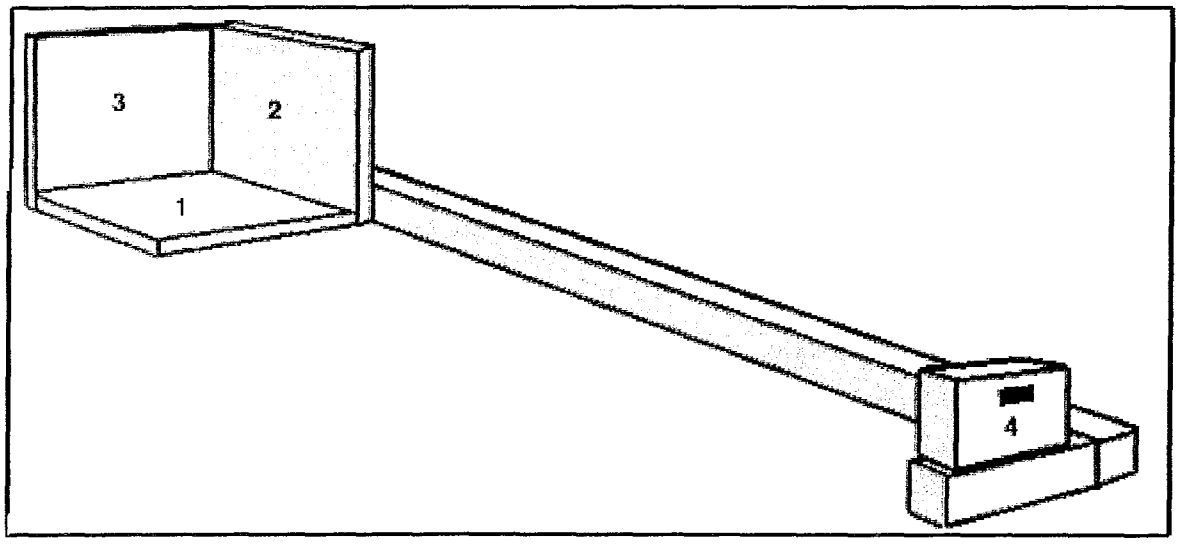


Figure 31 : Schématisation du support photographique.
1-Plan horizontal. 2-Plan condylien postérieur. 3-Plan sagittal. 4-Appareil photographique.

Positionnement de l'échelle.

Pour des besoins de référence aux dimensions réelles, une échelle sera positionnée et photographiée conjointement aux mandibules. Nous la placerons toujours dans un plan rigoureusement médian aux deux plans comprenant le point le plus externe et le point le plus interne (par rapport à la mandibule) utilisés dans nos mesures ; c'est-à-dire respectivement le point condylien supérieur et le point infradentale. En effet, par un phénomène optique inhérent à la technique photographique, l'agrandissement n'est pas le même dans ces deux plans ; il est supérieur dans le premier et inférieur dans le second. Ainsi, une mise à l'échelle en plaçant cette dernière devant la mandibule aboutirait à un sous-dimensionnement des mesures prises à partir des photographies sur la mandibule ; placée dans le plan médian de la mandibule (passant par la symphyse), elle aboutirait à un surdimensionnement. D'où le choix du plan décrit ci-dessus. Ceci aboutit à placer l'échelle derrière la branche montante, contre la paroi horizontale et la paroi frontale du support.
Les mesures prises par rapport à tout point situé dans le plan condylien postérieur devront être rapportée au plan de l'échelle, c'est à dire à la droite située à l'intersection du plan de l'échelle et du plan condylien postérieur. De même, toutes les mesures faites par rapport au plan horizontal le seront par rapport à une droite située à l'intersection du plan horizontal et du plan de l'échelle.
En guise de remarque, nous signalerons enfin que le plan de l'échelle passe souvent, chez l'homme actuel, par le point TM.

Positionnement de l'appareil.

Un pied horizontal solidaire de la paroi frontale et orthogonal à la paroi sagittale est fixé au support de la mandibule (voir figure 31). A 1,30m de la paroi sagittale, nous y avons fixé un support pour l'appareil photographique. Celui-ci y est positionné de façon à ce que le rayon principal entrant dans l'objectif soit rigoureusement orthogonal au plan sagittal et

passe par le centre d'un carré de 15 cm situé dans ce plan et dont deux côtés se trouvent dans le plan condylien postérieur et dans le plan horizontal.

Prises de vues.

Elle seront prises en zoom optique maximal et en l'absence de flash si les conditions de lumière sont suffisantes, afin d'éviter un effet d'ombre pouvant fausser les mesures.
Dans un second temps, une photographie en vue interne de la région du FM sera prise sur chaque mandibule afin de prolonger notre recherche sur la morphologie de cette région.

2.1.2.2.2.2- Mesures.

Outil utilisé.

Nos mesures seront effectuées par voie informatique. Nous utiliserons pour cela le logiciel Photoshop® (5.5) qui dispose d'un outil « mesure ». Ce dernier s'utilise en pointant les deux extrémités du segment mesuré.

Redimensionnement de l'image.

Grâce à l'outil « mesure », nous définirons la dimension de l'échelle de 10 cm avant redimensionnement. Grâce à cette manœuvre, nous pourrons définir un rapport entre les 10 cm de l'échelle et la dimension mesurée. Ce rapport sera reporté en pourcentage dans la fenêtre « transformation paramétrée ».

2.1.2.2.2.3- Validité de la méthode.

Fiabilité de la mesure.

Nous avons effectué sur 30 mandibules de la série de Loisy en Brie deux mesures au mandibulomètre : longueur totale de la mandibule et hauteur de la mandibule orthogonalement au plan horizontal. Les mêmes mesures ont été prises grâce à la méthode

photographique décrite précédemment. Nous avons ainsi obtenu 60 couples de valeurs ; 30 pour la hauteur et 30 pour la longueur (voir annexe 4). Les mesures sont toujours exprimées en centimètres.

Afin de déterminer si la méthode photographique concorde suffisamment avec la mesure au mandibulomètre, nous avons utilisé le protocole décrit par Bland et Altman en 1986.

L'importance de la différence entre la mesure au mandibulomètre et la mesure « photographique » en fonction de la valeur a d'abord été représentée graphiquement à l'aide d'un nuage de points (diagramme d'accord de Bland et Altman): l'axe des ordonnées représente la différence entre les deux mesures effectuées et l'axe des abscisses représente la moyenne des deux mesures effectuées (voir annexe 4). Ne connaissant pas la valeur réelle, la moyenne des deux mesures en constitue la meilleure estimation. L'allure du nuage de points nous permet de constater l'indépendance de l'erreur par rapport à la valeur de la mesure, critère nécessaire pour qu'une mesure soit considérée comme fiable (Bland et Altman, 1986).

Afin d'évaluer la concordance entre les 2 méthodes de mesure, nous calculons dans un second temps la moyenne (m) des différences ainsi que leur écart type (s). On s'attend, en supposant gaussienne la distribution des différences, à ce que la majorité des différences se situent entre m-$2s$ et m+$2s$, ce qui est le cas ici (voir annexe 3).

Les deux méthodes concordent si l'écart entre ces deux limites n'est pas trop importantes. Cependant, les limites de concordance définies à partir de notre échantillon ne sont que des estimateurs des valeurs qui s'appliqueraient à la population entière. Un autre échantillon donnerait des valeurs différentes. C'est pourquoi nous calculons l'erreur standard de m et de s, qui nous permet de calculer l'intervalle de confiance à 95% de la moyenne et des limites de concordance pour n-1 degrés de liberté (ici, 29).

Les résultats sont exposés en annexe 4.

Pour la longueur, la moyenne des différences est de -0,0022 (intervalle de confiance de -0,035 à 0,031), donc très proche de 0. Dans la moins favorable des interprétations, les limites de concordance sont de –0,23 et 0,23, ce qui correspond à une différence de ± 2,3 mm, c'est à dire de ± 2,2 % de la mesure, dont la moyenne est de 100,5 mm. Dans la plus favorable des interprétations (limites de –0,122 et 0,11), la différence limite ne représente que ±1 % de la mesure. Dans les deux cas, ceci peut être considéré comme négligeable et les deux méthodes de mesure comme concordantes.

Pour la hauteur, la moyenne des différences est de 0,0038 (intervalle de confiance de -0,022 à 0,029), donc très proche de 0. Dans la moins favorable des interprétations, les limites de concordance sont de –0,18 et 0,18, ce qui correspond à une différence de ± 1,8 mm, c'est à dire de ± 3,4 % de la mesure dont la moyenne est de 51,9 mm. Dans la plus favorable des interprétations (limites de –0,09 et 0,09), la différence limite ne représente que ± 1,7 % de la mesure. Dans les deux cas, là encore, ceci peut être considéré comme négligeable et les deux méthodes de mesure comme concordante.

La répartition des différences entre les 2 séries de mesures est résumée sous forme de box-plots en figure 32.

Répétabilité.

Nous avons effectué à 2 reprises les mesure de la hauteur et de la longueur sur 18 mandibules, par méthode photographique. Un deuxième examinateur a effectué les mêmes opérations, lui aussi à deux reprises.

Afin de comparer ces séries de valeurs appariées, nous avons appliqué le même protocole que précédemment (Bland et Altman, 1986).

Les résultats sont présentés en annexe 5.

Chez les deux examinateurs, à la fois pour la hauteur et la longueur, on observe :

- Une répartition des nuages de points (diagrammes d'accord) montrant une indépendance de la différence et de la moyenne des mesures,
- Une moyenne des différences toujours voisine de 0,

- Des limites de concordance toujours acceptables, même dans l'interprétation la moins favorable.

La mesure par méthode photographique a donc une bonne répétabilité.

Les répartitions des différences entre les 2 séries de mesures pour chaque opérateur sont résumées sous forme de box-plots en figure 32.

Reproductibilité.

Nous avons effectué à 2 reprises les mesures de la hauteur et de la longueur sur 18 mandibules, par méthode photographique.

Afin de comparer cette série de valeurs appariées, nous avons de nouveau appliqué le même protocole défini par Bland et Altman. Les résultats sont présentés en annexe 6.

A la fois pour la hauteur et la longueur, on observe :

- Une répartition des nuages de points (diagrammes d'accord) montrant une indépendance de la différence et de la moyenne des mesures,
- Une moyenne des différences toujours voisine de 0,
- Des limites de concordance toujours acceptables, même dans l'interprétation la moins favorable.

La mesure par méthode photographique a donc une bonne reproductibilité.

La répartition des différences entre les 2 séries de mesures est résumée sous forme de box-plots en figure 32.

Analyse de Variances.

Une analyse de variances entre les cinq séries de mesures a été réalisée grâce au logiciel Statview ®. Les résultats sont présentés en annexe 6. Ils montrent une valeur de F très faible ainsi qu'une probabilité P supérieure à 5%. On peut donc considérer qu'il n'existe pas de différences entre les mesures à la fois en termes de méthode utilisée mais aussi de répétabilité et reproductibilité.

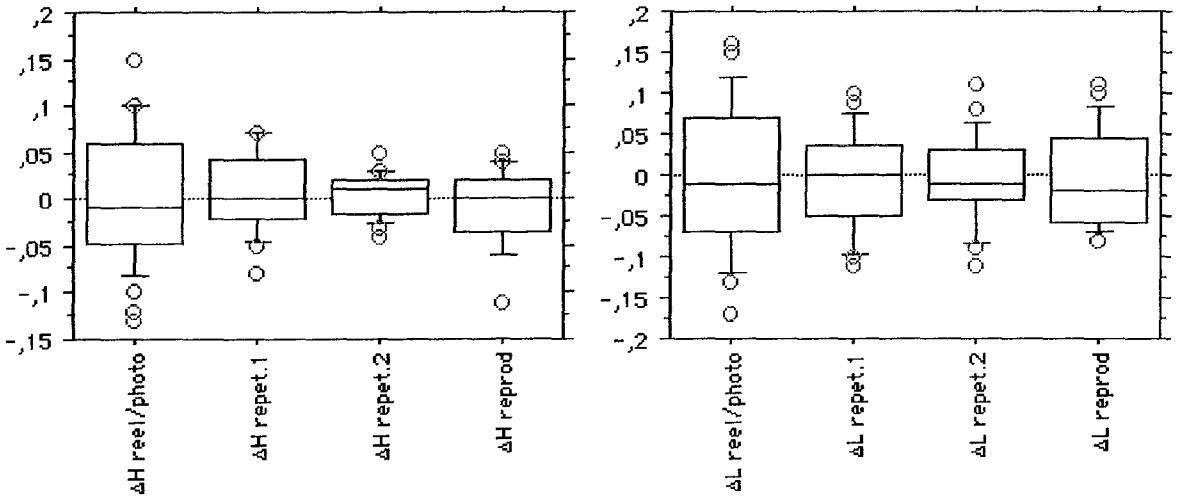


Figure 32: Box-plots des répartitions des différences entre chaque série de mesure. Chaque boîte est composée de 5 lignes horizontales représentant les 10ᵉ, 25ᵉ, 50ᵉ, 75ᵉ et 90ᵉ percentiles de la variable. Les valeurs au delà du 10ᵉ ou 90ᵉ percentile sont représentées par des bulles.

Evaluation de la déformation sphérique.

Afin d'évaluer la déformation sphérique sur les valeurs angulaires (l'appareil photographique étant utilisé en zoom maximal), nous avons réalisé une mire divisant en 16 cadrans égaux le champ couvert par la prise de vue. Dans chacun de ces cadrans, nous avons tracé un angle de 40° dans différentes positions et orientations (voir annexe 8). Pour évaluer la déformation de la périphérie vers le centre, nous avons déterminé 3 zones principales :

- La zone A constituée par les coins du champ photographique (rassemblant les cadrans A1, A2, A3 et A4),
- La zone B constituée par les côtés du champ (cadrans B1, B2, B3, B4, B5, B6, B7 et B8),
- La zone C constituée par le centre du champ (cadrans C1, C2, C3 et C4).

Cette mire a été photographiée en zoom maximal a une distance de 1,30 m, c'est à dire dans les conditions réalisées pour les photographies de mandibules.
Les angles, une fois photographiés, ont été mesurés par méthode numérique. Les résultats sont présentés en annexe 8. Ils montrent une déformation plus importante à la périphérie qu'au centre, mais toujours négligeable puisqu'offrant une précision supérieure à celle d'un goniomètre (gradué en demi degrés).
En outre, les mandibules que nous photographions sont toujours placées dans la zone centrale du champ (zone A), qui offre la précision la plus importante.

2.1.2.2.3- Traitement des données.

Ce dernier obéit à deux axes principaux : dans un premier temps nous avons analysé les variations des 2 triangles d'un point de vue interindividuel, du sexe, de l'âge et de la population, ceci dans le but de savoir quelles sont les dimensions qui varient le moins. Dans un second temps, nous avons analysé les modalités de variation des structures étudiées, en particulier par l'étude de corrélations et de courbes de croissance.

2.1.2.2.3.1- Etude de la variabilité des trigones chez Homo sapiens.

2.1.2.2.3.1.1- Variations interindividuelles.

Elles ont été analysées à l'aide du calcul de la variance sur un échantillon de 58 *Homo sapiens* du 19ème siècle de provenance variées (Musée de l'Homme), supposé représentatif de la population mondiale.
Des box-plots ont été réalisés dans un but illustratif et afin de vérifier la cohérence des résultats obtenus.
Cependant, la comparaison des variances présente un biais en raison des écarts de dimensions qui séparent certaines structures. C'est pourquoi nous l'avons nuancé par le

calcul du coefficient de variation, rapport de l'écart-type et de la moyenne de la dimension considérée.

Cette démarche a été appliquée à la fois aux variables de taille (distances) et de conformation (angles).

2.1.2.2.3.1.2- Variations avec l'âge.

Elles ont été étudiées à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA) sur une population de 36 *Homo sapiens* immatures. L'âge des individus a été évalué grâce à la denture, puis ces derniers ont été regroupés par phases de dentition (voir *Résultats*). Cependant, en raison du manque d'effectif dans certaines phases, les mandibules ont été regroupés en 3 classes d'âge principales : 1 à 6 ans exclus (16 mandibules), 6-13 ans exclus (12 mandibules), 13-21 ans exclus (8 mandibules).

L'ANOVA a été complétée par un calcul de la variance interclasse et du coefficient de variation (CV) interclasse (écart-type interclasse divisé par la moyenne de la dimension considérée) afin de faire apparaître un contraste entre les différentes variations.

2.1.2.2.3.1.3- Dimorphisme sexuel.

Les variations relatives au sexe ont été étudiées à l'aide d'une ANOVA sur un échantillon de 30 hommes et 28 femmes de provenances diverses (Musée de l'Homme).

2.1.2.2.3.1.4- Variations interpopulationnelles.

Une population est à la fois définie dans le temps et dans l'espace. C'est pourquoi nous avons considéré l'échantillon de population mondiale du 19e siècle (mandibules d'*Homo sapiens* du Musée de l'Homme) et la série de Loisy-en-Brie comme deux populations différentes. En effet, la seconde population (néolithique) est éloignée de plusieurs millénaires de la première, période au cours de laquelle une dérive génétique a pu

s'opérer. De plus, elle correspond à une zone géographique extrêmement restreinte (Loisy en Brie), tandis que la première est caractérisée par une grande diversité géographique. L'étude des variations interpopulationnelles a donc été réalisée grâce à une ANOVA sur un échantillon de 58 individus supposée représentatif de la diversité mondiale et sur un échantillon de 29 individus provenant de la série de Loisy-en-Brie.

2.1.2.2.3.2- Modalités de variation.

2.1.2.2.3.2.1- Croissance et développement.

Cinq classes d'âges ont été formées : 1 à 3 ans exclus (7 mandibules), 3 à 6 ans exclus (9 mandibules), 6 à 9 ans exclus (8 individus), 9 à13 ans exclus (4 individus), 13 à 21 ans exclus (8 individus). Pour chaque classe d'âge, une moyenne de chaque dimension a été réalisée, ainsi qu'une moyenne d'âge (du fait du regroupement au sein d'une classe de plusieurs classes d'âge d'effectif différent).

Nous avons également calculé les différences moyennes entre chaque classe d'âge et pour chaque dimension.

A partir de ces résultats, nous avons réalisé les courbes de croissance des distances et des angles afin de comparer la croissance (pour la taille) et le développement (pour la conformation) des différentes dimensions ainsi que pour mettre en évidence le sens de variation des angles.

Nous avons enfin réalisé des diagramme représentant les différences moyennes entre chaque classe d'âge et pour chaque dimension afin d'explorer les taux de variation.

2.1.2.2.3.2.2- Corrélations et régressions.

Afin de détecter d'éventuelles corrélations entre certains angles ou certaines distances, nous avons réalisé 2 tableaux de corrélation (un pour les angles, un pour les distances) à partir des deux populations adultes de Loisy en Brie et du Musée de l'homme ainsi que sur les immatures.

Parallèlement à cette démarche, nous avons confronté entre eux tous les variables de taille puis de conformation grâce à des droites de régression afin de déterminer quelles corrélations étaient les plus linéaires. Nous n'avons conservé que ces dernières (correspondant à un coefficient de corrélation linéaire supérieur à 0,90).

2.1.2.2.3.3- Variations chez les Hominidés et les grands singes.

L'insuffisance des effectifs ne nous a pas permis d'effectuer des études statistiques poussées. Nous nous sommes limités à une étude prospective en réalisant des Z-scores pour les variables de taille à partir des populations de *Gorilla gorilla*, *Pan troglodytes*, *Pongo pygmaeus* et d'Hominidés fossiles. L'échantillon d'Homo sapiens actuels (Musée de l'homme) a été choisi comme échantillon de référence. Nous avons comparé chaque espèce à cet échantillon de références au moyen de Z-scores : pour chaque variable de taille, nous avons calculé la différence entre sa chez l'espèce considérée moyenne (ou sa valeur s'il nous n'avons qu'un seul représentant de cette espèce) et sa moyenne chez Homo sapiens ; cette différence a été divisée par l'écart-type de la variable chez *Homo sapiens*.
Le Z-score indique donc, pour chaque variable, l'écart de moyenne (ou valeur) entre l'espèce considérée et *Homo sapiens*, exprimé en unité d'écart-type : une valeur située entre –2 et 2 se situe dans l'intervalle de variabilité de 95,45 % des *Homo sapiens* actuels.
Nous avons construit à partir de ces calculs des diagrammes de rapports : l'axe des abscisses représente les variables étudiées, l'axe des ordonnées les Z-scores. En reliant les points obtenus pour les différentes variables dans chaque espèce, nous avons obtenu des courbes dont l'allure apporte des renseignements sur la conformation (deux courbes de même allure, c'est-à-dire parallèles, indiquent une conformation identique).
Des diagrammes de rapports ont été réalisés pour les grands singes, les Hominidés fossiles (où la courbe de *Homo neanderthalensis* a été réalisée à partir des valeurs moyennes de cette espèce) et les néandertaliens (afin de détailler leur variabilité).

2.1.3- Résultats.

Les résultats des mesures de distances et d'angles sont présentés en annexe 9.

2.1.3.1- Variabilité des triangles chez Homo sapiens.

2.1.3.1.1- Variabilité interindividuelle.

Les calculs des variances et coefficients de variation sont présentés en annexe 10 et résumés dans le tableau 3. Les box-plots sont présentés en figure 33.

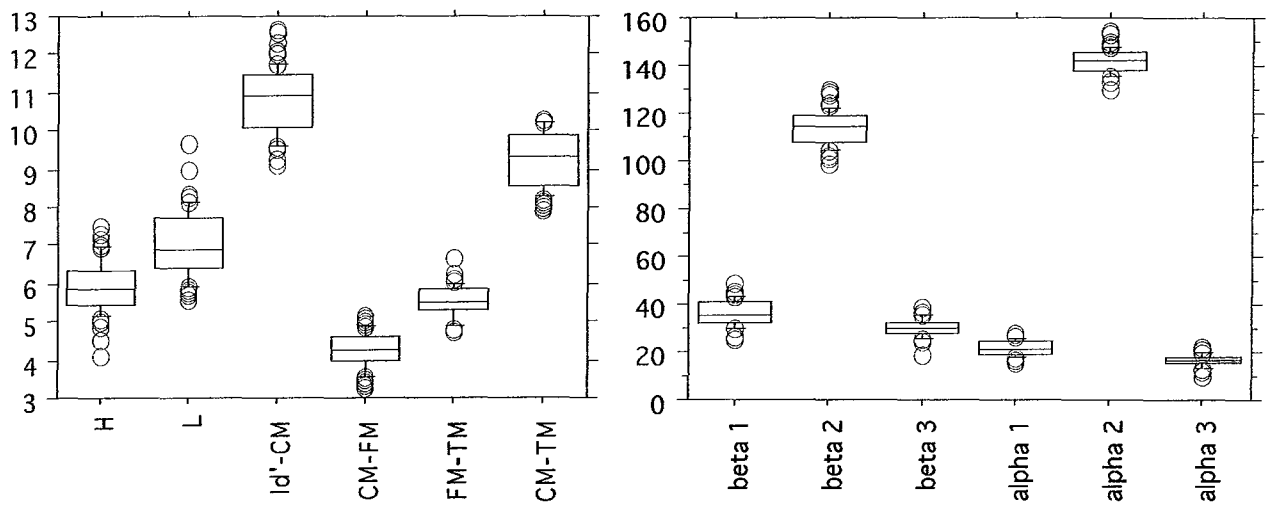


Figure 33: Box-plots de dispersion intraspécifique des mesures effectuées chez *Homo sapiens*. Chaque boîte est composée de 5 lignes horizontales représentant les 10e, 25e, 50e, 75e et 90e percentiles de la variable. Les valeurs au delà du 10e ou 90e percentile sont représentées par des bulles.

Variable	CM-FM	FM-TM	CM-TM	H	L	Id'-CM	Alpha 1	Alpha 2	Alpha 3	Beta 1	Beta 2	Beta 3
Variance	0,211	0,185	0,519	0,497	0,811	0,75	9,618	27,22	6,288	31,3	57,02	12,75
CV	0,109	0,078	0,067	0,119	0,128	0,08	0,142	0,037	0,152	0,153	0,067	0,119

Tableau 20: résultats des calculs de variance et de coefficient de variation (CV) interindividuelles.

La distance possédant la variance la plus faible est FM-TM. En outre, on constate que les trois côtés du triangle interne comparés aux côtés analogues du triangle périphérique (CM-FM comparé à H, CM-TM comparé à Id'-CM, FM-TM comparé à L) possèdent des variances (CV) inférieures à ces derniers.

La distance présentant le coefficient de variation le plus faible est CM-TM. On constate également que les trois côtés du triangle interne comparés aux côtés analogues du triangle périphérique (CM-FM comparé à H, CM-TM comparé à Id'-CM, FM-TM comparé à L) possèdent des coefficients de variations (CV) inférieurs à ces derniers.

Les angles du triangle interne ont tous des variances au moins deux fois inférieures à leurs analogues du triangle périphérique.
L'angle au CV le plus faible est alpha 2 et son CV est près de deux fois inférieure à celui de son analogue, l'angle beta 2. Alpha 1 a un CV inférieur à son analogue beta 1. Alpha 3 a, lui, un CV supérieur à son analogue beta 3, quoique proche (c'est cependant alpha 3 qui possède la variance la plus faible des 6 angles...).
Le triangle interne est donc, du point de vue de la conformation, moins variable que le triangle périphérique. Ce fait est à nuancer dans le cas de alpha 3.

2.1.3.1.2- Variabilité due à l'âge.

Les résultats de l'ANOVA et des calculs de la variance et du CV interclasse sont présentés en annexe 10 et résumés dans le tableau 21.

Variable	CM-FM	FM-TM	CM-TM	H	L	Id'-CM	Alpha 1	Alpha 2	Alpha 3	Beta 1	Beta 2	Beta 3
P-value	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0439	0,024	0,021	0,011	<0,0001	<0,0001
Var. intercl.	0,277	0,454	1,206	0,919	0,913	1,897	1,174	4,015	0,884	5,025	27,283	9,006
CV intercl.	0,179	0,1556	0,1585	0,2369	0,1738	0,1681	0,0509	0,0139	0,0658	0,0623	0,044	0,118

Tableau 21: Résultats de l'ANOVA (P-value) et des calculs de variance interclasses (var. intercl.) et de CV interclasses (CV intercl.).

L'ANOVA fait apparaître des différences significatives au risque α= 5 % pour toutes les distances en fonction des classes d'âge ; les 2 triangles varient donc, en terme de taille, au cours de la croissance.

Cependant, le CV interclasse et de la variance fait apparaître des différences au sein de la variabilité. D'une part, en comparant les distances deux à deux (CM-FM par rapport à H, FM-TM par rapport à L, CM-TM par rapport à Id'-CM), on constate là encore que les côtés du triangle interne varient moins que ceux du triangle périphérique. La distance qui présente le CV interclasse le plus faible est FM-TM (quoique très proche de CM-TM). La variance la plus faible est présentée par CM-FM.

L'ANOVA fait apparaître des variations significatives de tous les angles au cours de la croissance.
Cependant, le calcul du CV interclasse et de la variance permet de nuancer ce résultat.
Les CV interclasses et les variances des angles du triangle interne sont tous inférieurs à leurs analogues du triangle périphérique. L'angle alpha 2 est, d'après le CV interclasse, celui qui varie le moins. D'après la variance, il s'agit d'alpha 3.

2.1.3.1.3- Dimorphisme sexuel.

L'ANOVA (voir résultats en annexe 10) fait apparaître des différences significatives au risque α=5% pour toutes les distances sauf L. Il existe donc, chez *Homo sapiens*, un dimorphisme sexuel concernant les variables de taille des triangles interne et périphérique, excepté pour la longueur de ce dernier. L'ANOVA appliquée aux dimensions angulaires ne fait apparaître un dimorphisme sexuel que pour alpha 1.
On observe donc, entre les hommes et les femmes, plus de différences de taille et de conformation au niveau du triangle interne qu'au niveau du triangle périphérique.

2.1.3.1.4- Variabilité interpopulationnelle.

L'ANOVA (voir résultats en annexe 10) révèle des différences significatives entre populations au risque α=5% en ce qui concerne alpha 1, alpha 2, CM-TM et CM-FM pour le triangle interne, Id'-CM pour le triangle périphérique.

D'une population à l'autre, il y a donc plus de différences au sein du triangle interne qu'au sein du triangle périphérique.

2.1.3.2- Modalités de variation.

2.1.3.2.1- Croissance et développement.

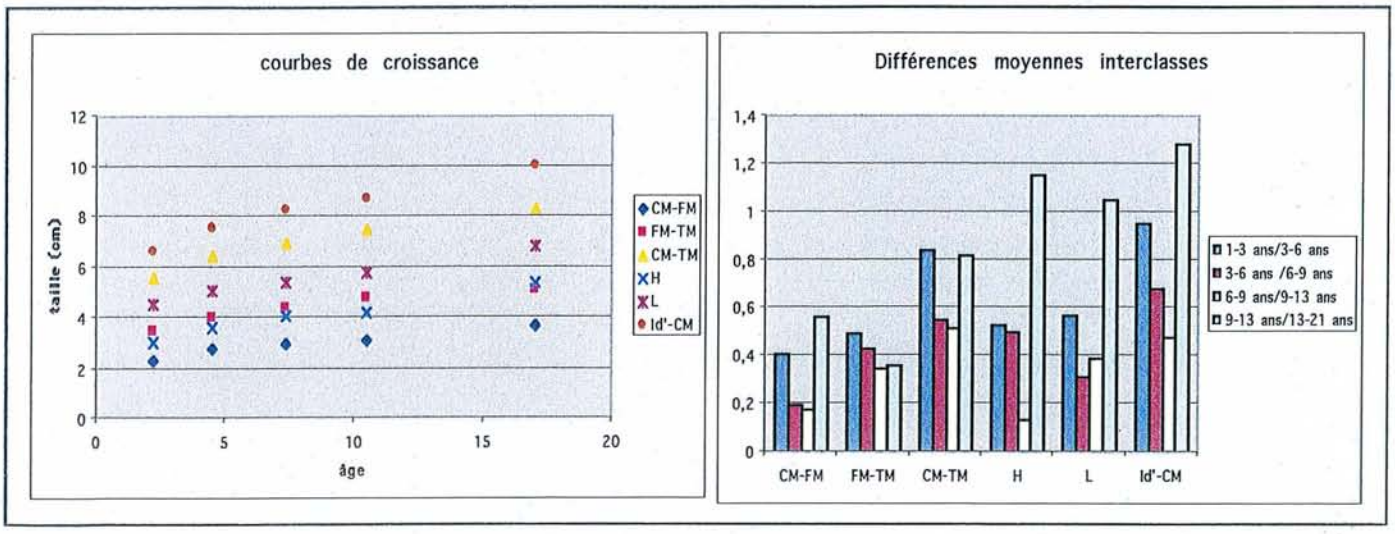


Figure 34 : Courbes de croissances et taux de croissance des variables de taille.

La figure 34 montre que les variables de taille suivent tous un schéma de croissance analogue : la croissance ralentit au cours de l'enfance puis subit une accélération au cours de la puberté. Ce schéma correspond au schéma de croissance de l'organisme.

Cependant, le pic pubertaire est moins marqué pour les côtés du triangle interne. De plus, FM-TM connaît des variations de croissances peu importantes et son pic pubertaire est presque inexistant.

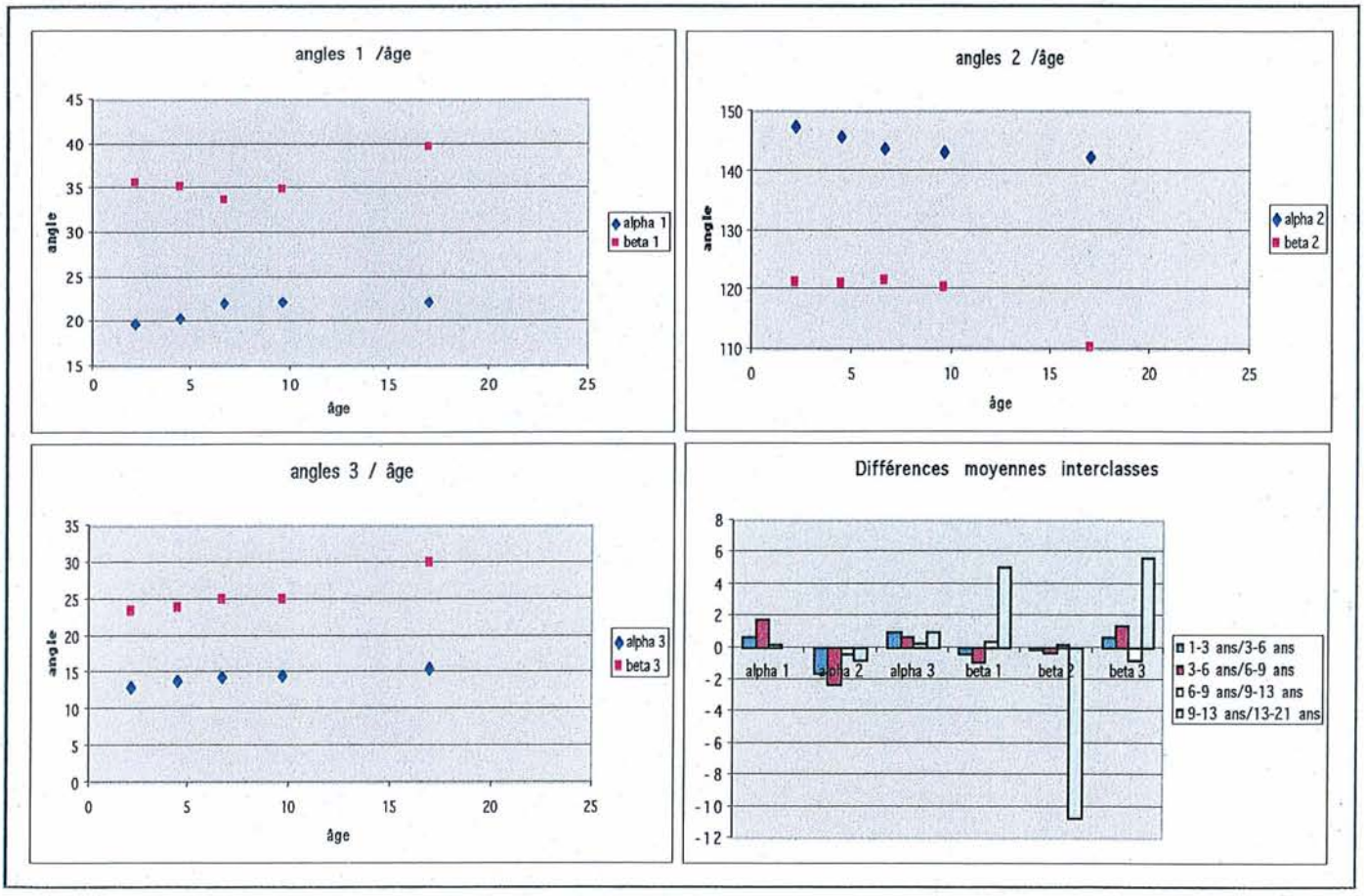


Figure 35: Courbes de développement et taux de développement des variables de conformation.

Les courbes de développement de la figure 35 nous permettent d'objectiver le sens de variation des différents angles au cours du développement: alpha 1 et beta 1 croissent, alpha 2 et beta 2 décroissent, alpha 3 et beta 3 croissent.

La figure 35 fait apparaître des différences dans les schémas de développement du triangle interne et du triangle périphérique du point de vue de la conformation :

Tous les angles du triangle périphérique connaissent un pic de développement pubertaire très important alors que ceux du triangle interne ont un pic peu marqué, voire inexistant dans le cas de alpha 1.

Les angles du triangle interne subissent la majorité de leur développement au cours de l'enfance, alors que ceux du triangle périphérique la subissent à la puberté.

Alpha 1 et beta 1, angles analogues, connaissent des rythmes de développement opposés : pendant que beta 1 décroît au long de l'enfance, alpha 1 croît ; pendant que beta 1 connaît un pic de croissance positive au moment de la puberté, alpha 1 a une croissance nulle.

2.1.3.2.2- Corrélations et régressions.

Les résultats des études de corrélation et régression sont présentés en annexe 11. Les équations des droites de régression sont accompagnées de leurs intervalles de confiance.

Ces résultats montrent que les distances les plus prédictives des autres sont CM-TM et surtout Id'-CM, dimensions transversales analogues :

- Id'-CM est en forte corrélation (coefficient de corrélation linéaire r supérieur à 0,9) avec toutes les autres distances FM-TM, CM-FM, CM-FM, H et L.
- CM-TM est en forte corrélation (r supérieur à 0,9) avec FM-TM, CM-FM, CM-TM, H et dans une moindre mesure, L (r= 0, 837).
- La plus forte corrélation est retrouvée entre ces 2 distances (r=0,98).

On remarque en outre que les corrélations entre les distances du triangle interne sont plus forte que celles reliant les distances du triangle périphérique.

L'angle le plus prédictif des autres est alpha 2 : il est en forte corrélation (r supérieur à 0,9) avec alpha 1 (r=0,93) et alpha 3 (r=0,92).

Ici encore, on remarque que les corrélations entre les angles du triangle interne sont plus fortes que dans le cas du triangle périphérique.

Les angles du triangle interne sont très peu liés à ceux du triangle périphérique.

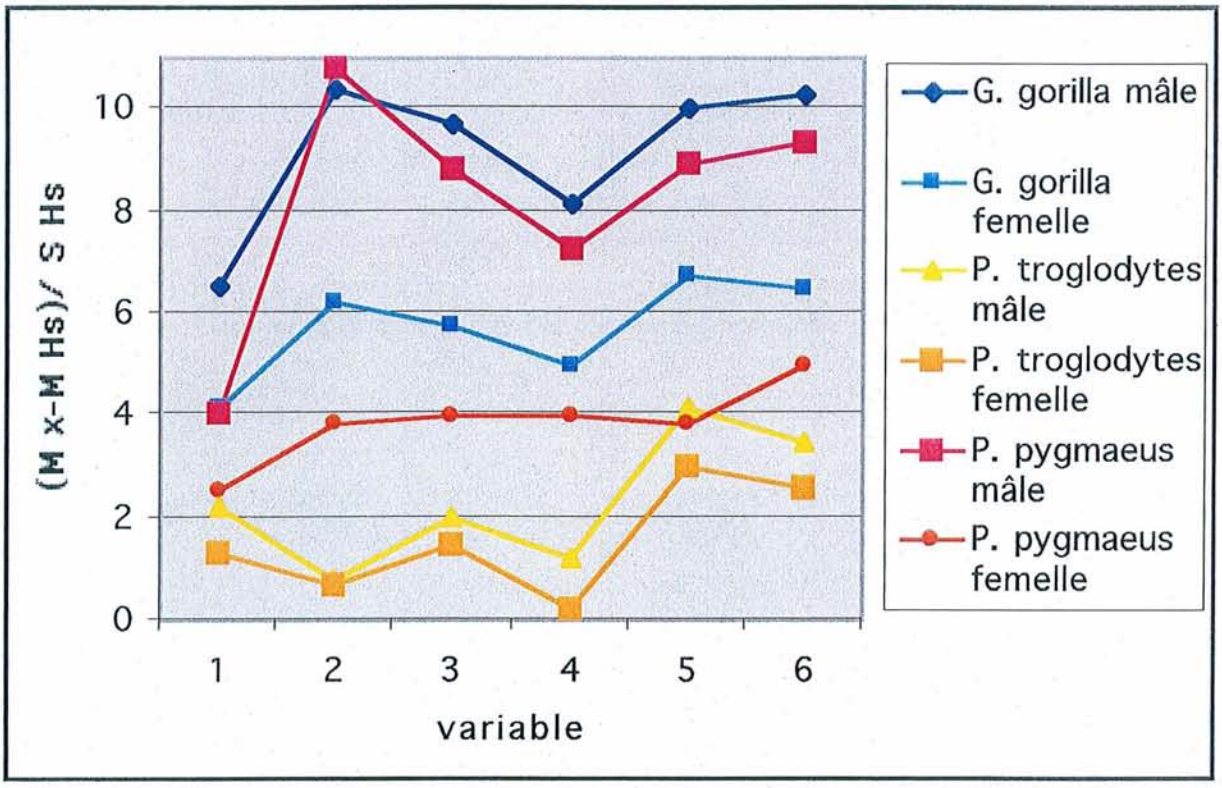


Figure 36: Diagrammes de rapport (Z-scores) des grands singes comparés à l'homme actuel.
M x : moyenne de l'espèce considérée. M Hs : moyenne chez *Homo sapiens*. S Hs : écart-type chez *Homo sapiens*.
Axe des abcisses : 1 = CM-FM ; 2 = FM-TM ; 3 = CM-TM ; 4 = H ; 5 = L ; 6 = Id'-CM.

2.1.3.3- Variations chez les Hominidés et les grands singes.

2.1.3.3.1- Homo sapiens comparé aux grands singes actuels.

Les Z-scores des grands singes sont présentés en figure 36.

2.1.3.3.1.1- Pan troglodytes.

Toutes les variables de taille du triangle interne ainsi que la hauteur du triangle périphérique semblent comprises (ou voisine dans le cas de CM-FM chez le mâle) dans l'intervalle de variation de notre échantillon d'hommes actuels. La longueur du triangle périphérique ainsi que Id'-CM sont supérieurs aux valeurs humaines. Chez le mâle, la variable la plus proche de l'homme est FM-TM, chez la femelle, H. Dans le triangle périphérique, la hauteur est la variable la plus proche de l'homme dans les deux sexes.
Le triangle interne présente peu de différences (courbes proche d'une ligne horizontale) avec la conformation « moyenne » rencontrée chez *Homo sapiens*, ce qui n'est pas le cas du triangle périphérique. Cette proximité est plus grande chez la femelle. En revanche, la conformation du triangle interne paraît très différente (courbe inversée) de celle des deux autres espèces de grands singes. La conformation du triangle périphérique reste comparable aux deux autres espèces (hormis *Pongo pygmaeus* femelle).
Le dimorphisme sexuel est peu marqué, il l'est plus pour le triangle périphérique que pour le triangle interne. La femelle est plus proche d'*Homo sapiens* que le mâle. FM-TM est identique chez les deux sexes.

2.1.3.3.1.2- Gorilla gorilla.

Les variables de tailles ont toutes des valeurs différentes de celle d'*Homo sapiens.* Comparées à leurs analogues du triangle périphérique, les variables du triangle périphérique sont toutes plus proches de celles d'*Homo sapiens* (hormis FM-TM chez le

mâle). La plus proche est CM-FM. Dans le triangle périphérique, la plus proche de l'homme est la hauteur.

La conformation du triangle périphérique est comparable aux autres espèces de grands singes (Hormis *Pongo pygmaeus* femelle). La conformation du triangle interne chez le mâle est comparable à celle rencontrée chez *Pongo pygmaeus* mâle, chez la femelle elle est comparable à celle rencontrée chez *Pongo pygmaeus* femelle.

Le dimorphisme sexuel est marqué dans le cas de la taille, alors que la conformation semble être la même.

2.1.3.3.1.3- Pongo pygmaeus.

La variable de taille la plus proche des valeurs humaines semble être CM-FM dans les deux sexes. Dans le triangle périphérique, la plus proche est la hauteur chez le mâle et la longueur chez la femelle (toutefois avec une différences proche de celle rencontrée pour la hauteur).

Le dimorphisme sexuel est très marqué et concerne à la fois la taille et la conformation. La plus grande différence entre les deux sexes est observée pour FM-TM. La femelle est plus proche de l'homme que le mâle et que *Gorilla gorilla.*

2.1.3.3.2- Hominidés fossiles.

Les Z-scores des Hominidés fossiles sont présentés en figure 37.

2.1.3.3.2.1- Observations générales.

La variable de taille qui présente la plus faible variabilité chez les Hominidés fossiles semble être CM-FM. Ses valeurs sont en outre toujours comprises dans son intervalle de variation rencontré dans notre échantillon d'*Homo sapiens.* Dans le triangle périphérique, la variable la plus proche de ses valeurs humaines est toujours la hauteur. A la fois dans le triangle interne et périphérique et hormis le cas du triangle interne d'*Homo*

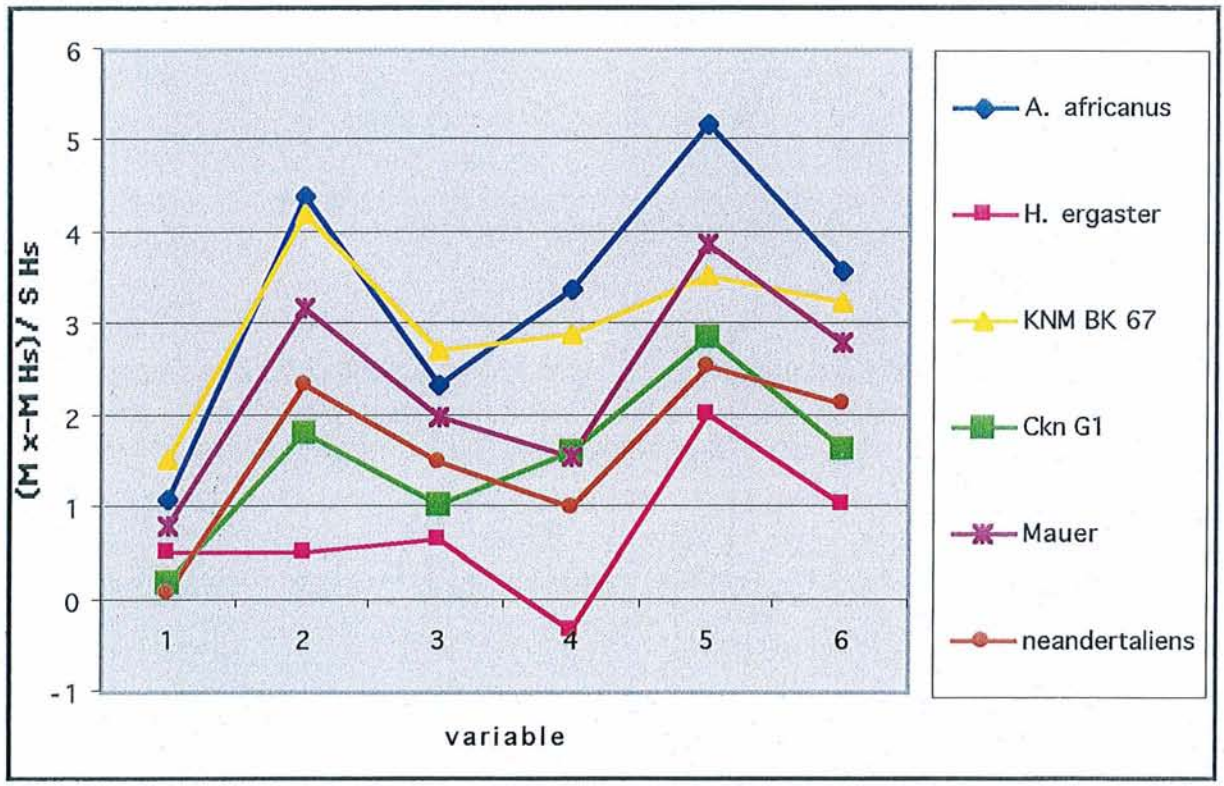


Figure 37 : Diagrammes de rapport (Z-scores) des Hominidés fossiles comparés à l'homme actuel. M x : moyenne de l'espèce considérée. M Hs : moyenne chez Homo sapiens. S Hs : écart-type chez Homo sapiens.

Axe des abcisses : 1 = CM-FM ; 2 = FM-TM ; 3 = CM-TM ; 4 = H ; 5 = L ; 6 = Id'-CM.

Afin de les distinguer entre eux, les Homo erectus ont été étiquetés par leurs noms de spécimens.

ergaster, les variables qui présentent le plus de différences par rapport aux valeurs humaines actuelles sont toujours les variables de longueur.

La conformation du triangle périphérique est plus proche de celle des grands singes que de celle d'*Homo sapiens* pour toutes les espèces présentes. La conformation du triangle interne est plus proche de celle de *Gorilla gorilla* et *Pongo pygmaeus*, pour toutes les espèces hormis *Homo ergaster*. Cette conformation semble très stable (quasi-parallélisme des courbes), si l'on excepte là encore *Homo ergaster*. En revanche, la conformation du triangle périphérique semble subir plus de variations.

2.1.3.3.2.2- Australopithecus africanus.

Du point de vue de la taille du triangle périphérique, il s'agit de l'espèce qui présente le plus de différences avec l'homme actuel (parmi les espèces ici représentées). La conformation et la taille de son triangle interne sont très proches de celles de l'*Homo erectus* « africain » (KNM BK 67). La portion de courbe comprise entre CM-TM et H est ascendante, ce qui n'est jamais rencontré chez les grands singes et seulement chez *Homo erectus* pour les Hominidés.

2.1.3.3.2.3- Homo ergaster.

Du point de vue des variable de taille, il s'agit de l'espèce qui présente la plus grande proximité avec *Homo sapiens :* toutes les variables de taille ont des valeurs comprises dans l'intervalle de variation de notre échantillon d'*Homo sapiens*. La conformation du triangle interne semble identique à celle d'*Homo sapiens*. Celle du triangle périphérique ressemble fortement à celle d'*Homo heidelbergensis*.

2.1.3.3.2.4- Hominidés du pléistocène moyen (KNM BK 67, Ckn G1 et Mauer).

Chez *Homo erectus* et *Homo heidelbergensis*, la conformation semble plus proche

d'*Australopithecus* et des grands singes (hormis *Pan troglodytes*) que de l'homme actuel. Dans les trois cas, la conformation du triangle interne varie très peu ; en revanche, celle du triangle périphérique varie fortement. Les *Homo erectus* « africain » (KNM BK 67) et « asiatique » (Ckn G1) présentent, comme chez *Australopithecus africanus*, une portion de courbe ascendante entre les variables CM-TM et H, que ne présente pas *Homo heidelbergensis* (Mauer). La conformation du triangle périphérique chez KNM BK 67 se rapproche plus de la conformation humaine actuelle que chez toutes les autres espèces, toutefois sa taille en dévie plus que les autres (Australopithèque excepté). La conformation globale rencontrée chez Ckn G1 ressemble fortement à celle d'*Australopithecus africanus.* On remarque une certaine proximité de conformation entre Ckn G1 et KNM BK 67. La courbe d'*Homo heidelbergensis* ne ressemble pas à celle de ces deux derniers mais présente un quasi-parallélisme avec celle d'*Homo neanderthalensis.*

2.1.3.3.2.5- Homo neanderthalensis.

On remarque, pour les caractères considérés, une grande proximité de taille et surtout de conformation entre *Homo heidelbergensis* et *Homo neanderthalensis*. Chez ces deux espèces, la taille semble proche de Ckn G1. La conformation semble quant à elle plus proche de celle d'*Australopithecus africanus* et d'*Homo erectus* que de celle d'*Homo sapiens.*

2.1.3.3.3- Néandertaliens.

Les variables de hauteur (voir figure 38) sont toujours comprises dans l'intervalle de variation de l'échantillon d'*Homo sapiens* : il n'y aurait donc pas de différence entre *Homo sapiens* et *Homo neanderthalensis* du point de vue de ces variables. Les différences les plus importantes entre les deux espèces sont retrouvées au sein des variables de

longueur (hormis Amud 1). Parmi les néandertaliens, la distance qui varie le moins est la hauteur mandibulaire.

On remarque que le groupe des néandertaliens n'est pas homogène du point de vue de la conformation des caractères étudiés. Il est possible d'observer deux groupes qui se distinguent nettement : un groupe européen (Zaffaraya, La Chapelle-aux-Saints, Krapina J, La Ferrassie) à la conformation semblable à *Homo erectus,* et un groupe du proche- et moyen-orient (Amud 1 et Shanidar 1) à la conformation plus proche d'*Homo sapiens*.

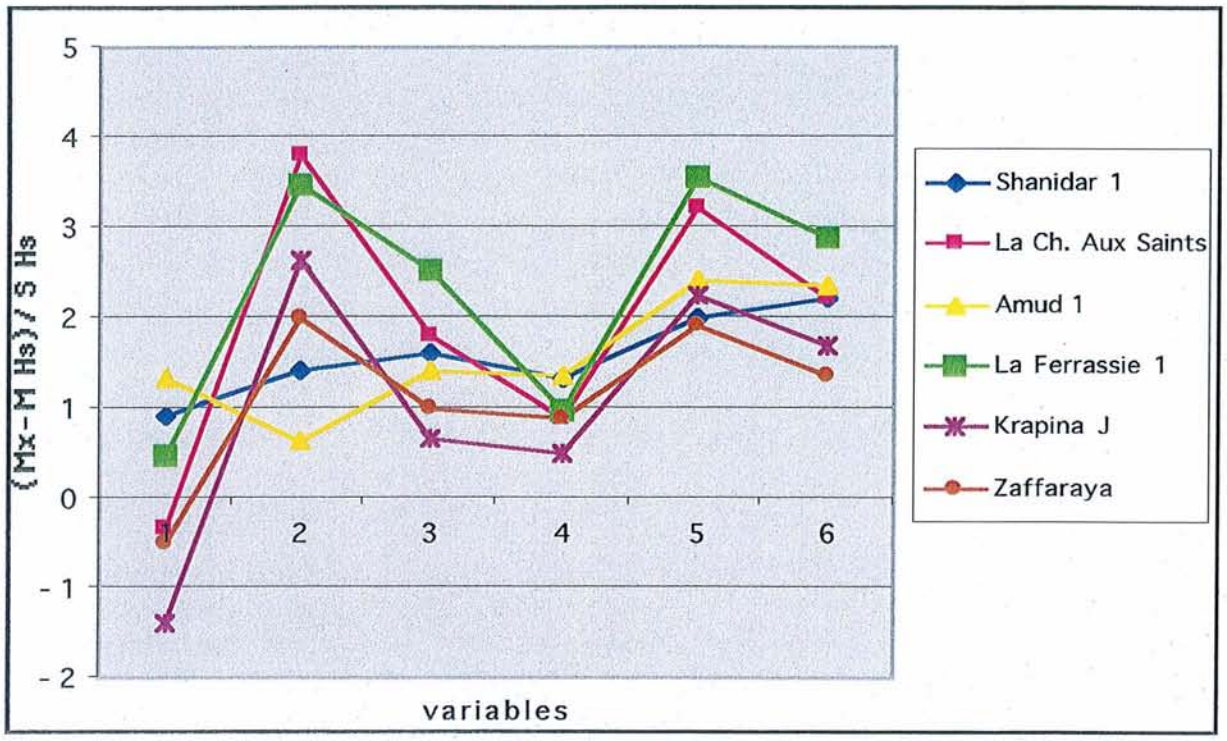


Figure 38: Diagrammes de rapport (Z-scores) des néandertaliens comparés à l'homme actuel. M x : moyenne de l'espèce considérée. M Hs : moyenne chez *Homo sapiens.* S Hs : écart-type chez *Homo sapiens.*

Axe des abcisses : 1 = CM-FM ; 2 = FM-TM ; 3 = CM-TM ; 4 = H ; 5 = L ; 6 = Id'-CM.

2.1.4- Discussion.

2.1.4.1- Stabilité du triangle interne.

On observe bien, conformément à notre hypothèse, une plus grande stabilité du triangle interne comparé au triangle périphérique, que ce soit du point de vue intraspécifique et au cours de la croissance chez l'homme actuel ainsi que, semble-t-il, entre les différentes espèces d'Hominidés étudiés. Cette stabilité se rapporte à la taille mais aussi à la conformation du triangle. On retrouve également une grande stabilité des relations reliant entre eux les côtés du triangle et de celles reliant les angles. Le triangle interne ne peut apparemment varier qu'au sein d'étroites marges obéissant à ces dernières relations. Ces relations seraient quant à elles déterminées par le cadre plus général de l'architecture faciale ou, comme le suggèrent Moss et Salentijn (1971), par le trajet uniforme du nerf mandibulaire chez l'homme.
Selon ces auteurs, le nerf mandibulaire suit chez l'homme actuel toujours le même trajet dans le plan sagittal: une spirale logarithmique. En repérant le foramen ovale, le FM et le TM dans différentes populations humaines, ils ont observé que ces trois points se positionnaient invariablement sur cette courbe unique et commune à toute l'humanité, à des distances similaires. Ce fait explique la stabilité à la fois dimensionnelle, conformationnelle et architecturale (relations reliant les angles ou les côtés entre eux) du triangle interne. L'hypothèse de Moss et Salentijn (1971) selon qui l'axe neuro-matriciel (matérialisé dans notre travail par le triangle interne) serait « morphogénétiquement plus conservateur » et moins soumis aux variations *intraspécifiques* que la matrice périostée périphérique, est ici confirmée.

Le triangle interne pourrait donc servir, à condition d'en déterminer les marges de variation, de référentiel de comparaison des éléments périphériques de la mandibule d'un individu à l'autre. Ceci permettrait d'étudier l'influence des facteurs musculaires et

fonctionnels de l'appareil manducateur. Quant aux relations existant entre les variables de taille ou de conformation, elles pourraient par exemple aider à des reconstructions de mandibules incomplètes.

D'après le calcul de la variance chez l'homme actuel, le segment qui varie le moins entre individus est FM-TM. Ce résultat complète les résultats des travaux de Delachapelle et Laude (1974) selon lesquels cette distance est « celle dont les mensurations sont le plus souvent, et de très près, symétriques. Définissant un trajet nerveux et soustraite, à la différence des formations osseuses périphériques, aux contraintes musculaires, elle nous semble pouvoir représenter une structure de référence stable ». Cependant, le calcul du coefficient de variation ne confirme pas ce résultat : il fait apparaître une plus faible variabilité du segment CM-TM. La conclusion est donc à nuancer : en terme de *variation relative* (en proportion de la taille), le segment qui varie le moins est donc CM-TM ; en terme de *variation absolue* (sans aucune considération de la taille du segment), il s'agit du segment FM-TM. On peut cependant conclure comme Delachapelle et Laude que ce segment constituerait un bon référentiel.

L'étude prospective portant sur les Hominidés semble indiquer une stabilité de ce même segment entre *Homo sapiens* et *Pan troglodytes.* Toutefois, dans la lignée humaine (comparaison entre *Homo sapiens* et les Hominidés fossiles), le segment CM-FM semble jouir d'une plus grande stabilité. Ce dernier point soulève une question importante : la stabilité du segment CM-FM est-il à rapprocher du rôle joué par le ligament sphéno-mandibulaire ou du déterminisme trigéminal (ou les deux) ?

Ce point entre en outre en contradiction avec les travaux de Belloni (2001), selon lesquels, au cours de l'évolution humaine on observe une diminution, rapportée à la hauteur ramale totale, du segment compris entre l'épine de Spix et le fond de l'échancrure sigmoïde, ainsi que de la profondeur de l'échancrure sigmoïde : il y aurait un véritable tassement de la portion du ramus située au dessus de l'épine de Spix. Nos travaux montrent au contraire que la hauteur du ramus diminue au cours de l'évolution alors que le segment CM-FM

reste stable, subissant donc une augmentation relative. Comment expliquer cette divergence de conclusions ?

Une des hypothèses tiendrait dans la différence fonctionnelle et structurale existant entre l'épine de Spix et le foramen mandibulaire. Bien des études assimilent ces 2 éléments à une seule et même entité mais cet axiome ne répond peut-être pas à une réalité biologique : l'épine de Spix semble avoir un rôle dynamique en tant qu'insertion du LSM, alors que le FM obéirait à un déterminisme nerveux. La première structure pourrait ainsi, sous la sollicitation du LSM, subir une ascension relative au cours de l'évolution, tandis que la seconde resterait plus stable grâce à l'influence d'un axe neuro-matriciel « morphogénétiquement plus conservateur ». Nous reviendrons sur ce point.

2.1.4.2- Variabilité du triangle interne.

2.1.4.2.1- Variabilité interpopulationnelle et dimorphisme sexuel.

L'analyse nous montre que le triangle interne se montre plus variable en fonction du sexe et de la population que le triangle périphérique. Les différences se montrent cependant peu importantes. La détermination du sexe ou de la population à partir des mensurations du triangle interne se révélerait totalement inopérante.

Toutefois, ces résultats impliquent un fait non négligeable : le triangle interne étant plus variable en fonction du sexe ou de la population que le triangle périphérique, n'est-ce pas là une indication de son déterminisme génétique, alors que le triangle périphérique dépendrait en plus grande part de facteurs externes ? On ne peut en tout cas rejeter l'hypothèse de déterminismes distincts au sein des deux structures, ceci étant en outre appuyé par une plus grande variabilité *intraspécifique* du triangle périphérique.

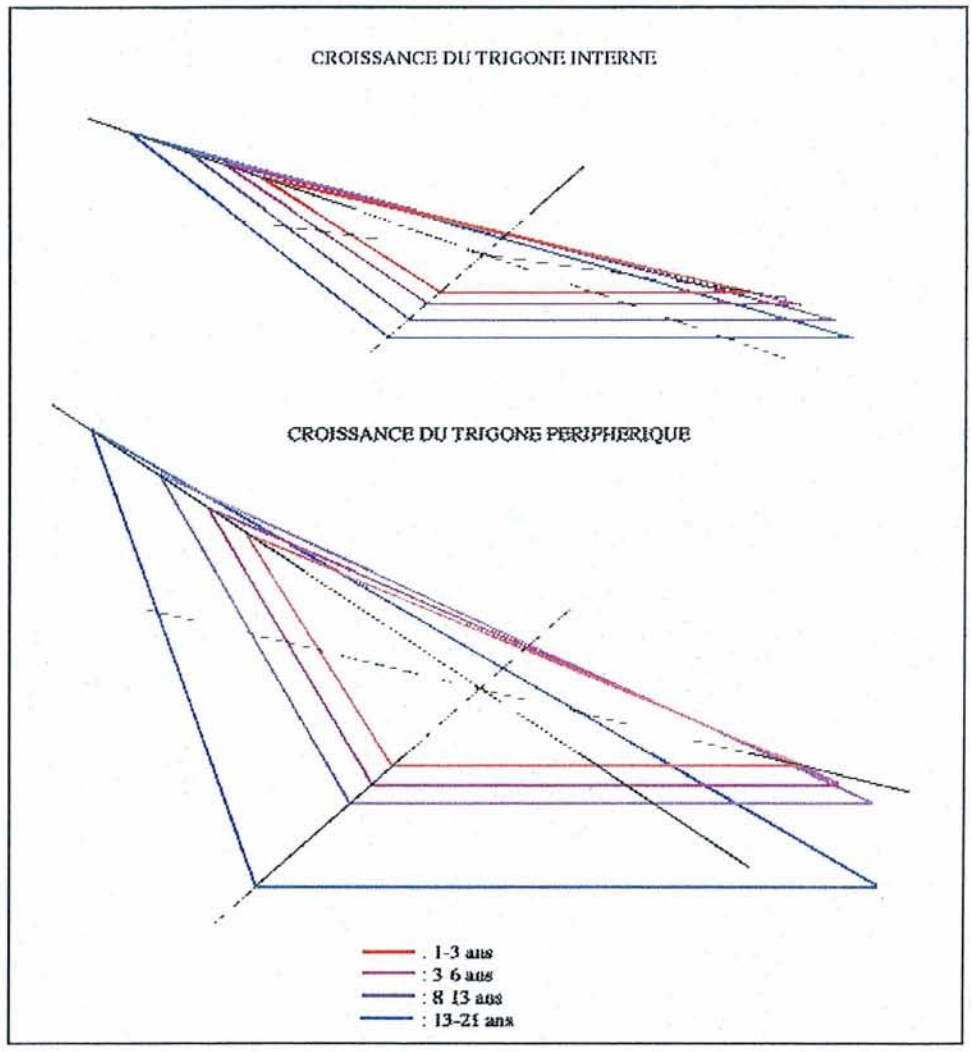


Figure 39: schémas de croissance des triangles interne et périphérique. Pour chaque classe d'âge, les triangles ont été représentés à partir des moyennes des dimensions correspondant à la classe. Les médianes ont été tracées sur les 2 triangles correspondant à la classe d'âge 1-3 ans. Les triangles des classes d'âge suivantes ont été positionnés postérieurement sur deux médianes. Une croissance homothétique se matérialisant par des triangles successifs dont on pourrait positionner les trois angles sur les trois médianes, les écarts par rapports à la troisième médiatrice (antérieurement) rencontrés sur nos deux schémas représentent les écarts par rapport à l'homothétie.

2.1.4.2.2- Croissance et développement.

Les courbes de croissances et les taux de croissance révèlent des schémas de croissance différents d'un triangle à l'autre. Nous pouvons à partir de ces graphiques et de schémas illustrant la croissance des deux triangles (voir figure 14), résumer leurs modalités de croissance respectives :

- La croissance du triangle interne s'éloigne peu de l'homothétie et la majorité du (faible) changement de conformation semble s'effectuer pendant l'enfance. Du point de vue de la taille, on observe un taux de croissance diminuant au cours de l'enfance pour accuser un pic pendant l'adolescence, cependant moins important que dans le triangle périphérique voire inexistant dans le cas de FM-TM.
- La croissance du triangle périphérique est très éloignée de l'homothétie et la majorité du changement de conformation s'effectue au cours de l'adolescence (pics), aboutissant à un développement en hauteur prépondérante avec diminution de l'angle goniaque. Du point de vue de la taille, la croissance suit la même évolution que dans le triangle interne mais avec des pics pubertaires plus marqués.

En bref, le triangle interne subit une croissance presque homothétique très peu influencée par la puberté, tandis que le triangle périphérique, qui semble suivre la croissance du triangle interne pendant l'enfance (voir figure 39), s'en distingue très nettement au moment de la puberté en subissant une poussée de croissance en hauteur avec fermeture de l'angle goniaque.

Nous sommes donc en présence de deux structures indépendantes aux modalités de croissance totalement différentes, ce qui indique vraisemblablement (là encore) deux déterminismes bien distincts.

Nos conclusions corroborent en outre les résultats de Delachappelle *et al* (1981) selon qui :

- l'angle mandibulaire est plus important chez l'enfant que chez l'adulte. Les auteurs expliquent ce phénomène par une apposition osseuse au niveau de l'unité structurale

goniaque ayant pour effet de l'abaisser. Les autres structures ramales, elles, se verticalisent au cours de la croissance. Le triangle périphérique croît donc en hauteur.

- l'angle formé par l'axe condylo-spigien (CM-FM) sur l'axe nerveux (FM-TM) reste étonnement stable avec la croissance. Ceci va bien dans le sens d'une stabilité du triangle interne.

Le triangle interne subissant peu de changements de conformation au cours de la croissance, il pourrait servir de référentiel dans le cadre d'études de la croissance mandibulaire.

2.1.4.2.3- Corrélations.

Nos travaux tendent donc à prouver l'existence de deux structures bien distinctes au sein de la mandibule, ce fait étant confirmé par les études de corrélations et de régression. On retrouve en effet entre les variables du triangle interne des relations plus serrées et distinctes de celles du triangle périphérique : ceci révèle des contraintes architecturales plus fortes au sein du triangle interne et différentes de celles agissant dans le triangle périphérique.
L'hypothèse de deux déterminismes différents s'en trouve confortée.

Cependant, l'hypothèse de l'indépendance totale des deux structures est à nuancer : on observe de fortes corrélations entre Id'-CM et tous les autres variables de taille des deux triangles, ainsi que de fortes corrélations entre CM-TM et toutes les autres distances, hormis L.
La plus forte corrélation est, sans surprise, retrouvée entre Id'-CM et CM-TM. Ceci montre l'importance des dimensions transversales (Id'-CM et CM-TM) au sein de la mandibule. L'une, Id'-CM, pourrait dépendre de la dynamique mandibulaire puisque correspondant en projection à la distance entre le condyle et le point infradental. Or la distance entre le

condyle et les incisives inférieure est un variable essentiel dans les mouvements mandibulaires, et ne peut donc subir de variations aléatoires.

L'autre, CM-TM serait, rappelons le, sous déterminisme trigéminal.

Toutefois, une forte corrélation entre ces deux variables ne permet pas de conclure à une relation de cause à effet. Etant deux variables important d'une même structure (la mandibule et, plus généralement, le complexe cranio-facial), leur apparente dépendance peut en réalité cacher leurs dépendances distinctes à un même facteur (l'architecture faciale).

De même on ne peut conclure à une dépendance entre Id'-CM et les valeurs de distances du triangle interne : en effet, Id'-CM est en forte corrélation avec CM-TM qui est à son tour en forte corrélation avec la taille des deux autres côtés du triangle interne...

Les études de corrélation ne nous permettent donc pas de conclure à une dépendance ou une indépendance des deux triangles.

2.1.4.3- Variations chez les Hominidés.

Il ressort en premier lieu des analyses par Z-scores un comportement totalement différent des 2 triangles :

- Le triangle interne présente une variabilité de conformation chez les grands singes et une très grande stabilité chez les Hominidés fossiles (hormis *Homo ergaster*).
- Le triangle périphérique a une conformation variable à la fois chez les grands singes et chez les Hominidés fossiles.
- Entre espèces et entre sexes, les deux triangles ne varient pas de la même manière.

Ceci confirme encore l'indépendance et la nature différente des 2 triangles. Ils n'appartiennent pas à un ensemble mandibulaire *Homo*gène : le cœur de la mandibule et son enveloppe correspondent à deux entités différentes.

Le triangle interne présente chez les Hominidés fossiles (si l'on *excepte Homo ergaster*), une très grande stabilité de conformation par rapport au triangle périphérique. Ce phénomène n'est pas rencontré chez les grands singes. Cette stabilité serait-elle l'apanage des hominidés ?

Les variations du triangle périphérique chez les Hominidés fossiles semblent plus « chaotiques » que celles du triangle interne. Il est en effet possible de distinguer au sein des variations de ce dernier deux conformations principales ; l'une présentée par le groupe *Australopithecus africanus / Homo erectus / Homo neanderthalensis*, l'autre présentée par le groupe *Homo ergaster / Homo sapiens*. La première se distingue de la seconde par une plus grande expansion en longueur. La variation du triangle interne au cours de l'évolution pourrait être « bimodale », tandis que celle du triangle périphérique serait multimodale, présentant de multiples conformations aux différences plus graduelles.

Ces deux conformations sont également à mettre en rapport avec la croissance de la base du crâne : chez *Homo sapiens*, la base du crâne adopte un schéma de croissance en flexion ; chez les autres hominidés, l'extension de la base du crâne serait plus importante, avec projection antérieure de la mandibule et de la face (Dambricourt-Malassé, 1993). Ceci s'accompagnerait, comme nous en avons émis l'hypothèse dans notre première partie (voir 1.4.5), par une ouverture plus importante de la courbe logarithmique représentée par le nerf mandibulaire. Ce fait est vérifié ici : le rapport longueur/hauteur du triangle interne, correspondant à une courbe logarithmique plus ouverte, est plus important chez les espèces dont la base du crâne est en extension par rapport à celle *d'Homo sapiens*.

Par les variations ou la fixité particulières qu'elle présente à la fois d'un point de vue ontogénique, interspécifique (voir 1.4.5) mais aussi, comme nous le voyons ici, phylogénique, cette courbe logarithmique pourrait donc fort bien servir de base à des études portant sur les processus d'hétérochronie dans l'évolution humaine.

Fait important, *Homo ergaster* possède une conformation *sapiens* de son triangle interne : ceci serait-il un élément d'un même changement de plan de développement, dans lequel on

observerait une tendance vers la flexion basi-crânienne telle qu'elle s'observe chez *Homo sapiens* ?

Dambricourt-Malassé (1993), enfin, distingue du point de vue de la croissance cranio-faciale, deux types principaux au sein des hominidés : le stade « sapiens » (contraction cranio-faciale importante) et le type que l'on pourrait qualifier de « non-sapiens » (contraction cranio-faciale moins importante). Cette subdivision correspond en tous points à la subdivision bimodale que nous opérons du point de vue du triangle mandibulaire interne, à un détail près : Homo ergaster serait ici à rapprocher d'Homo sapiens.

Ce dernier point renforce la notion de forte liaison entre la base du crâne et la mandibule.

Chez les grands singes et les Hominidés fossiles, dans les deux triangles, les dimensions qui présentent le moins de différences sont toujours les dimensions de hauteur (sauf dans le cas de *Pongo pygmaeus* femelle, mais la petitesse de l'échantillon invite à la prudence...). La hauteur du ramus affiche donc une relative stabilité. L'adaptation de la mandibule à la fonction se manifesterait donc prioritairement sur la longueur et/ou l'angle goniaque ? Ceci peut également s'expliquer, là encore, par le concept de la spirale logarithmique que représente le nerf mandibualire. Plus l'on s'éloigne du centre de la spirale, plus les différences observées sont grandes et ce de façon logarithmique (Moss et Salentijn,1971) : la longueur du triangle interne serait donc plus variable que sa hauteur, plus proche du centre de la spirale.

Chez les grands singes, la variable qui affiche le moins de variation est CM-FM, alors que la hauteur du ramus en affiche de plus grandes. Ceci expliquerait le fait que, d'après Aiello et Dean (1990), le FM se situe haut au-dessus du plan occlusal chez *Gorilla gorilla* et *Pongo pygmaeus* et au voisinage de ce plan chez *Pan troglodytes* : en proportion de la distance CM-FM, la hauteur ramale est plus haute chez *Gorilla* et *Pongo* et plus basse chez *Pan troglodytes*. Chez les premiers, le FM est donc situé plus haut dans le ramus que chez le second.

On constate que chez les Hominidés fossiles, la distance CM-FM se situe toujours dans l'intervalle de variation de notre échantillon d'*Homo sapiens*. On pourrait en conclure

qu'au cours de l'évolution humaine, cette distance n'a que peu varié et revêt donc une importance capitale. Ceci soulève une question importante : la stabilité du segment CM-FM est-il à rapprocher du rôle joué par le ligament sphéno-mandibulaire ou du déterminisme trigéminal (ou les deux) ?

Ce point entre en outre en contradiction avec les travaux de Belloni (2001), selon lesquels, au cours de l'évolution humaine on observe une diminution, rapportée à la hauteur ramale totale, du segment compris entre l'épine de Spix et le fond de l'échancrure sigmoïde, ainsi que de la profondeur de l'échancrure sigmoïde : il y aurait un véritable tassement de la portion du ramus située au dessus de l'épine de Spix. Nos travaux montrent au contraire que la hauteur du ramus diminue au cours de l'évolution alors que le segment CM-FM reste stable, subissant donc une augmentation relative. Comment expliquer cette divergence de conclusions ?

Une des hypothèse tiendrait dans la différence fonctionnelle et structurale existant entre l'épine de Spix et le foramen mandibulaire. Bien des études assimilent ces 2 éléments à une seule et même entité mais cet axiome ne répond peut-être pas à une réalité biologique : l'épine de Spix pourrait avoir un rôle dynamique en tant qu'insertion du LSM, alors que le FM obéirait à un déterminisme nerveux. La première structure pourrait ainsi, sous la sollicitation du LSM, subir une ascension relative au cours de l'évolution, tandis que la seconde resterait plus stable grâce à l'influence d'un axe neuro-matriciel « morphogénétiquement plus conservateur ». Nous reviendrons sur ce point.

Nous retrouvons dans l'étude de notre échantillon d'Hominidés fossiles la tendance-clé de l'évolution faciale humaine qui, selon Aiello et Dean (1990), est la réduction du prognathisme. Nous observons bien, sur les diagrammes de rapport, un aplatissement des courbes d'*Australopithecus africanus* (qui présente des pics pour les variables de longueur) à *Homo erectus* sensu lato (regroupant *Homo erectus, Homo heidelbergensis* et *Homo ergaster*) puis à *Homo sapiens* (représenté par l'axe des abcisses).

Plusieurs observations peuvent être dégagées au sujet des rapports des espèces d'Hominidés fossiles entre elles.

Homo ergaster, si l'on se contente d'étudier la conformation de l'enveloppe mandibulaire (triangle périphérique), diffère peu des espèces antérieures (*Australopithecus africanus*) et postérieures (*Homo erectus*). En revanche, si l'on étudie le cœur de la mandibule (le triangle interne), on s'aperçoit que sa conformation diffère radicalement de toutes ces espèces et ressemble fortement à celle d'*Homo sapiens*. Ceci confirmerait la proximité entre *Homo sapiens* et *Homo ergaster*, ainsi que la distinction entre ce dernier et *Homo erectus*.

Wood (1992) liste 7 traits cranio-faciaux qui, selon lui, relient *Homo ergaster* à *Homo sapiens* et le distinguent d'*Homo erectus* :

- Augmentation de la largeur crânienne entre les os pariétaux.
- Accroissement en longueur de l'os occipital.
- Os nasaux larges.
- Ouverture nasale large.
- Base du crâne plus courte.
- Plus grand développement de la symphyse mandibulaire.
- M1 supérieure plus étroite et canines plus basses.

La conformation du triangle interne pourrait constituer un 8ème trait confirmant la thèse de Wood. De plus, pourrait-il exister une cohérence entre ce 8ème trait et au moins un des 7 traits décrits par Wood ? Nous pouvons au moins le mettre en rapport (comme cela a été expliqué auparavant) avec la base du crâne plus courte donc à la flexion plus prononcée. Nous remarquons enfin que la conformation interne de la mandibule d'*Homo ergaster* se distincte fortement des *Homo erectus*, alors que ceux ci affichent une grande homogénéité dans la conformation du triangle interne. Du point de vue de ce caractère, nous ne pouvons donc inclure *Homo ergaster* dans la variabilité d'*Homo erectus* comme le suggèrent plusieurs auteurs (Hublin, 1986, Turner & Chamberlain, 1989, Bräuer, 1992). Cependant, les conclusions de ces auteurs sont confirmées par les travaux de Kramer (1993) selon qui

le degré de variation chez *Homo erectus* sensu lato est proche de celui rencontré chez *Homo sapiens*, qui ne représente qu'une seule espèce. Ce fait est compatible avec nos propres travaux : nous observons sur les diagrammes de rapports des Hominidés fossiles que l'intervalle de variation des *Homo erectus* sensu lato est d'environ 4 écart-types, ce qui correspond à 90% de l'intervalle de variation des *Homo sapiens* actuels.

Cette proximité de conformation entre *Homo ergaster* et *Homo sapiens* n'existe pas dans le triangle périphérique, ce qui semble conférer un certain avantage analytique à l'emploi de la structure mise en avant par notre présent travail, le triangle interne. Remarquons toutefois que la proximité de taille pour les caractères étudiés entre *Homo sapiens* et *Homo ergaster* apparaît dans les deux triangles.

Un bémol est toutefois à émettre quant à l'utilisation de KNM WT 15000 (*Homo ergaster*) dans le cadre de comparaisons avec les autres Hominidés : il s'agit, selon Walker et Leakey (1993) d'un individu âgé d'une douzaine d'années. Si on lui applique les critères de développement d'*Homo sapiens*, on peut toutefois supposer qu'il s'agissait d'un individu déjà relativement mature, puisque mesurant 1,60 m environ. Toujours dans cette optique, on peut supposer les comparaisons du triangle interne comme valables puisque chez *Homo sapiens*, la taille et surtout la conformation varient très peu après 12 ans.

D'après les fossiles d'*Homo erectus* à notre disposition, nous pouvons étendre l'hypothèse d'une relative maturité de KNM WT 15000 sur la base de la conformation du triangle périphérique : en comparant des *Homo erectus* et *ergaster* adultes, de nombreux auteurs (Hublin, 1986, Turner & Chamberlain, 1989, Bräuer, 1992, Kramer,1993) concluent qu'il s'agit d'une seule et même espèce. Or nos diagrammes montrent que KNM WT 15000 présente la même conformation du triangle périphérique que les *Homo erectus* adultes : d'après les conclusion de ces auteurs, on peut donc supposer que KNM WT 15000 présente une conformation mandibulaire périphérique adulte... Les conclusions concernant *Homo ergaster* sont toutefois à prendre avec circonspection, et l'étude d'un échantillon plus important d'*Homo ergaster* adultes permettrait d'affiner notre étude.

Les *Homo erectus* présentent une conformation proche d'*Australopithecus* pour les deux triangles. La conformation du triangle périphérique aurait donc été conservée, avec des variations, *d'Australopithecus africanus* à *Homo ergaster*, puis *d'Homo ergaster à Homo erectus* et *Homo neanderthalensis*. Cette conformation, que l'on pourrait qualifier « d'ancestrale », aurait été perdue tardivement puisqu'on ne l'observe que chez *Homo sapiens*. Le triangle interne, par contre, serait passée d'une conformation « ancestrale » à une conformation « moderne » entre *Australopithecus africanus* et *Homo ergaster*. Cette conformation moderne se serait transmise d'*Homo ergaster* à *Homo sapiens*, mais se serait perdue d'*Homo ergaster* à *Homo erectus*, qui présente une conformation « ancestrale ». Comment expliquer ce fait ?

Une explication pourrait résider dans la phylogénie : *Homo ergaster* ne représenterait-il qu'une variété africaine d'*Homo erectus* et n'en serait donc pas l'ancêtre ? Ainsi, *Homo erectus* aurait directement « hérité » du caractère ancestral d'une espèce antérieure à *Homo ergaster* (*Homo habilis / rudolfensis* ?) et qui ne présenterait pas le caractère moderne, et *Homo ergaster* serait une espèce parallèle à l'origine d'*Homo sapiens*. L'étude du triangle interne chez *Homo habilis / rudolfensis* serait à ce titre riche en renseignements La découverte de fossiles d'*Homo* asiatiques contemporains selon certains auteurs (Wanpo *et al*, 1995, Ciochon et Larick, 2000, Tiemei *et al*, 2001) d'*Homo ergaster* voir d'*Homo habilis / rudolfensis* vient renforcer cette hypothèse. Cependant, la datation de ces fossiles fait l'objet d'une polémique et Rightmire (2002) considère qu'*Homo ergaster* est l'ancêtre d'*Homo erectus*, ce dernier étant plus spécialisé, plus robuste.

Une deuxième explication irait à l'encontre de la précédente : il y aurait eu, au cours de l'évolution et au niveau du triangle interne, des allers et retours sur un même plan de développement, sur un mode binaire : conformation ancestrale ou moderne. Ceci induirait une forte propension à l'homoplasie par parallélisme développemental. Selon Skelton et Mc Henry (1992), les caractères masticatoires sont en effet plus sujets à l'homoplasie que d'autres régions du crâne, en particuliers dans les traits liés à la mastication d'aliments durs. En effet, les caractères osseux externes de la mandibule sont issus d'une ossification

intra-membraneuse sensible aux facteurs mécanique (non génétiques). L'homoplasie apparaîtrait donc plus facilement dans les structures liées à la fonction, ce qui n'est pas le cas du triangle interne chez qui l'homoplasie, si elle existe, pourrait être dûe à un parallélisme de développement.

Notre échantillon d'Hominidés fossiles offre l'avantage de présenter 3 fossiles illustrant la variabilité géographique d'*Homo erectus* au sens large : une variante asiastique ou *Homo erectus* « classique » (le Sinanthrope Ckn G1), une variante africaine (KNM BK 67) et une variante européenne ou *Homo heidelbergensis* (Mauer). La comparaison de ces trois variantes objective un fort particularisme régional des représentants d'*Homo erectus* du point de vue de la conformation du triangle périphérique. L'*Homo erectus* asiatique se distingue des deux autres par une conformation qui rappelle encore fortement celle d'*Australopithecus africanus* (notamment la portion de courbe ascendante entre CM-TM et H), toutefois avec un étirement des triangles en longueur atténué. Ceci repose la question de l'origine de l'*Homo erectus* asiatique : ne serait-elle pas à rechercher dans des espèces antérieures à *Homo ergaster* ?
L'*Homo erectus* africain se distingue des deux autres par la conformation du triangle périphérique, qui se rapproche plus de celle d'*Homo sapiens*. Les origines d'*Homo sapiens* seraient-elles donc à rechercher parmi les *Homo erectus* africains, ou doit-on encore accorder peu de crédit à la morphologie de la mandibule pour établir des liens phylogénétiques ? Wang et Tobias, sur la base de la présence d'une dépression sous-orbitaire chez les premiers *Homo erectus* africains, établissent un lien génétique entre ces derniers et *Homo sapiens*, alors que *Homo ergaster* ne serait qu'un prototype d'où émergeraient *Homo erectus* asiatique et *Homo heidelbergensis*. Reste que *Homo ergaster* est plus proche d'*Homo sapiens* sur le plan de la taille des deux triangles et de la conformation du triangle interne...
Un autre point de discussion est soulevé par la différence de conformation du triangle périphérique entre l'*Homo erectus* africain et *Homo heidelbergensis*. Or, certains auteurs

(Groves & Lahr, 1994, Tattersall, 1992) suggèrent de placer tous les fossiles africains du pléistocène moyen dans le taxon *Homo heidelbergensis*, qui ne serait donc pas une espèce *Homo*gène du point de vue des caractères étudiés.

L'*Homo erectus* européen ou *Homo heidelbergensis* se distingue des deux autres par une conformation qui lui est propre et qui semble presque identique à celle d'*Homo neanderthalensis*. Ceci confirme l'hypothèse d'une continuité (Rosas, 2001, Rightmire, 2002) entre les *Homo* européens du pléistocène moyen et les *Homo neanderthalensis* ultérieurs.

Selon Bermudez de Castro *et al*(2004), l'origine d'*Homo neanderthalensis* résiderait dans la dispersion de populations provenant d'Afrique. Ces population serait à la base de l'évolution menant à *Homo heidelbergensis* puis *neanderthalensis*. Mais quelle est l'origine de ces populations elle-mêmes, *Homo ergaster* et ses descendants, ou *Homo erectus* africain ?

Chez *Homo heidelbergensis*, la conformation du triangle périphérique est identique à celle d'*Homo ergaster* ; en revanche, celle du triangle interne diffère totalement de cette dernière espèce et ressemble plus à celle de l'*Homo erectus* africain...

Une des autapomorphies les plus communément citées d'*Homo neanderthalensis* est la position postérieure du foramen mentonnier (TM), sous M1. Notre travail peut-il apporter un éclairage sur cette particularité ?

Rosas (2001) suggère que la position postérieure du TM chez les néandertaliens indique un taux de croissance différent du nerf alvéolaire inférieur et de l'os. En comparant *Homo neanderthalensis* à Mauer, Ckn G1 et Australopithecus africanus, on s'aperçoit que la conformation du triangle interne reste inchangée : la position postérieure du TM ne réside donc pas dans un raccourcissement du canal mandibulaire. En revanche, on observe une nette modification de la conformation du triangle périphérique chez *Homo neanderthalensis* : une augmentation relative de la dimension transversale (Id'-CM), ce qui correspondrait à une augmentation de l'angle goniaque et au final à un allongement de la

mandibule. Williams et Krovitz (2004) décrivent eux-aussi un angle goniaque plus obtus chez *Homo neanderthalensis* et attribuent ce caractère dérivé à un taux de croissance élevé. La position postérieure du TM pourrait donc être provoqué par un « glissement » vers l'avant du corps de la mandibule dû à une ouverture de l'angle goniaque, le TM restant, lui, stable. Sur le fossile européen de La Ferrassie, on remarque toutefois une même tendance à l'augmentation relative de la dimension transversale (donc de l'angle alpha 2) du triangle interne, ce qui nuance notre hypothèse.

L'étude de notre échantillon de néandertaliens révèle une forte variabilité intraspécifique, à laquelle la conformation du triangle interne contribue grandement (d'où, une fois de plus, l'intérêt de l'étude du triangle interne). Rappelons que chez *Homo sapiens*, on observe une variabilité interpopulationnelle du trigone interne. *Chez Homo neanderthalensis*, il est également possible de distinguer 2 groupes géographiques différents du point de vue de la conformation du triangle interne : un groupe européen à la conformation proche du type « *erectus* », et un groupe proche- et moyen-oriental à la conformation plus proche du type « *sapiens* ». A quoi peut-on donc attribuer l'aspect plus moderne des mandibules des néandertaliens de cette région ? A une hybridation entre *Homo neanderthalensis* et *Homo sapiens*, qui a été très tôt présent dans la région du levant (Hublin, 2001) ? A une adaptation du premier à un environnement semblable à celui du second ? Et/ou tout simplement à une variation interpopulationnelle analogue à celle observée chez *Homo sapiens* ? Selon Hublin (2001), les données moléculaires ne permettent pas de penser à une hybridation entre néandertaliens et humains modernes dans la région du levant. Cependant, ce sujet fait l'objet d'une polémique et il est pour l'heure actuelle impossible de trancher (Vandermeersch, 2001).

Dans le groupe oriental, on observe dans les deux triangles une diminution de la longueur relative. Chez Amud, si la conformation du triangle périphérique oriente peu vers une distinction par rapport au néandertaliens, la conformation du triangle interne présente des différences radicales : l'aspect de la courbe est inversé, sa pointe s'orientant vers le bas. Ceci dénote d'une diminution de la longueur relative du triangle interne. Cette tendance est

moins marquée dans le triangle périphérique, qui présente plutôt une augmentation relative de sa dimension transversale (ouverture encore plus marquée de l'angle goniaque). Selon Hublin 2001), les proportions du néandertalien d'Amud 1 rappellent les proportions hyperarctiques (type néandertalien classique). Si ce fait est bien objectivé pour l'enveloppe mandibulaire (on y observe même une accentuation du caractère néandertalien), il ne l'est absolument pas pour le triangle interne (qui présente une inversion de tendance). Nous n'observons donc une modernisation qu'au niveau du triangle interne, moins influencé par l'environnement : ceci remettrait en cause l'hypothèse d'une modernisation par adaptation à un nouvel environnement.

2.1.5- Conclusion.

Ce travail nous a donc permis de distinguer deux structures différentes au sein de la mandibule :

- L'une, plus stable en intra- et interspécifique chez les hominidés et au cours de la croissance, semble être régie en priorité par des facteurs endogènes par l'intermédiaire du nerf mandibulaire.
- L'autre, plus variable, pourrait être liée à la fonction musculaire et manducatrice et être en cela influencée par des facteurs environnementaux.

L'étude des triangles interne et périphérique chez 2 populations humaines vivant dans des environnements très différents l'un de l'autre serait à ce titre intéressante.

Nous n'avons pu conclure à la dépendance ou à l'indépendance de l'une et de l'autre. Cependant, l'observation de la croissance pourrait apporter un embryon de réponse : on constate qu'au début de la croissance, les deux triangles semblent se suivre puis, à la puberté, le triangle périphérique se distingue dans sa conformation du triangle interne par

une poussée de croissance en hauteur. Une structure imprimerait une base de développement à l'autre, à laquelle cette dernière ajouterait son propre développement.

Notre travail a également permis de distinguer une structure interne à la mandibule (le « cœur ») dont l'étude peut apporter des renseignements qui resteraient occultés si l'on se contentait d'étudier l'enveloppe mandibulaire de façon classique : une méthode d'étude plus « globale » (cœur et enveloppe) de la mandibule pourrait être éventuellement riche en informations. Nos résultats (provisoires...) concernant l'étude de l'évolution humaine sont à ce titre éloquents (proximité d'*Homo ergaster* et *Homo sapiens* du point de vue du triangle interne, distinction de 2 groupes au sein des néandertaliens fondée sur ce même triangle...).

Ce travail nous a également permis, par la mise au point d'un protocole de recueil de données par photographie numérique, de constituer une base de données disponible pour des études ultérieures. Cette base de données permettrait entre autres de mesurer l'angulation du canal mandibulaire par rapport au plan occlusal et d'en déduire l'influence de la station érigée sur son orientation, au cours de l'évolution. Cet axe de travail nous a été suggéré par les travaux de Delattre et Fenart (1960). Ces derniers utilisent comme plan de référence le plan vestibulaire horizontal défini par les deux canaux semi-circulaire horizontaux de l'oreille interne, supposés donner le sens horizontal dans l'appareil de l'équilibre. Ils ont ainsi démontré que le « plan masticatoire » formait toujours un angle d'environ 30°avec le plan vestibulaire horizontal chez les gorilles, les chimpanzés et l'homme actuel. Au cours de l'évolution des Hominidés, les arcades dentaires auraient effectué une sorte de glissement vers l'arrière sur un plan incliné à 30°.
Au sein de cette base de données photographique, nous avons également inclus des photographies de la face interne du ramus afin d'effectuer d'éventuelles études de la région du foramen mandibulaire. Nous avons déjà évoqué l'hypothèse d'une distinction structurale fondamentale entre le foramen mandibulaire et l'épine de Spix. Nous avons

d'ailleurs mis au point dans le cadre de ce travail une méthode de repérage du FM n'utilisant, comme cela se fait lors de la plupart des études portant sur ce sujet, ni la pointe de l'épine de Spix ni le centre du *sulcus retrotoralis.*

D'autres observations au cours de ce travail nous ont orienté vers l'étude de ce que Balogh et Csiba (1966) nomment *area perilingualis* (ensemble anatomo-fonctionnel de la région du foramen mandibulaire) :

- Les grands singes et les *Homo sapiens* immatures ne possèdent pas d'épine de Spix, celle ci semble apparaître à la fois au cours de la phylogénèse et de l'ontogénèse.
- Nous avons rencontré dans la littérature deux autres formations osseuses de cette zone : le sillon mylo-hyoïdien et l'arche mylo-hyoïdienne d'Ossenberg (1974) qui recouvre dans certains cas le *sulcus retrotoralis* et l'origine du sillon mylo-hyoïdien. Or nous avons observé une plus forte fréquence de l'arche mylo-hyoïdienne dans la population de Loisy en Brie.

L'étude de l'*area perilingualis* sera abordée du point de vue de l'ontogénèse dans le chapitre 2.3.

Enfin, notre travail soulève d'autres problèmes qui mériteraient des études complémentaires :

- Nous avons utilisé, en tant que repère de la base du crâne, le sommet du condyle. Or ce point, s'il est adapté à l'étude du cadre osseux mandibulaire, présente un certain biais dans l'étude du trajet du nerf mandibulaire, et il serait souhaitable d'étudier son trajet en utilisant comme repère le foramen ovale.
- L'étude du nerf mandibulaire et de son influence sur le développement de la mandibule entre dans le cadre plus large du développement de la face sous gouvernance de la « pince trigéminale » (Laude *et al*, 1978). Il serait donc approprié d'étudier, en complément de ce travail, l'influence des deux autres branches du trijumeau (nerf maxillaire et ophtalmique) sur l'architecture de la face.

- Notre analyse de la croissance des triangles s'est faite au moyen d'une étude transversale. Il serait bon de la compléter par une étude longitudinale utilisant des téléradiographies pratiquées dans le cadre des traitements d'orthopédie dento-faciale.
- Enfin, l'étude des triangles au sein de la famille des Hominidés ne pourra bénéficier de conclusions définitives qu'après constitution d'effectifs plus importants.

2.2- Etude du déterminisme de la position horizontale du foramen mentonnier par rapport aux dents chez les Hominidés.

2.2.1- Problématique.

Comme nous l'avons vu dans notre première partie, la position du TM par rapport aux dents chez l'homme actuel présente de grandes variations (en étant plus fréquente sous la deuxième prémolaire) et est abondamment documentée. Les travaux concernant cette même position chez les Néandertaliens sont également nombreux et font état d'une position postérieure du TM.

Ceci soulève la question des facteurs influençant cette position.

D'après Williams et Krovitz (2004), le TM migre peu (ou pas du tout) par rapport aux dents avant l'éruption de la première molaire. Il migre ensuite postérieurement entre l'éruption de la première molaire et celle de la deuxième molaire ou peu après. On peut émettre l'hypothèse d'une influence des dimensions de l'arcade dentaire sur cette position.

Au cours de l'évolution, on observe une tendance générale au recul du TM par rapport aux dents (Williams et Krovitz, 2004). Une des hypothèses explicatives pourrait être, là encore, la réduction du diamètre mésio-distal des dents.

Les travaux sur les Néandertaliens montrent que cette position est le résultat de mécanismes multifactoriels faisant intervenir à la fois (Stefan et Trinkaus,1998):

- la croissance du corps mandibulaire
- la croissance du canal mandibulaire
- les dimensions mésio-distales des dents.

Le présent travail aura donc pour but d'étudier la position du TM par rapport aux dents en corrélation avec d'autres mensurations mandibulaires afin d'y discerner celles qui

ont une influence sur cette position. Parmi ces mensurations, nous retiendrons, en adéquation avec les conclusions de Stefan et Trinkaus (1998) :

- les dimensions externes de la mandibule
- celles du canal mandibulaire
- les dimensions de l'arcade

Cette démarche sera conduite chez l'homme actuel, chez les grands singes actuels et les hominidés fossiles.

2.2.2- Matériel et méthode.

2.2.2.1- Matériel.

Ce matériel fait appel à la base de données mise au point par le protocole décrit dans la chapitre précédent : il s'agit de photographies sagittales numériques standardisées de mandibules.

2.2.2.1.1- Critères d'inclusion.

Il s'agit des mêmes critères qu'au chapitre précédent, auxquels s'ajoute l'impératif d'une arcade complète ante-mortem (pas de signes de cicatrisation alvéolaire) afin de pouvoir localiser le TM par rapport aux dents et pour éviter les biais dus à une migration dentaire et à une résorption de l'alvéole antérieure trop importante, qui fausserait la localisation verticale de Id.

2.2.2.1.2- Mandibules utilisées (voir tableaux 22 et 23)

Espèce	Dénomination	Datation	Lieu de découverte
Australopithecus africanus	STS 36		Sterkfontein, Afrique du S.
Homo ergaster	KNM-WT 15000	1,6 millions d'an.	Lac Turkana, Kenya
Homo erectus	KNM-BK 67		Kenya
Homo erectus	Ckn G1	400-350000 ans	Zhoukoudian, Chine
Homo heidelbergensis	Mauer	730000 ans	Allemagne
Homo neanderthalensis	Shanidar 1	60000 ans	Irak
Homo neanderthalensis	La Chapelle-Aux-Saints	50000 ans	France
Homo neanderthalensis	Amud 1	45000 ans	Israël
Homo neanderthalensis	La Ferrasssie 1	50-38000 ans	France
Homo neanderthalensis	Krapina J		Croatie
Homo neanderthalensis	Zaffaraya	30000 ans	Espagne
Homo sapiens ancien	Fish Hoek	120000 ans	Afrique du Sud

Tableau 22 : Mandibules fossiles utilisées.

Espèce	Sexe	Age	Epoque	Effectif		Provenance
Homo sapiens	Masculin	adultes	moderne		10	MH
Homo sapiens	Féminin	adultes	moderne		7	MH
Homo sapiens	Indeterminé	adultes	néolithique		14	UMR 6578
				Total :	31	
Gorilla gorilla	Mâles	adultes	moderne		14	MNHN
Gorilla gorilla	Mâles	adultes	moderne		5	MHNM
Gorilla gorilla	Mâles	adultes	moderne		1	UMR 6578
Gorilla gorilla	Mâles	adultes	moderne		3	MAN
				Total :	23	
Gorilla gorilla	Femelles	adultes	moderne		13	MNHN
Gorilla gorilla	Femelles	adultes	moderne		1	MHNM
Gorilla gorilla	Femelles	adultes	moderne		1	UMR 6578
				Total :	15	
Pan troglodytes	Mâles	adultes	moderne		7	MNHN
Pan troglodytes	Mâles	adultes	moderne		1	MHNM
Pan troglodytes	Mâles	adultes	moderne		1	MAN
				Total :	9	
Pan troglodytes	Femelles	adultes	moderne		9	MNHN
Pongo pygmaeus	Mâles	adultes	moderne		1	MAN
Pongo pygmaeus					2	MNHN
				Total :	3	
Pongo pygmaeus	Femelles	adultes	moderne		3	MNHN

Tableau 23: Mandibules actuelles utilisées.
MH : Musée de l'Homme, Paris. UMR 6578 : Laboraltoire d'Anthropologie Biologique de La faculté de médecine de Marseille. MNHN : Museum National d'Histoire Naturelle, Paris. MHNM : Museum d'Histoire Naturelle de Marseille. MAN : Museum-Aquarium de Nancy.

2.2.2.2- Méthode.

2.2.2.2.1- Points utilisés.

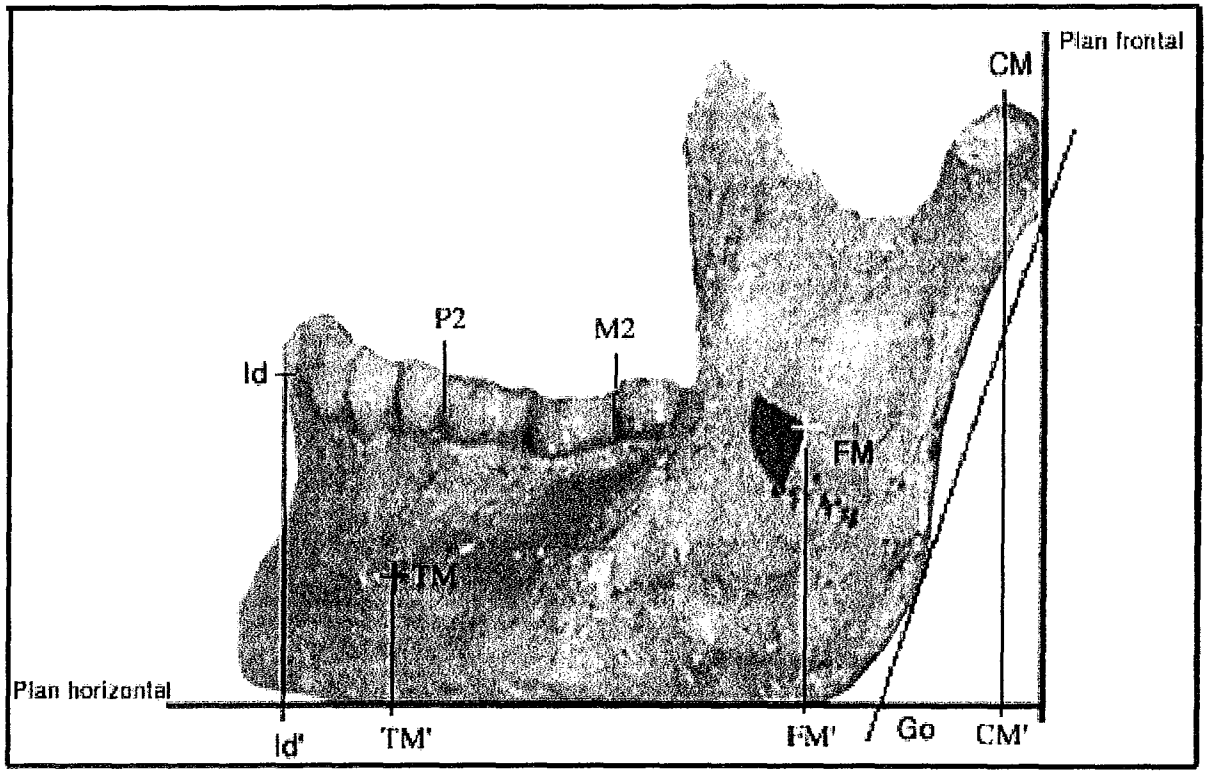


Figure 40: Points mandibulaires utilisés.

Il s'agit des points déjà utilisés dans le chapitre précédent, à savoir les points CM, FM et TM pour le triangle interne, les points CM, Go et Id' pour le triangle périphérique. Ce travail étant basé sur la position dans le sens horizontal du TM par rapport aux dents, nous utiliserons de plus la projection orthogonale sur le plan horizontal (plan sur lequel repose la mandibule) de ces points, c'est à dire les points CM', FM', TM', Go' et Id' (voir figure 40).

Les dimensions de l'arcade intervenant dans notre étude, nous ajouterons à ces points (voir figure 40):

- le point M2, projection sur le plan horizontal du point le plus postérieur de la deuxième molaire mandibulaire. En effet, M3 est souvent absente ou son extrémité postérieure invisible en vue latérale.
- Le point P2, projection sur le plan horizontal du point le plus postérieur de la deuxième prémolaire mandibulaire (P2).

2.2.2.2.2- Dimensions mesurées.

Elles sont représentatives des différentes structures de la mandibules :

- Le trigone interne, par les dimensions CM-FM, FM-TM, TM-CM et leurs projections orthogonales CM'-FM', FM'-TM', TM'-CM'.
- Le trigone périphérique, par les dimensions CM-Go, Go-Id', Id'-CM et leurs projections orthogonales CM'-Go et id'-CM'.
- L'arcade dentaire par les dimensions Id'-M2, Id'-P2 et P2-M2.
- La position horizontale du canal mandibulaire par rapport à la périphérie mandibulaire, par les dimensions Id'-FM', Id'-TM', Go-FM' et Go-TM'.
- La position horizontale de l'arcade par rapport au canal mandibulaire par les dimensions TM'-M2, TM'-P2, TM'-Id', FM'-M2, FM'-P2, FM'-Id'.
- La position horizontale de l'arcade par rapport à la périphérie mandibulaire par les dimensions CM'-M2, CM'-P2, CM'-Id', Go-M2, Go-P2, Go-Id'.

2.2.2.2.3- Position du foramen mentonnier par rapport aux dents.

Les études traitant de la question utilisent un système de codage faisant correspondre un nombre entier à la position du TM. Ce système ne permet de coder, d'avant en arrière, qu'un nombre limité de positions : sous une dent ou dans un espace interdentaire.
L'évaluation de la position du TM par rapport aux dents par un nombre entier est donc à l'origine d'une perte d'information. Son évaluation est de plus parfois difficile et elle peut

être source d'erreurs. Nous avons donc préféré une autre méthode d'évaluation faisant intervenir une mesure continue et non discontinue. Elle consiste à calculer le ratio (TM'-P2/ Id'-M2)*10. Cette grandeur est positive quand TM' se trouve devant P2, négative quand TM' se trouve derrière. Ce ratio mesure ainsi la position antéro-postérieure du TM par rapport à la deuxième prémolaire (position la plus fréquente du TM chez l'homme actuel) tout en s'affranchissant des variations d'échelle des dimensions d'arcade. Nous nommerons ce ratio *score tm.*

Afin de vérifier sa concordance, le score tm sera comparé, chez l'homme actuel, à un autre score, le *score TM*, basé sur la méthode classique de codage, c'est à dire :

- Score 1 : TM entre P1 (première prémolaire) et la canine.
- Score 2 : sous P1.
- Score 3 : entre P1 et P2.
- Score 4 : sous P2.
- Score 5 : entre P2 et M1 (première molaire définitive).
- Score 6 : sous la racine mésiale de M1.
- Score 7 : sous l'espace interradiculaire de M1.
- Score 8 : sous la racine distale de M1.

Le TM est ici localisé suivant l'axe des dents et non suivant dans l'axe vertical.
La concordance des deux scores sera vérifiée au moyen d'une analyse de régression chez l'homme actuel et dans la famille des Hominidés.

2.2.2.2.4- Analyse des résultats.

Afin d'étudier l'influence des différentes mensurations de la mandibule (variables indépendantes) sur le score tm (variable dépendante), des ANOVA de régression seront menées.

Le même protocole sera appliqué :

- A l'homme actuel adulte.
- Aux grands singes actuels, *Pan troglodytes* et *Gorilla gorilla* (les effectifs *de Pongo pygmaeus* sont insuffisants).
- A la famille des hominidés, comprenant les spécimens fossiles, les moyennes des représentants actuels (*Homo sapiens* et *Pan troglodytes* à titre de comparaison) et celles d'*Homo neanderthalensis*. Des courbes représentant l'évolution des facteurs significatifs au cours de la phylogénie seront réalisées.
- A la lignée des Néandertaliens, dans laquelle nous inclurons *Homo heidelbergensis*.

2.2.3- Résultats.

Les résultats des mesures sont présentés en annexe 12.

2.2.3.1- Concordance du score TM et du score tm.

Les courbes ci-dessous illustrent :

- Le comportement des moyennes des scores tm pour chaque score TM (2, 3 et 4) chez l'homme actuel.
- Le comportement du score tm en fonction du score TM chez les Hominidés fossiles et pour les moyennes des scores chez *Pan troglodytes, Gorilla gorilla, Homo sapiens* et *Homo neanderthalensis*.

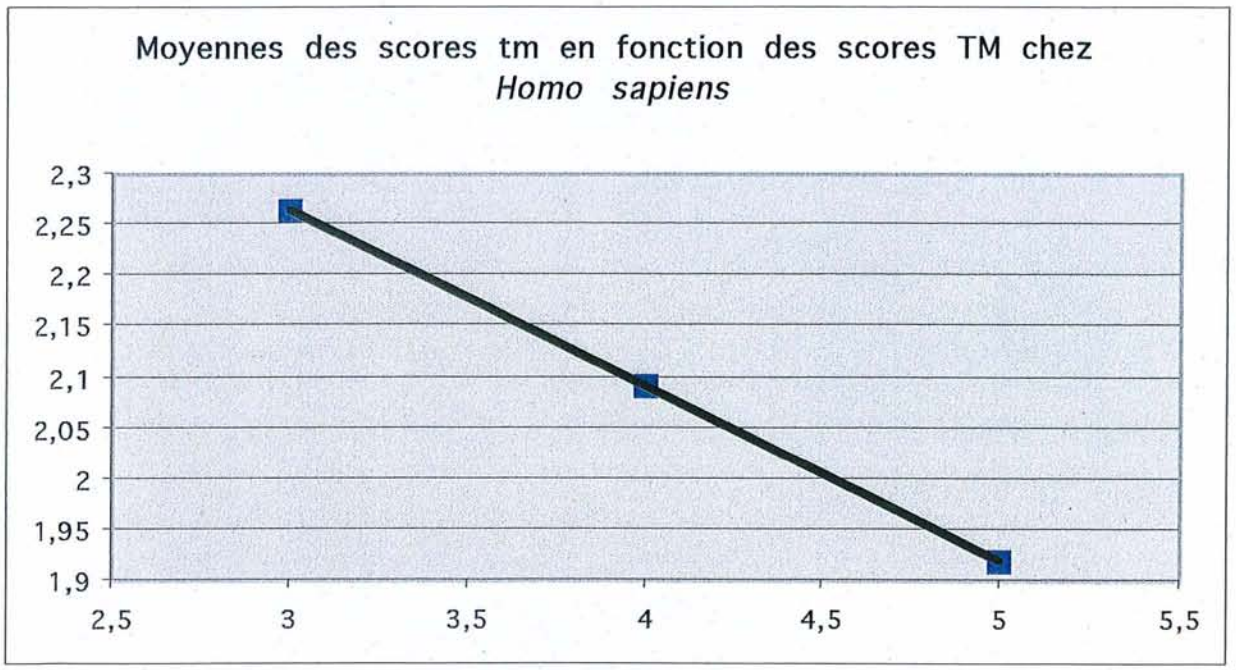


Figure 41: Comportement des moyennes des scores tm en fonction de chaque score TM chez l'homme actuel.

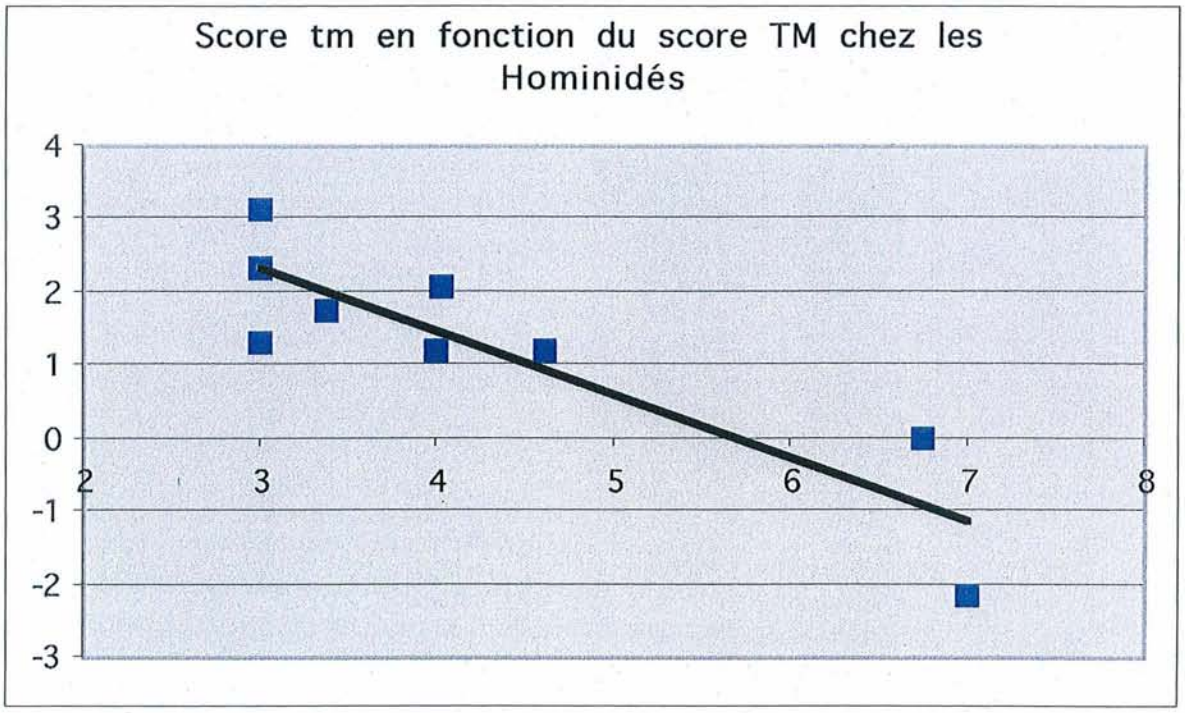


Figure 42: Comportement du score tm en fonction du score TM chez les Hominidés.

Nous constatons que le score tm et le score TM ont une relation parfaitement linéaire chez l'homme actuel. Cela semble être également le cas chez les Hominidés, nous ne pouvons cependant pas l'affirmer étant donné la petitesse des effectifs.
Le score tm est donc représentatif du score TM et donc de la position du TM par rapport aux dents, et ce de façon linéaire tout en y ajoutant une plus grande nuance car étant une mesure continue.

2.2.3.2- Déterminisme de la position du TM chez l'homme actuel.

Les résultats des ANOVA de régression du score tm en fonction des autres dimensions sont présentés dans le tableau 24. Afin de déterminer quels facteurs avaient le plus d'influence sur le score tm, nous avons classé tous les facteurs indépendants dont la

facteur indépendant	Valeur de F	Valeur de p
Go-TM'	12,097	0,0016
FM'-M2	14,824	0,0006
Go-FM'	16,162	0,0004
Id'-FM'	16,99	0,0003
CM'-Go	27,762	<0,0001
Go-Id'	30,83	<0,0001
FM'-P2	31,382	<0,0001
TM'-M2	33,706	<0,0001
Go-M2	36,16	<0,0001
M2-P2	41,325	<0,0001
Go-P2	45,676	<0,0001
Id'-TM'	76,046	<0,0001
TM'-P2	570,625	<0,0001

Tableau 24 : résultats des ANOVA de régression du score tm en fonction des autres dimensions chez l'homme actuel.

Corrélations	r
Id'-FM' / Id'-M2	0,802
Go-FM' / Go-Id'	0,811
M2-P2 / Go-P2	0,815
Go-TM' / Go-FM'	0,826
Go-Id' / Id'-TM'	0,827
FM'-P2 / Go-P2	0,828
TM'-M2 / TM'-P2	0,838
Go-FM' /Go-P2	0,849
FM'-Id' / FM'-M2	0,852
Id'-FM' / Go-Id'	0,862
Id'-CM / CM'-P2	0,87
Go-M2 / Go-TM'	0,944
Go-Id' / Go-TM'	0,951
Go-Id' / Go-M2	0,952
FM'-M2 / FM'-P2	0,953
Go-Id' / Go-P2	0,965
Go-P2 / Go-M2	0,991

Tableau 25 : Classement par ordre croissant Des corrélations dont r > 0,8 chez l'homme actuel.

Facteur indépendant	Valeur de F	Valeur de p
FM'-TM'	4,606	0,038
CM'-TM'	4,916	0,033
Id'-TM'	47,884	<0,0001
TM'-M2	53,951	<0,0001
TM'-P2	764,167	<0,0001

Tableau 26 : résultats des ANOVA de régression du score tm en fonction des autres dimensions chez le gorille.

Facteur indépendant	valeur de F	Valeur de p
Go-Id'	4,57	0,048
Go-M2	6,85	0,018
Go-P2	8,97	0,0086
Go-FM'	10,837	0,0046
M2-P2	12,36	0,0029
Id'-TM'	17,45	0,0007
TM'-M2	68,27	<0,0001
TM'-P2	818,207	<0,0001

Tableau 27 : Résultats des ANOVA de regression du score tm en fonction des autres dimensions chez le chimpanzé.

Corrélations	r
Go-Id' / Go-M2	0,945
Go-Id' / Go-P2	0,958
Go-P2 / Go-M2	0,991
Go-M2 / Go-FM'	0,925
Go-P2 / Go-FM'	0,915
TM'-M2 / TM'-P2	0,931

Tableau 28 : Classement par ordre croissant des corrélations dont r > 0,8 chez le chimpanzé.

valeur de p est inférieure à 0,05 (différence significative) par valeur de F (importance du facteur pour la position du TM) croissante.

Un calcul de corrélations a été réalisé afin de déterminer si les relations de ces variables entre elles ne pourraient pas expliquer l'influence qu'elles exercent sur la position du TM, ou si cette influence n'est qu'indirecte (par l'intermédiaire d'un autre facteur). Les résultats des calculs des coefficients de corrélation linéaire r sont résumés en annexe 13. Le tableau 28 résume, par coefficient de corrélation croissant, toutes les corrélations dont r est supérieur à 0,8.

2.2.3.3- Déterminisme de la position du TM chez les grands singes actuels.

2.2.3.3.1- Chez Gorilla gorilla.

Les résultats des ANOVA de régression chez le gorille sont présentés dans le tableau 26, où nous avons classé tous les facteurs indépendants dont la valeur de p est inférieure à 0,05 (différence significative) par valeur de F (importance du facteur pour la position du TM) croissante.

2.2.3.3.2- Chez Pan troglodytes.

Les résultats des ANOVA de régression chez le chimpanzé sont présentés dans le tableau 27, dans lequel nous avons classé tous les facteurs indépendants dont la valeur de p est inférieure à 0,05 (différence significative) par valeur de F (importance du facteur pour la position du TM) croissante.

Comme chez l'homme actuel, une étude des corrélations entre ces derniers facteurs a été menée (voir annexe 13). Le tableau 28 résume, par coefficient de corrélation croissant, toutes les corrélations dont r est supérieur à 0,9.

2.2.3.4- Déterminisme de la position du TM chez les Hominidés.

Les résultats des ANOVA de régression chez les Hominidés sont présentés dans le tableau 29 où nous avons classé tous les facteurs indépendants dont la valeur de p est inférieure à 0,05 (différence significative) par valeur de F (importance du facteur pour la position du TM) croissante.

Facteur indépendant	Valeur de F	Valeur de p
Id'-FM'	9,53	0,02
Id'-CM'	9,6	0,02
Id'-TM'	11,914	0,01
FM'-M2	12,43	0,012
TM'-M2	17,24	0,006
FM'-P2	17,9	0,005
CM'-M2	23,89	0,003
CM'-P2	69,08	0,0002
TM'-P2	120,42	<0,0001

Tableau 29 : résultats des ANOVA de regression du score tm en fonction des autres dimensions chez les hominidés.

Facteur indépendant	Valeur de F	Valeur de p
FM'-P2	11,2	0,0442
TM'-M2	11,256	0,044
Id'-FM'	11,67	0,042
FM'-M2	17,9	0,024
Go-P2	30,55	0,012
CM'-P2	33,43	0,01
Id'-TM'	38,8	0,0083
Id'-CM'	69,23	0,0036
Go-Id'	241,783	0,0006
TM'-P2	1369, 3	<0,0001

Tableau 30 : résultats des ANOVA de regression du score tm en fonction des autres dimensions chez les Néandertaliens.

2.2.3.5- Déterminisme de la position du TM dans la lignée des Néandertaliens.

Les résultats des ANOVA de régression chez les Néandertaliens sont présentés dans le tableau 30, où nous avons classé tous les facteurs indépendants dont la valeur de p est inférieure à 0,05 (différence significative) par valeur de F (importance du facteur pour la position du TM) croissante.

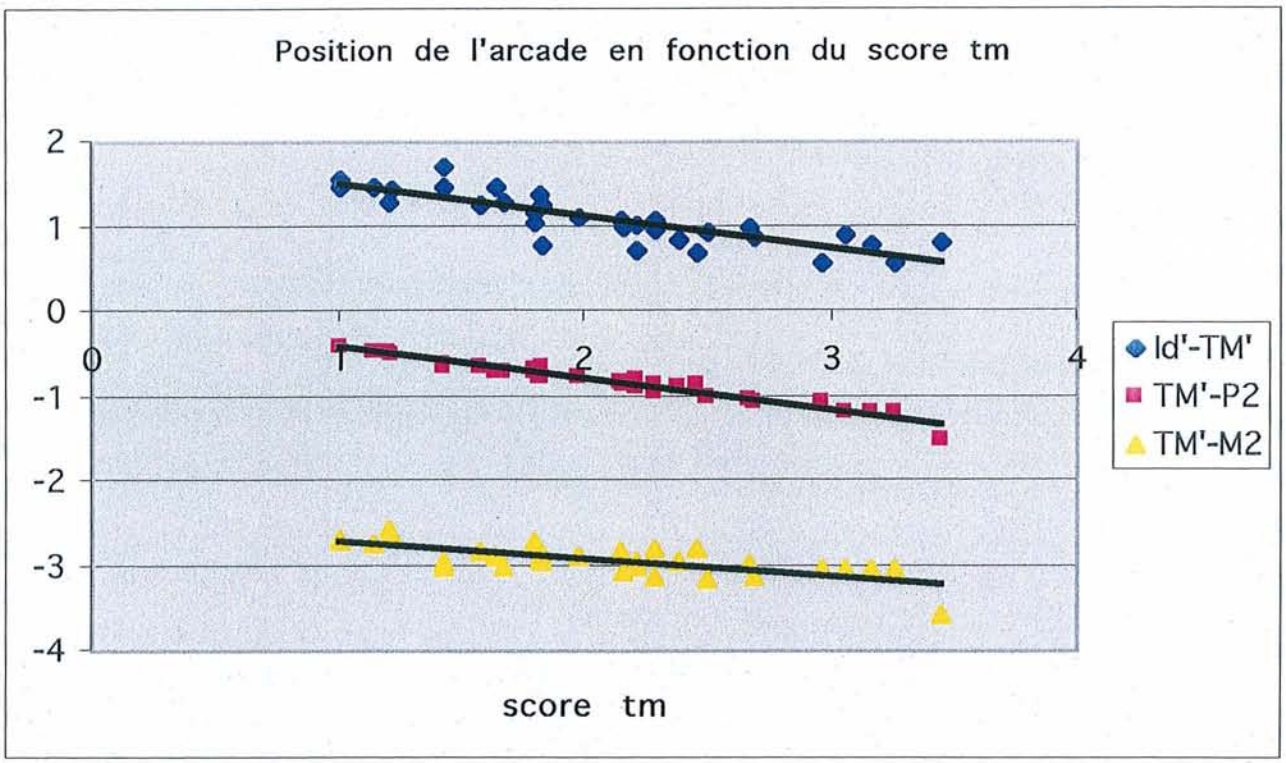


Figure 43: Position des points de l'arcade en fonction du score tm chez *Homo sapiens*.

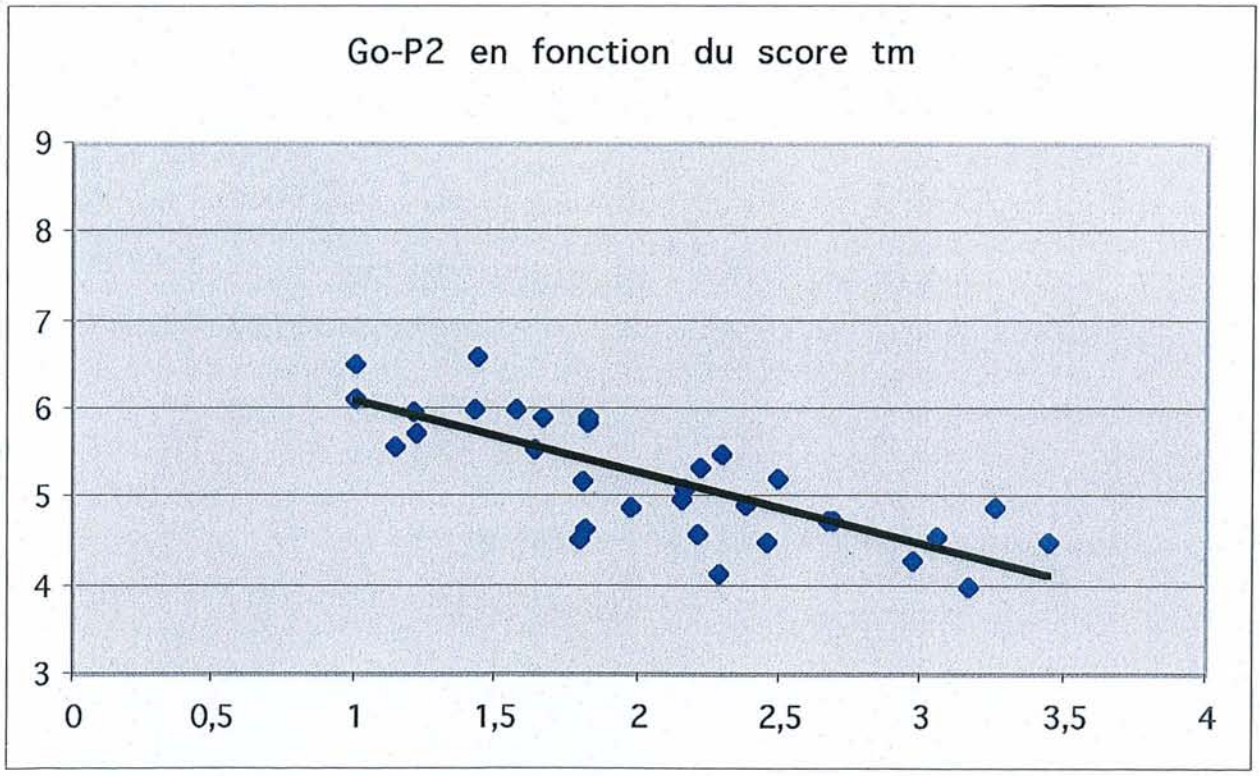


Figure 44 : Distance Go-P2 en fonction du score tm chez *Homo sapiens*.

2.2.4- Discussion.

2.2.4.1- Déterminisme de la position du TM chez l'homme actuel.

Nous constatons donc que le facteur expliquant le mieux le score tm est la position de l'arcade dentaire par rapport aux dents (TM'-P2, TM'-Id' et dans une moindre mesure TM'-M2). Comme la figure 43 le montre, l'avancée du TM par rapport aux dents (augmentation du score tm) s'accompagne d'une « migration » très régulière de la totalité de l'arcade dentaire vers l'arrière.

Le deuxième facteur par ordre d'importance semble être la position de l'arcade par rapport au Gonion (Go-P2 et dans une moindre mesure Go-M2 puis Go-Id'). Il semble exister une avancée de l'arcade par rapport à Go (c'est à dire par rapport à la périphérie mandibulaire) accompagnant le recul du TM par rapport aux dents (c'est à dire à la diminution du score tm). Ce fait est bien illustré par la figure 44.

La dimension des molaires est le troisième facteur par ordre d'importance, il explique en outre la différence d'importance (valeur de F) qu'ont d'une part les variables TM'-P2 et TM'-Id' avec d'autre part TM'-M2 (dont l'influence est moindre que M2-P2). Avec l'augmentation du score tm, la portion antérieure de l'arcade (devant P2) semble migrer régulièrement par rapport à TM, alors que sa portion postérieur semble s'accroître en longueur laissant, de fait, le point M2 migrer plus lentement. La figure 43 résume parfaitement ce fait : les droites représentant le comportement de Id'-TM' et TM'-P2 en fonction du score tm sont paralélles, celle représentant le comportement de TM'-M2 à une pente moins marquée que les deux précédentes.

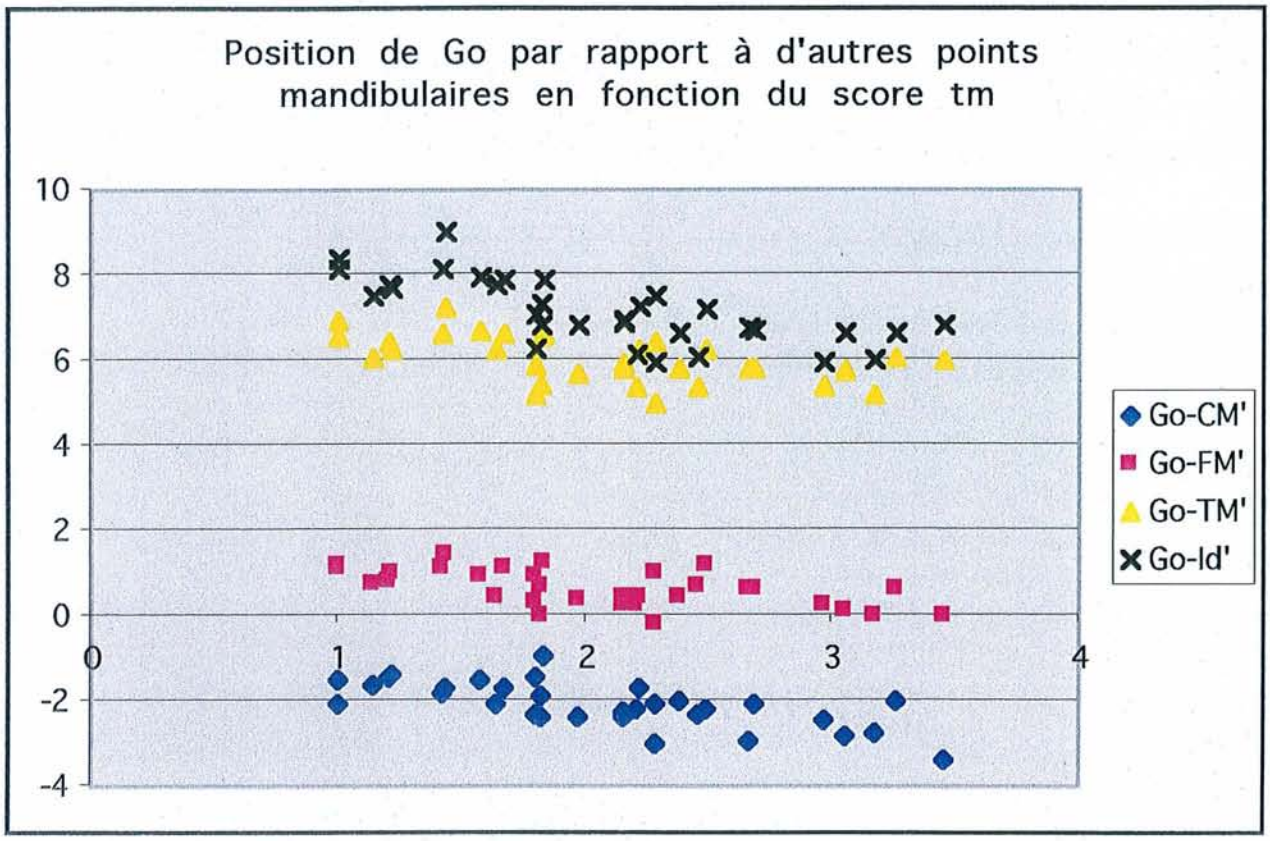


Figure 45 : Position de Go par rapport aux autres points mandibulaires en fonction du score tm chez *Homo sapiens*. Le point Go est matérialisé par l'axe des abcisses.

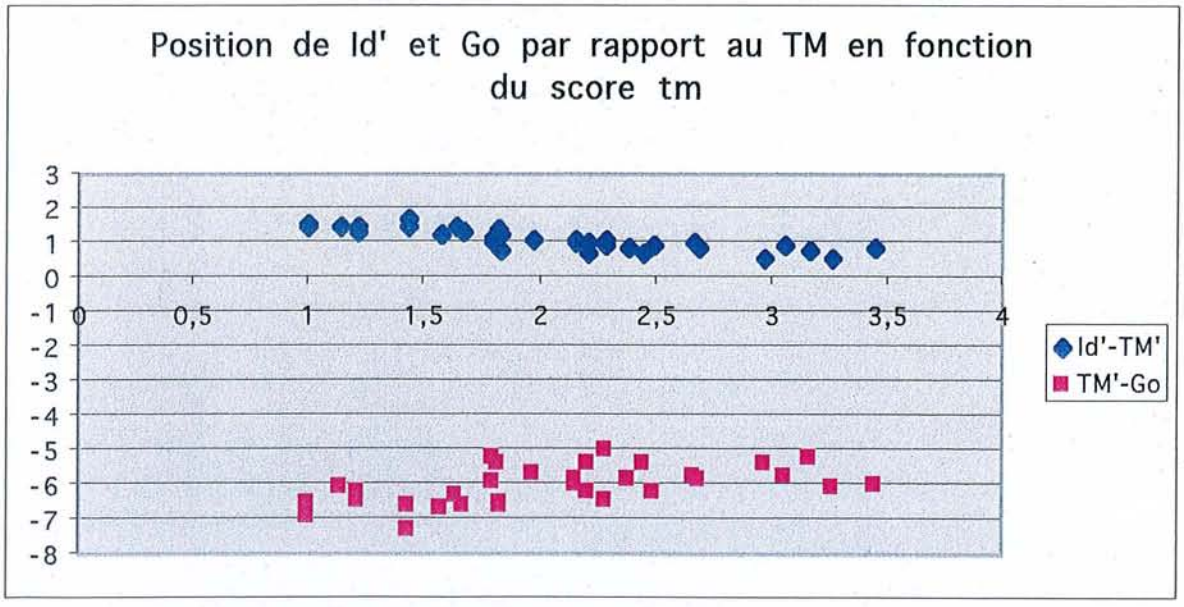


Figure 46: Position de Id' et Go par rapport à TM (axe des abcisses) en fonction du score tm chez *Homo sapiens*.

Un autre fait est également mis en évidence : les pentes des trois droites (0,4 environ) se montrent toutes deux fois inférieures à celle de la droite Go-P2=f(score tm) (0,81), ce qui signifie que l'avancée de l'arcade par rapport au TM est moins « rapide » que son avancée par rapport au Gonion. Ceci peut s'expliquer par un phénomène supplémentaire accompagnant l'avancée de l'arcade : le développement postérieur de l'angle goniaque. L'ANOVA met en effet une évidence une relation significative entre le score tm et la position antéro-postérieure de Go par rapport à FM', CM', TM' et Id'. On constate un recul de Go par rapport au reste de la mandibule en même temps que le recul de TM par rapport aux dents (voir figure 45).

Ce dernier fait éclaire en outre la relation significative entre la longueur mandibulaire Go-Id' et le score tm : l'augmentation de la longueur Go-Id' est en effet à la fois sous la dépendance de l'avancée de l'arcade dentaire (par le point Id') et du développement postérieur de l'apophyse goniaque, phénomène accompagnant tous deux le recul du TM par rapport aux dents. Cette augmentation de la longueur mandibulaire en avant et en arrière de TM en fonction du recul du TM par rapport aux dents est illustré par la figure 46.

Un quatrième facteur est mis en évidence par l'ANOVA : la position de l'arcade dentaire par rapport au canal mandibulaire. S'il existe une relation significative entre le score tm et la position de l'arcade dentaire par rapport au TM, il en existe également une, moins forte, entre le score tm et la position des points P2, Id' et M2 par rapport à FM'. Signalons également qu'il n'existe aucune relation significative entre la position du TM par rapport aux dents et les dimensions du triangle neural. Cette position ne peut donc être expliquée par la dimension du canal mandibulaire, comme cela avait été supposé par Stefan et Trinkaus (1998), mais par une migration de l'arcade dentaire par rapport à ce canal.

Une cinquième constatation découle de l'ANOVA : il existe une relation significative entre les distances Id'-CM et CM'-P2 et le score tm, avec des coefficients de corrélation linéaire respectivement égaux à –0,53 et –0,38. Ceci signifie qu'une position reculée du TM

par rapport aux dents peut être est associé à un déplacement antérieur de l'arcade par rapport au condyle mandibulaire.

Un dernier facteur ressort enfin de l'ANOVA : la hauteur mandibulaire, par le segment CM-Go. Le coefficient de corrélation linéaire reliant CM-Go et le score tm est de –0,36. En d'autres termes, ceci signifie que la hauteur mandibulaire augmente avec l'avancée de l'arcade par rapport au TM.

On peut donc conclure que la position du TM dépend d'un phénomène global touchant diverses parties de la mandibule. Son recul par rapport aux dents s'explique en effet par une augmentation de la robustesse générale de la mandibule qui se manifeste par :

- Une avancée de l'arcade dentaire par rapport au reste de la mandibule, dont le canal mandibulaire.
- Une augmentation du diamètre mésio-distal des molaires.
- Un développement postérieur accentué de l'apophyse goniaque.
- Une augmentation des dimensions externes de la mandibule, hauteur et longueur,
- Alors qu'on ne note pas d'augmentation significative des dimensions du triangle neural.

2.2.4.2- Déterminisme de la position du TM chez les grands singes actuels.

Remarque : Les effectifs de grands singes actuels étant insuffisants, les conclusions les concernant ne sont pas définitives.

2.2.4.2.1- Chez Gorilla gorilla.

En toute logique, le premier facteur expliquant le score tm est la position de l'arcade

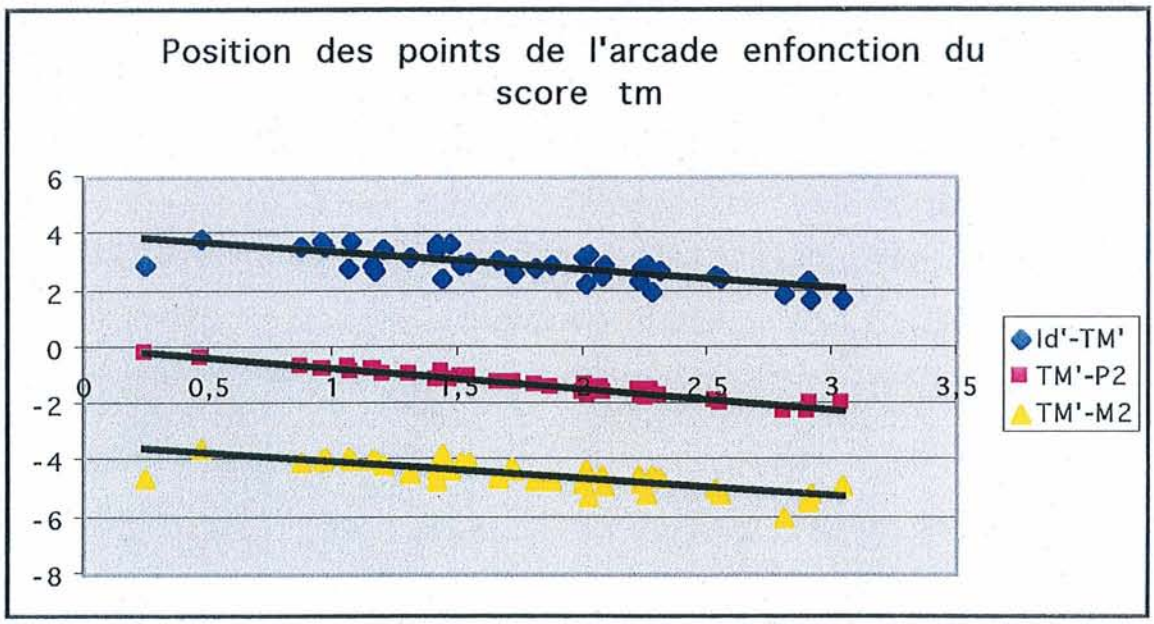


Figure 47 : Position de l'arcade par rapport au TM en fonction du score tm chez le gorille. Le point TM est matérialisé par l'axe des abcisses.

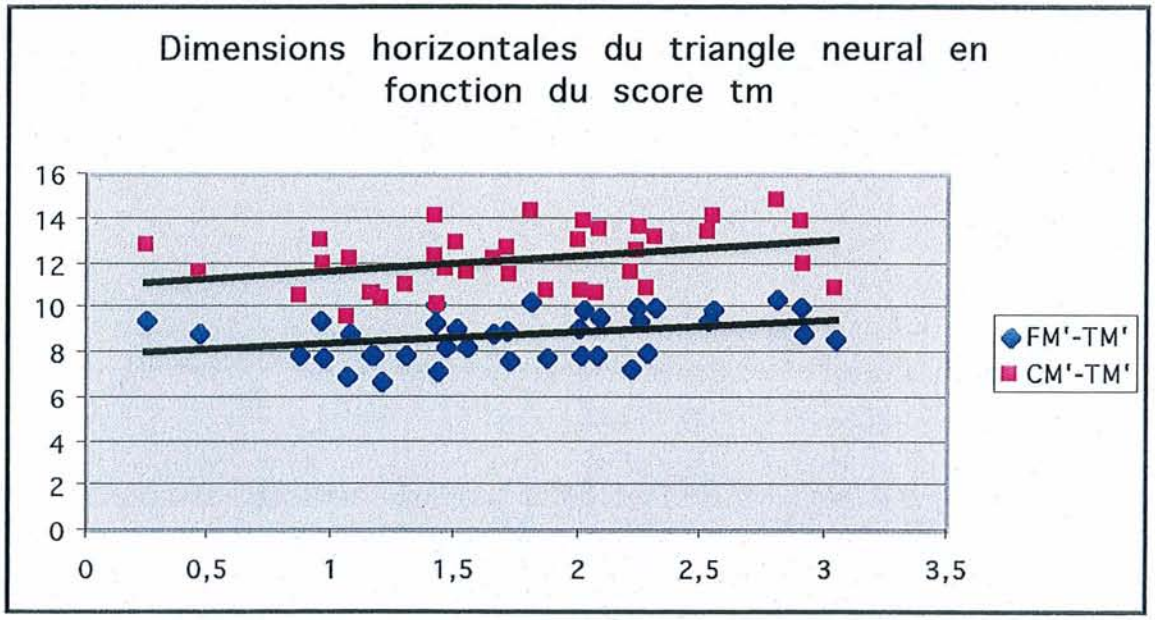


Figure 48 : Dimensions horizontales du triangle neural en fonction du score tm chez le gorille. Le point TM est matérialisé par l'axe des abcisses.

par rapport à TM, par les dimensions TM'-P2, TM'-M2, Id'-TM' dont les valeurs de F sont les plus élevées. On observe donc, avec le recul du TM par rapport aux dents, une avancée « en bloc » de l'arcade, qui ne s'accompagne apparemment pas d'une augmentation du diamètre mésio-distal des molaires comme chez Homo sapiens, comme l'illustre la figure 47.

Le second facteur significativement corrélé avec la position du TM par rapport aux dents est la dimension horizontale du triangle neural (CM'-TM' et FM'-TM'). Contrairement à ce qui est observé chez l'homme actuel, une variabilité du triangle neural interviendrait donc dans cette position. Comme le montre la figure 48, un recul du TM par rapport aux dents (diminution du score tm) est associé à un diminution de la taille antéro-postérieur du triangle neural, « attirant en arrière » le TM.
En outre les coefficients directeurs des droites Id'-TM'=f(score tm) et FM'-TM'=f(score tm), sont respectivement égaux à 0,5 et 0,6, c'est à dire très voisins. Ceci montre que l'avancée de Id' et la diminution de la longueur du triangle neural se font sensiblement au même rythme et relève donc du même phénomène.

L'ANOVA ne met pas en évidence d'autres facteurs intervenant dans le score tm. La position du TM chez le Gorille semble donc dépendre d'un mécanisme moins complexe que chez *Homo sapiens*, ne mettant en jeu que la taille et la position antéro-postérieures du canal mandibulaire (recul vers l'arrière en même temps que diminution de la longueur).

2.2.4.2.2- Chez Pan troglodytes.

Les mêmes facteurs que chez *Homo sapiens* sont identifiés, et ce de façon encore plus nette.

Le premier facteur par ordre d'importance est la position de la totalité de l'arcade par rapport au TM, par les variables Id'-TM', TM'-P2, TM'-M2 (voir figure 49).

Le second facteur est, comme chez l'homme actuel, la dimension antéro-postérieure du secteur molaire (M2-P2). La tendance à l'augmentation du diamètre mésio-distal des molaires associée au recul du TM par rapport aux dents est cependant beaucoup plus marqué que chez l'homme, comme en atteste la figure 49.

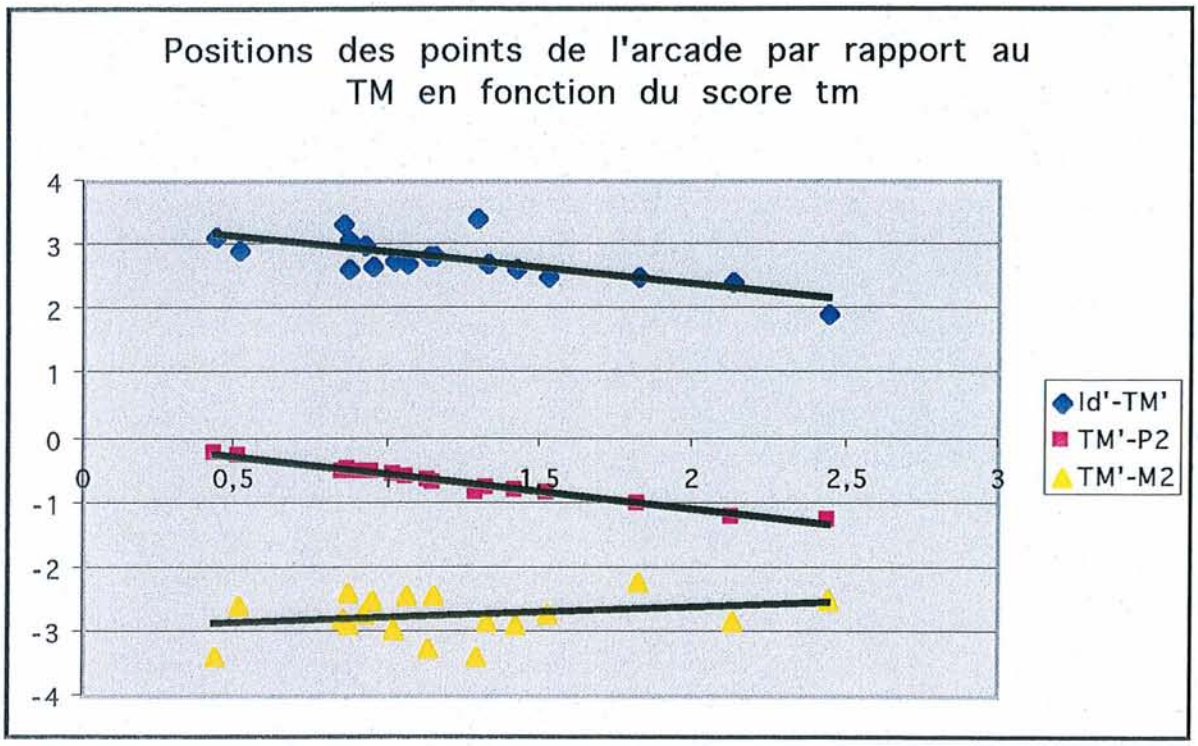


Figure 49 : Position des différents points de l'arcade en fonction du score tm chez le chimpanzé. Le point TM est matérialisé par l'axe des abcisses.

Le troisième facteur identifié semble être, comme chez l'homme actuel, la position horizontale du point Gonion par rapport à d'autres points mandibulaires (FM', P2, M2, Id'). D'autre part, les distances du point Go par rapport à Id', P2, M2 et FM' sont toutes fortement corrélées entre elles.

Ici encore, on remarque que les valeurs absolues des coefficients directeurs de la droite Go-Id'=f(score tm) et de la droite TM'-Id'=f(score tm), respectivement de 0,81 et 0,48, sont très

différentes. Cela témoigne d'un développement postérieur du Gonion (par rapport au canal mandibulaire) accompagnant l'avancée de l'arcade par rapport au TM.

Enfin, on ne note pas d'association significative entre le score tm et une quelconque modification du canal mandibulaire.

On peut donc conclure que le recul du TM par rapport aux dents s'explique, comme chez l'homme actuel, par une augmentation de la robustesse générale de la mandibule :

- Une avancée de l'arcade dentaire par rapport au canal mandibulaire.
- Une augmentation du diamètre mésio-distal des molaires.
- Un développement postérieur accentué de l'apophyse goniaque.
- Alors qu'on ne note pas d'augmentation significative des dimensions du triangle neural.

2.2.4.3- Déterminisme de la position du TM chez les Hominidés.

Remarque : Les effectifs des Hominidés étant insuffisants, les conclusions les concernant ne sont pas définitives.

Le facteur mis en évidence par l'ANOVA est la position horizontale des différents points de l'arcade (Id', P2 et M2) par rapport au canal mandibulaire (points TM' et FM') et au condyle mandibulaire (point CM'), par les dimensions TM'-P2, CM'-P2, CM'-M2, FM'-M2, TM'-M2, Id'-TM', Id'-CM' et Id'-FM'.

Une position postérieure du TM par rapport aux dents s'explique donc par une avancée de l'arcade dentaire au sein de la mandibule et en particulier par rapport au canal mandibulaire et au condyle mandibulaire.

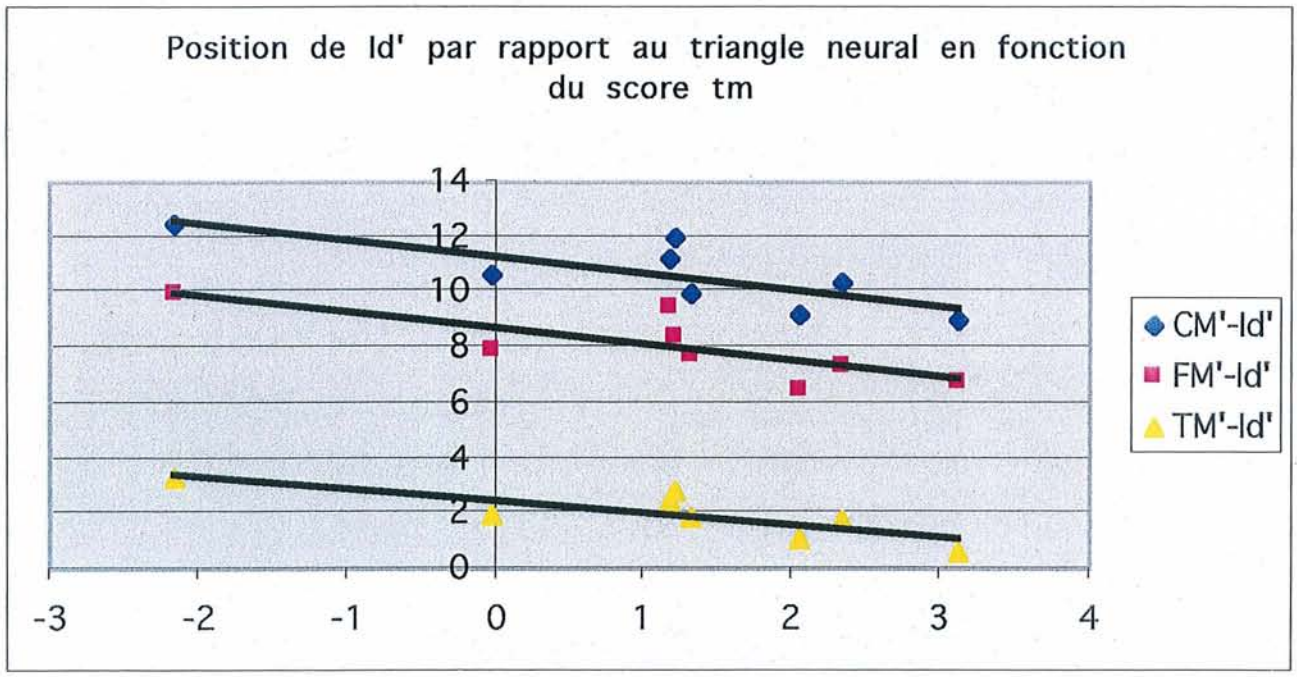


Figure 50 : Position de Id' par rapport au triangle neural en fonction du score tm chez les Hominidés. Le point Id' est matérialisé par l 'axe des abcisses.

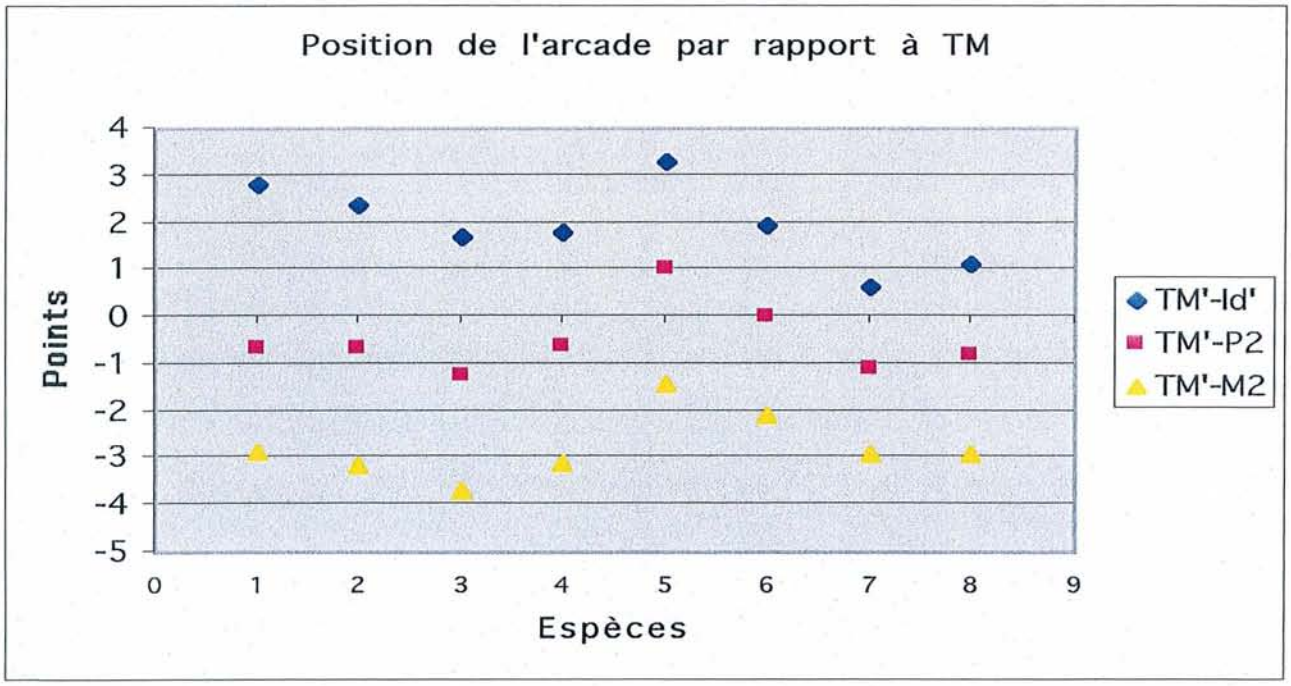


Figure 51 : Evolution des dimensions d'arcade et de sa position par rapport au TM chez les Hominidés.

Le point TM est matérialisé par l'axe des abcisses.

1 : ***Pan troglodytes.*** **2 :** ***Australopithecus africanus.*** **3 :** ***Homo ergaster.*** **4 :** ***Homo erectus.*** **5 :** ***Homo heidelbergensis.*** **6 :** ***Homo neandertalensis.*** **7 :** ***Homo sapiens*** **ancien. 8 :** ***Homo sapiens*** **moderne.**

Ce phénomène est illustré par la figure 50. Cette figure confirme de plus la stabilité du triangle neural chez les Hominidés, puisque les trois droites sont parallèles.

La figure 51 représente les modifications des dimensions de l'arcade et de sa position par rapport au TM au cours de l'évolution.
Cette figure montre une nette tendance à la réduction des dimensions antéro-postérieures de l'arcade, continue au cours de l'évolution. La diminution de la longueur antérieure d'arcade (de P2 à Id') est continue, ce qui n'est pas le cas de la longueur postérieure d'arcade (de M2 à P2), qui présente une augmentation entre la lignée des chimpanzés et celle des Australopithèques (puis une baisse continue jusqu'à Homo sapiens). Cette importante longueur postérieure de l'arcade chez *Australopithecus africanus* est conforme aux données de la littérature (Robinson, 1956).

La courbe confirme également la nette tendance à l'avancée de l'arcade apparaissant dans la lignée des Néandertaliens (Heim, 1976 ; Aiello et Dean, 1990), comparés à l'hypothétique ancêtre qu'est *Homo ergaster*.

Entre ce dernier et *Homo sapiens*, on observe en revanche une réduction homothétique de l'arcade, centrée aux environ du point P2.

Enfin, l'aspect harmonieux et très lisible de cette figure montre que le TM constitue un excellent référentiel pour l'étude d'autres partie de la mandibule (ici l'arcade dentaire), comme le pensent Gould et Lewontin (1979).

2.2.4.4- Déterminisme de la position du TM par rapport aux dents dans la lignée des Néandertaliens.

L'ANOVA montre une corrélation importante entre la position horizontale du TM par rapport aux dents et la position horizontale de l'arcade par rapport au canal mandibulaire

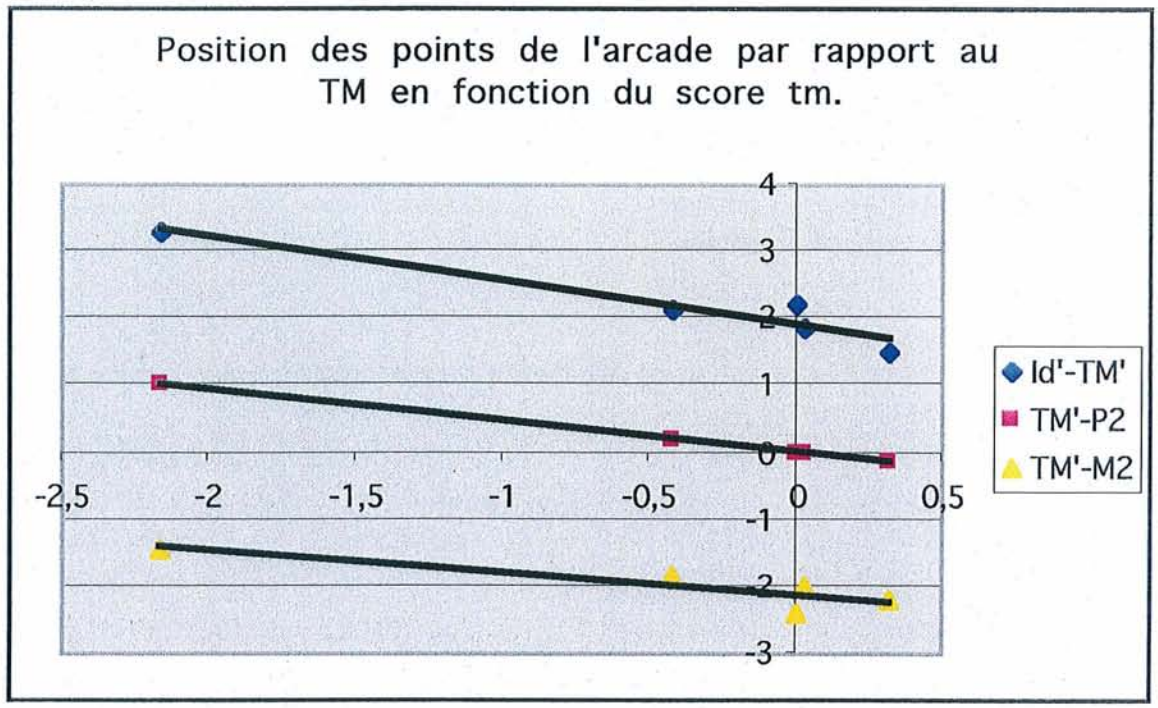


Figure 52 : Position des points de l'arcade par rapport au TM en fonction du score tm dans la lignée des Néandertaliens. Le point TM est matérialisé par l'axe des abcisses.

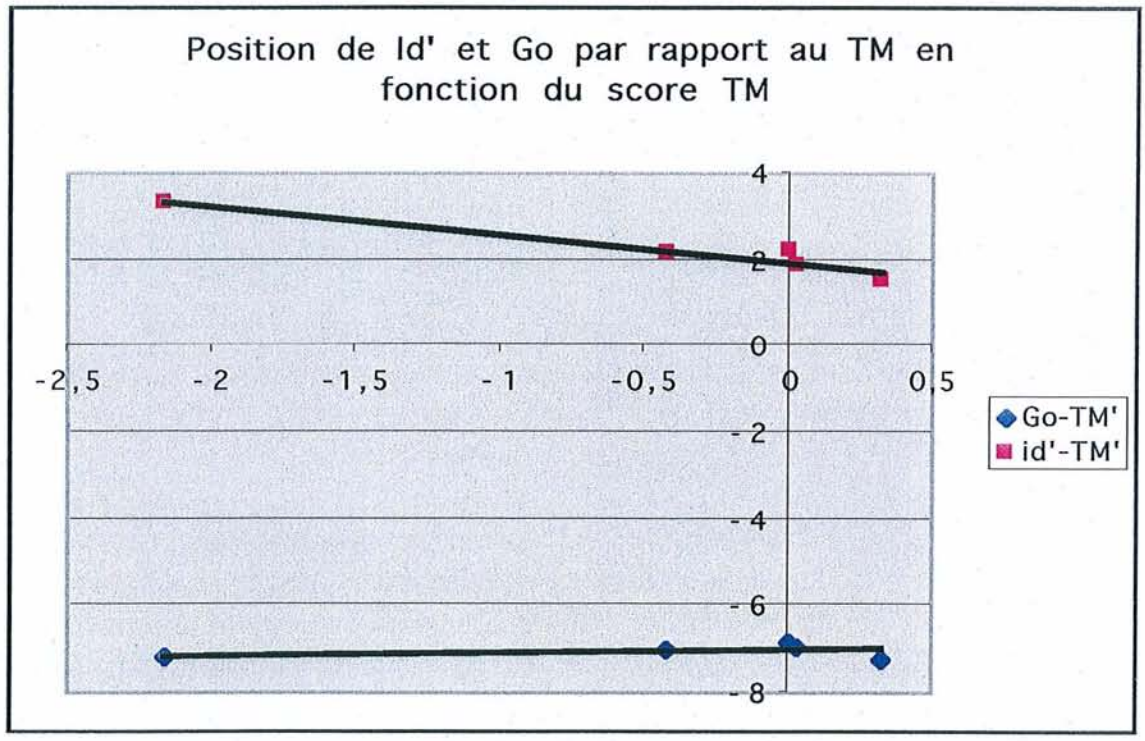


Figure 53 : Position de Id' et de Go par rapport au TM en fonction du score tm chez les néandertaliens. Le TM est matérialisé par l'axe des abcisses.

(points TM' et FM') et au condyle mandibulaire (point CM'), par les dimensions TM'-P2, Id'-CM', Id'-TM', CM'-P2, FM'-M2, Id'-FM', TM'-M2, FM'-P2.

Le recul du TM par rapport aux dents est donc associé à une avancée de l'arcade, ce qu'illustre la figure 52.

On observe en outre une position plus postérieure du TM chez *Homo heidelbergensis* (Mauer, points les plus à gauche du graphique), ce que ne montre pas le score TM : ce dernier est de 7, alors qu'on observe un score de 7 chez deux spécimens d'*Homo neanderthalensis* (Shanidar 1 et Krapina 1) et un score de 8 sur le spécimen d'Amud. Ce fait s'explique par la différence de méthode de mesure du score TM et des score tm : le premier est mesuré dans l'axe des dents, le second verticalement. S'il existe une forte inclinaison vers le haut et l'avant du plan occlusal par rapport à l'horizontale (donc de l'axe des dents par rapport à la verticale), le score TM peut décrire une position du TM plus antérieure que celle déduite du score tm : c'est ce qui s'observe sur le spécimen de Mauer.

Une même conclusion peut cependant être déduite des deux scores : une position postérieure du TM peut être observée dès le stade pré-néandertalien, comme l'ont déjà montré plusieurs auteurs (Trinkaus, 1993 ; Rosas, 1995).

L'ANOVA met en évidence une importante corrélation entre le score tm et la distance Id'-Go et à moindre titre la distance Go-P2. L'avancée de l'arcade associée au recul du TM par rapport aux dents se fait donc par rapport au canal mandibulaire, au condyle mandibulaire mais également au Gonion. Le développement postérieur du Gonion accompagnant l'avancée de l'arcade semble nettement moins important (voir absent) que celui observé chez l'homme actuel et le chimpanzé, les coefficients directeurs des droites Id'-TM'=f(score tm) et Id'-Go=f(score tm) étant respectivement de –0,64 et de –0,72, c'est à dire très voisins.

Ce fait est confirmé par la figure 53 : la droite représentant la position du Gonion par rapport au TM en fonction du score tm est presque horizontale (alors qu'elle diverge de l'horizontale chez *Homo sapiens*) ; le développement du gonion accompagnant l'avancée de l'arcade est donc très peu marqué chez les Néandertaliens.

L'augmentation de la longueur mandibulaire Go-Id' très significative est donc essentiellement le fait de l'avancée de l'arcade.

Un dernier fait ressort de l'observation des différents graphiques et données : les points relatifs à *Homo heidelbergensis* se situent tous sur la même tendance (droite) que les Néandertaliens, tout en se montrant fort éloignés des points relatifs à ces derniers. Il existe donc une même tendance évolutive (de notre point de vue) d'*Homo heidelbergensis* à *Homo néandertalensis*, mais la distinction en deux groupes distincts semble justifiée.

2.2.5- Synthèse et conclusion.

Ce travail montre que la position du TM par rapport aux dents est le résultat d'un mécanisme plurifactoriel intéressant la mandibule dans son intégralité.

Une constante se dégage : la position du TM par rapport aux dents est la manifestation locale de la position de l'arcade dentaire par rapport au canal mandibulaire.

Cette position relative peut varier de deux façon :

- soit par déplacement du canal mandibulaire par rapport à l'arcade, ce qui est observé chez les gorilles.
- Soit par déplacement de l'arcade par rapport au canal mandibulaire, ce qui est observé chez tous les Hominidés à partir de la lignée des chimpanzés.

Notons que chez le chimpanzé et les Hominidés, l'absence de variation du canal mandibulaire accompagnant le recul du TM par rapport aux dents ne peut rester pour l'instant qu'au stade de l'hypothèse : on n'observe simplement pas de corrélation significative entre la position du TM par rapport aux dents et une quelconque modification du canal mandibulaire (ce qui tend à favoriser notre hypothèse).

Chez le gorille, les variations du canal mandibulaire expliquent les divergences de position du TM par rapport aux dents, phénomène qui n'est plus observé chez les Hominidés « ultérieurs ».

Ceci est à mettre en rapport avec l'observation de Hildyard *et al* (1976), selon qui la courbe logarithmique du nerf mandibulaire s'ouvre avec la croissance chez les grands singes actuels (dans le cas présent, le gorille). Chez l'homme actuel, le nerf mandibulaire se stabilise précocement, observation confirmée par notre précédente étude (voir 2ème partie).

Des variations de croissance mandibulaire (par exemple, une croissance plus accentuée chez les mâles) pourraient donc expliquer les variations de taille et de position du canal mandibulaire observées chez le gorille. Chez l'homme actuel, le canal mandibulaire se stabiliserait très tôt au cours de la croissance et ne serait pas touché par les variations de croissance.

La tendance à la « robusticité » de la mandibule, observée avec le recul du TM par rapport aux dents, pourrait être due à un « excès » de croissance. Cette hypothèse se base sur le fait que chez l'homme actuel (voir 1ère partie), le TM recule par rapport aux dents au cours de l'ontogénèse. Or, chez l'adulte, la « robusticité » s'accompagne d'un TM postérieur.
Le canal mandibulaire resterait, lui, stable : sa croissance stoppe à la puberté (voir 2ème partie), il ne serait donc pas touché par une prolongation ou une accélération de la croissance.
Chez le gorille au contraire, la position antérieure du TM pourrait être due à un « excès » de croissance du triangle neural, propulsant ce foramen vers l'avant.

Si l'hypothèse se confirme, cela pourrait signifier qu'une modification du mode de développement mandibulaire est intervenue au cours de l'évolution entre l'émergence de la lignée *Gorilla* et celle de la lignée *Pan*, avec passage d'un développement prolongé du trigone neural à un développement stabilisé précocément. Au contraire, ce développement prolongé du trigone neural pourrait être l'apanage des gorilles seuls, une « autapomorphie ».
L'étude de lignées de primates précédant l'émergence de la lignée des gorilles sera nécessaire avant de pencher en faveur de l'une ou l'autre des possibilités.
Nous remarquerons enfin que du point de vue de notre sujet de travail, le chimpanzé semble remarquablement plus proche de l'homme que du gorille, observation déjà formulée dans l'étude précédente (voir 2ème partie).

Ce travail met en évidence un fait occulté par les autres études sur le sujet : le recul du TM par rapport à l'arcade s'accompagne d'un recul du gonion par rapport au reste de la mandibule. Ce phénomène pourrait s'expliquer par une notion mécanique liée à l'avancée de l'arcade par rapport au condyle mandibulaire, qui est observé avec le recul du TM. Plus le point d'application des forces (l'arcade) est éloigné du centre de rotation (région du condyle et de l'épine de Spix), plus la puissance musculaire dévolue à la mastication doit être importante. En effet, la force de mastication (pour une même puissance musculaire) décroît avec l'augmentation de la longueur mandibulaire (Hylander, 1985 ; Spencer et Demes, 1993)

selon le modèle du bras de levier. Or l'apophyse goniaque constitue la zone d'insertion de muscles élévateurs de la mandibule tels que le muscle masseter et le muscle ptérygoïdien médial. L'apophyse goniaque est dévolue à cette fonction et sa morphologie est sous sa dépendance : des muscles élévateurs puissants pourraient aboutir à une apophyse goniaque plus développée vers le bas et l'arrière (direction des muscles élévateurs). En retours, une plus grande longueur des muscles élévateurs (donc un développement vers l'arrière et le bas de l'apophyse goniaque), pourrait favoriser une plus grande puissance musculaire.

Cette augmentation de longueur des muscles élévateurs est en outre favorisée par l'augmentation de hauteur du ramus observée avec la projection antérieure de l'arcade chez *Homo sapiens*. De plus, une plus grande hauteur ramale élargi la surface d'attachement du masseter et du ptérygoïdien médial (Freeman, 1988). Selon Ward et Molnar (1980), un condyle projeté plus haut au-dessus du plan occlusal réduit la fatigue associée à la mastication en favorisant la distribution des forces occlusales au niveau des molaires et prémolaires.

L'augmentation du diamètre mésio-distal des molaires, observé chez l'homme actuel et le chimpanzé, aurait pour résultat une augmentation de la surface occlusale des molaires, exigeant elle aussi une augmentation de la puissance musculaire.

Enfin, il serait possible que l'augmentation de diamètre des molaires soit la source même de l'aspect « robuste » rencontré sur les mandibules au TM reculé (chez *Homo sapiens* et *Pan troglodytes*) : elle entraînerait une projection antérieure des dents situées devant elles afin d'augmenter l'espace disponible, les deux phénomènes ayant pour effet d'accroître la puissance musculaire d'où développement de l'apophyse goniaque.et augmentation de la hauteur ramale.

Il serait utile, à la lumière de cette hypothèse, d'étudier les relations entre le développement de l'apophyse coronoïde, elle aussi support d'insertions de muscles élévateurs (les muscles temporaux), avec la position du TM par rapport aux dents.

Cette étude, enfin, confirme la valeur du canal mandibulaire et de ses foramina en tant que référentiel d'étude ; en effet, la position du TM constitue un reflet du développement d'autres régions de la mandibule.

2.3- Etude de l'area perilingualis.

2.3.1- Introduction.

Comme nous l'avons vu dans notre première partie, Balogh et Csiba (1966) considèrent le FM, l'épine de Spix et le sillon mylo-hyoïdien comme formant un complexe anatomo-fonctionnel qu'ils nomment *area perilingualis*. La lingula et les bords du sillon mylo-hyoïdien répondent toutes deux à une même fonction d'insertion du ligament sphéno-mandibulaire, ce qui justifie selon nous leur regroupement au sein d'un même ensemble anatomo-fonctionnel. De ce point de vue, il nous a semblé logique d'adjoindre à l'étude de l'*area perinlingualis* celle d'une autre structure d'insertion du ligament sphéno-mandibulaire, l'*antilingula*, non mentionnée par les auteurs.

La morphologie du sillon mylo-hyoïdien, de l'antilingula et surtout de la lingula sont abondamment documentées dans la littérature (voir première partie) mais tous les travaux consultés, hormis celui de Balogh et Csiba (1966), étudient ces structures séparément et jamais simultanément au sein de l'*area perilingualis*. De plus, aucune étude ne se penche sur le problème du développement des structures de l'*area perilingualis* : est-il progressif au cours de l'ontogénèse ou est-il fixé dès la naissance ?
En effet, de nombreux travaux (Périer, 1934-1935) ; Depreux, 1958 ; Libersa *et al*, 1975 ; Tuli *et al*, 2000) s'attachent à mettre au point une classification morphologique de la lingula mais aucun ne cherche à mettre en relation morphologie et ontogénèse.
Les travaux portant sur l'antilingula sont en désaccord sur l'existence même de cette structure et de surcroît, aucun ne fait référence à son développement.
Enfin, la littérature portant sur le sillon mylo-hyoïdien et son recouvrement par une arche mylo-hyoïdienne est abondante (Ossenberg, 1974 a et b, 1981 ; Lundy, 1980 ; Kaul et Pathak, 1984 ; Swyer et Kiely, 1987 ; Manjunath, 2003) et se base dans tous les cas sur une classification dichotomique (absence ou présence d'arche mylo-hyoïdienne). Or, comme le

suggèrent Kaul et Pathak (1984), l'arche mylo-hyoïdienne peut varier d'une simple ébauche sur les berges du sillon mylo-hyoïdien à un tunnel complet du FM au corps mandibulaire.

Dès lors, ne serait-il pas possible d'élaborer une classification progressive du système d'operculation du sillon mylo-hyoïdien, basée là encore sur le développement ?

Le présent travail aura donc pour but d'étudier les trois structures de l'*area perilingualis* sous plusieurs axes :

- Leur *développement* au cours de l'ontogénèse,
- La mises au point d'une *classification progressive* de leur morphologie, basée sur le développement,
- L'étude des *relations* entre ces trois structures, du point de vue morphologique, dans l'optique d'une *étude globale* de l'*area perilingualis* faisant appel aux classifications progressives mises au point précédemment.

2.3.2- Matériel et méthode.

2.3.2.1- Matériel.

Notre travail fait appel aux mêmes collections ostéologiques d'Homo sapiens que dans les deux parties précédentes (pour les détails, se reporter à la deuxième partie).
Les critères d'inclusion sont les mêmes que dans la deuxième partie, auxquels s'ajoute l'absence de dégradation (fracture, abrasion) de la zone de l'*area perilingualis.*

Notre échantillon de mandibules immatures regroupe :

- 37 mandibules de populations modernes (Musée de l'Homme).
- 7 mandibules provenant de la population néolithique de Loisy-en-Brie (Laboratoire d'Anthropologie de la Faculté de Médecine de Marseille, UMR 6578).

Ces mandibules ont été classées par âge dentaire en 5 classes :

- 1 à 3 ans exclus : 9 mandibules.
- 3 à 6 ans exclus : 13 mandibules.
- 6 à 9 ans exclus : 11 mandibules.
- 9 à 21 ans : 11 mandibules (la classe 9-13 ans ne comprenant que 2 mandibules).

Notre échantillon de mandibules d'adultes, supposé résumer la diversité morphologique actuelle, regroupe 54 mandibules (108 côtés) d'hommes modernes de la collection ostéologique du Musée de l'Homme, de provenances géographiques diverses.

2.3.2.2- Méthode.

2.3.2.2.1- Prises de vues.

Le recueil de données est ici différent des deux parties précédentes et a fait appel à une photographie de la face interne des ramus droit et gauche de chaque mandibule. Certains reliefs très fins s'avérant difficiles à distinguer sur une photographie numérique, chaque cliché a été doublé par sécurité d'un schéma à main levée résumant toutes les structures observées.

2.3.2.2.2- Mise au point des classifications.

La mise au point d'une classification progressive des structures de l'*area perilingualis* fera tout d'abord appel à une *observation préliminaire* de tout le matériel utilisé, particulièrement des mandibules immatures (dans une optique développementale), afin de mettre en évidence les types morphologiques nécessaires à nos classifications, et dans le but d'effectuer une étude anatomique globale de l'*area perilingualis* au sein du ramus.

Les classifications seront ensuite mises au point par gradation des types morphologiques identifiés, en fonction de leur ordre d'apparition au cours du développement afin d'aboutir à des *classifications progressives basées sur le développement.*

La correspondance de ces classifications à la réalité sera enfin vérifiée par une étude exhaustive de *leur capacité à décrire toutes les morphologies rencontrées* dans le matériel.

2.3.2.2.3- Etude du développement.

Elle sera réalisée par une étude de répartition des effectifs des classifications en fonction des classes d'âge, afin d'en observer l'évolution.

2.3.2.2.4- Etude statistique chez l'adulte.

Elle sera menée selon deux axes :

- Un axe descriptif des *distributions de fréquences* au sein de chaque classification dans la population actuelle.
- Une étude des *relations éventuelles entre les différentes structures* codifiées par les classifications, au moyen de tests du Chi 2 d'indépendance : si l'hypothèse d'indépendance est rejetée (valeur de Chi 2 élevée et $p < 5\%$), il existe une relation entre les 2 variables étudiés. Ce test sera doublé d'une table "post-hoc" de contribution par cellules (logiciel Statview®) : cette table indique dans quelle mesure chaque cellule de la table de contingence contribue à la valeur de Chi 2 observée. Les valeurs pour chaque cellule étant calculées en suivant une distribution normale, une cellule présentant une valeur absolue supérieure à 1,96 sera considérée comme témoignant d'une relation significative entre les deux caractères.

2.3.3- Résultats.

2.3.3.1- Observations préliminaires.

Nos observations semblent mettre en évidence une structure de base, présente dès les premiers stades (figure 54) : le foramen mandibulaire lui-même. Il forme une ouverture nettement circulaire orientée vers le haut et l'arrière, et est dans les premiers stades du développement indemne d'annexes et operculations. Nous notons que cette structure semble être une constante toujours présente en filigrane quelque soit l'âge, derrière les annexe qui le recouvrent.

Figure 54: forme élémentaire de l'area perilingualis (enfant de 3 ans).

On observe que dans de nombreux cas, chez l'immature (figure 55), le bord antérieur du FM semble être dédoublé et comprendre deux lèvres :

- l'une, la plus externe, semble correspondre au bord antérieur (en tant que tel) du FM et à forme arrondie ouverte vers l'arrière. Elle interrompt le sillon mylo-hyoïdien et se prolonge par le fond de ce dernier.
- l'autre, la plus interne, semble se développer sur la précédente et se situe dans le prolongement exact du bord supérieur du sillon mylo-hyoïdien ainsi que du corps mandibulaire. Elle constitue le bord postérieur d'un relief peu saillant en forme de langue dont le bord inférieur est le sillon mylo-hyoïdien, sa pointe recouvre le bord

antérieur du FM et son bord supérieur, simple relief, semble prolonger le bord alvéolaire.

Figure 55 : Dédoublement du bord antérieur du FM.
Les deux flèches indiquent les deux lèvres du bord antérieur.
Ramus droit et ramus gauche.

L'apparence de dédoublement du bord antérieur s'observe quand la lèvre externe est antérieure à la lèvre interne. Dans le cas contraire, la lèvre interne recouvre et interrompt le contour de la lèvre interne (bord antérieur du FM) en le dépassant vers l'arrière pour former l'épine de Spix telle qu'elle est décrite classiquement. Dans ce cas, le relief en forme de langue décrit plus haut (que nous nommerons lame lingulaire) apparaît toujours, limité en bas par le bord supérieur du sillon mylo-hyoïdien, que prolonge postérieurement l'épine de Spix.

Nous considèrerons l'épine de Spix comme présente dès que la lamelle lingulaire dépasse postérieurement le bord antérieur du FM.

La lame lingulaire peut donc être classée selon son degré de développement postérieur :

- Un stade 1 correspondant à un bord postérieur de la lame lingulaire situé devant le bord antérieur du FM, avec une apparence de dédoublement de ca bord.

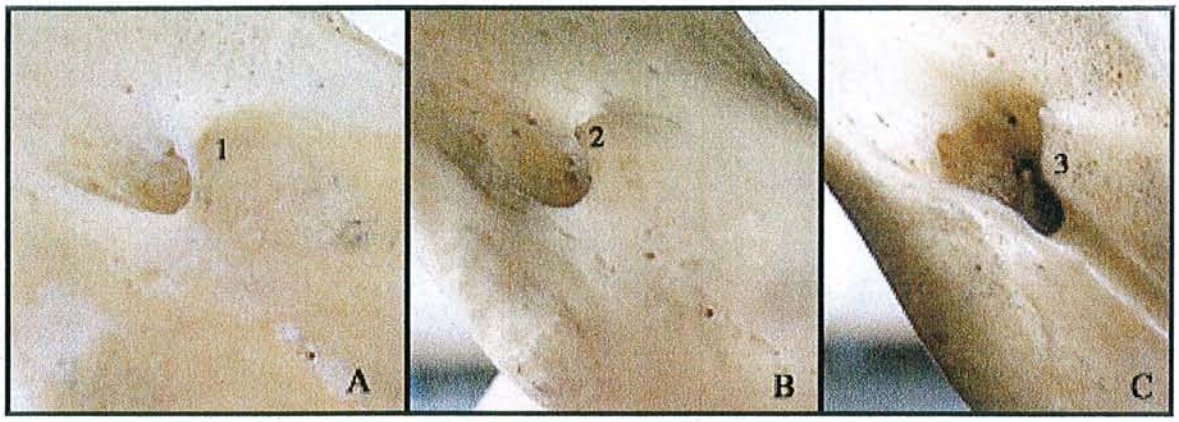


Figure 56 : Trois aspects de la lingula à pointe supérieure prédominante.
A : Tubercule lingulaire (1).
B : Epine supérieure (2)
C : Epine inférieure ne prédominant pas sur l'épine supérieure.

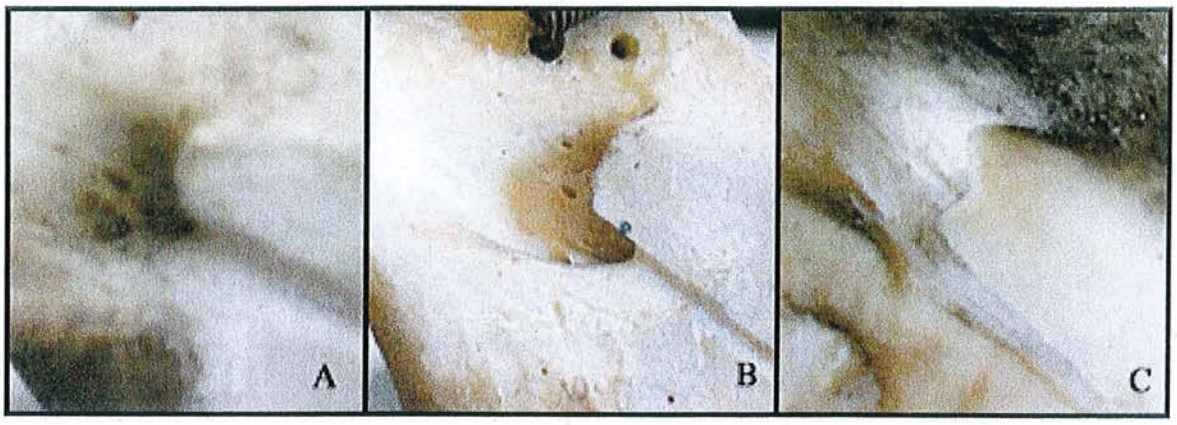


Figure 57 : Trois aspects de la lingula à forme en spatule.
A : Spatule arrondie. B : Spatule aplatie. C : Double pointe.

Figure 58: Lingula à pointe inférieure.

- Un stade 2 où le bord postérieur de la lame lingulaire est confondu avec le bord antérieur du FM.
- Un stade 3 où le bord postérieur de la lame lingulaire dépasse postérieurement le bord antérieur du FM. Nous remarquons que chez l'adulte, le développement postérieur semble très souvent plus poussé que chez les individus immatures, dépassant fréquemment le FM.

Le bord postérieur de la lame semble revêtir plusieurs formes, qui conditionnent la forme de l'épine de Spix :

- Une forme triangulaire ou en biseau à pointe postéro-supérieure ne recouvrant pas ou peu le FM. Le développement de la pointe supérieure semble connaître deux degrés : soit elle renforce la partie supérieure du bord antérieur du FM pour former un tubercule au dessus du FM, que nous nommerons tubercule lingulaire (figure 56 A), soit elle émet postérieurement une véritable épine (figure 56 B). La pointe postéro-inférieure, quand elle est présente, est soit confondue avec la jonction entre le bord antérieur du FM et le bord supérieur du sillon mylo-hyoïdien, soit empiète sur la zone du FM (Figure 56 C) sans toutefois prédominer sur l'épine supérieure.

- Une forme en spatule arrondie ou plate (figure 57 A et B), interrompant le contour du bord antérieur du FM et formant une épine de Spix arrondie dirigée vers le centre du FM ou légèrement au dessus, donc à direction plus inférieure que la forme précédente. Parfois la spatule semble développer deux ébauches de pointes inférieure et supérieure, *d'égal développement*, ce qui distingue cette forme des deux autres (Figure 57 C).

- Une forme triangulaire ou en biseau à pointe postéro-inférieure (la pointe postero-supérieure étant confondue avec le tubercule lingulaire), formant une épine recouvrant le FM et donnant l'aspect classique de la lingula (Figure 58).

Cette classification peut être résumée ainsi :

- Prédominance d'une épine supérieure.
- Pas de prédominance d'une épine inférieure ou supérieure.
- Prédominance d'une épine inférieure.

Nous remarquons que les deux premières morphologies semblent prédominantes chez l'enfant, alors que la troisième nous a semblé moins fréquente chez ce dernier.
Enfin, chez l'enfant, les épines semblent souvent plus émoussées que chez l'adulte.

Le développement de la lame lingulaire peut donc être appréhendé sous deux aspects, la position de son bord postérieur ainsi que sa morphologie. Ces deux aspects conditionnent la morphologie de l'épine de Spix, qui peut être classé en 4 catégories en fonction du développement de la lame lingulaire :

- Absence de Lingula et dédoublement du bord antérieur du FM.
- Simple tubercule lingulaire et bord antérieur du FM non interrompu.
- Epine supérieure ou lingula en biseau à pointe supérieure, correspondant à un développement postérieur plus important de la classe précédente.
- Lingula spatuliforme.
- Epine inférieure ou lingula en biseau à pointe inférieure.

La morphologie et même la présence de l'antilingula est très souvent incertaine ; il est parfois difficile de distinguer cette structure d'une crête d'insertion du ptérygoïdien médial (Figure 59 B), dont la zone d'insertion est directement sous jacente. Nous observons en outre que la structure que nous identifions comme antilingula constitue toujours un prolongement postérieur du bord inférieur du sillon mylo-hyoïdien (Figure 59 B). L'union de ces deux structure délimite clairement, sous elles, l'apophyse angulaire. Elle peut être dans le prolongement du bord du FM mais aussi s'en écarter vers le bas dans

les cas de sillon-mylo-hyoïdien largement évasé vers l'arrière et dont le bord inférieur s'éloigne du FM (Figure 59 B).

L'antilingula prend parfois une forme très saillante, une lame triangulaire dirigée vers la lingula, à base large (Figure 59 A).

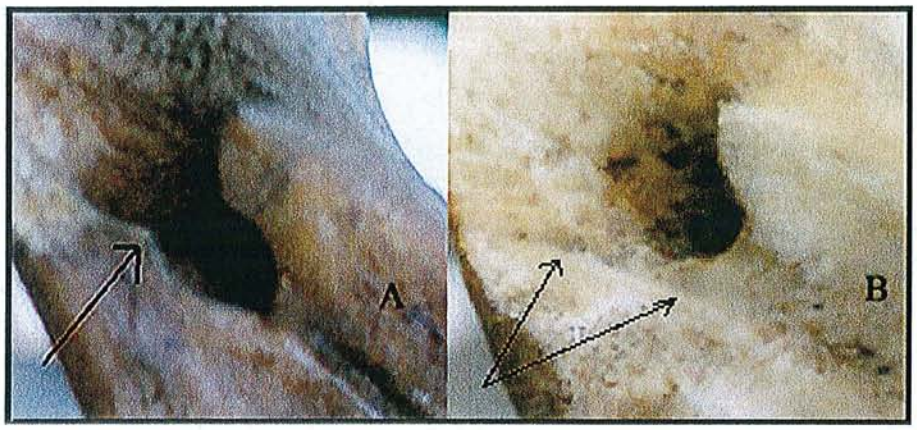


Figure 59: 2 aspects de l'antilingula.
A : Triangle à base large. B : Crête.

Le sillon mylo-hyoïdien présente différents stades de développement. Chez les spécimens les plus jeunes, il semble absent (Figure 60 A). Ultérieurement, il semble se présenter sous la forme d'un relief négatif, une vague excavation (Figure 60 B). On observe enfin dans les stades suivants un sillon bien marqué, une gouttière aplatie aux bords nets (Figure 60 C). Notons que le bord supérieur semble souvent plus nettement marqué que le bord inférieur.

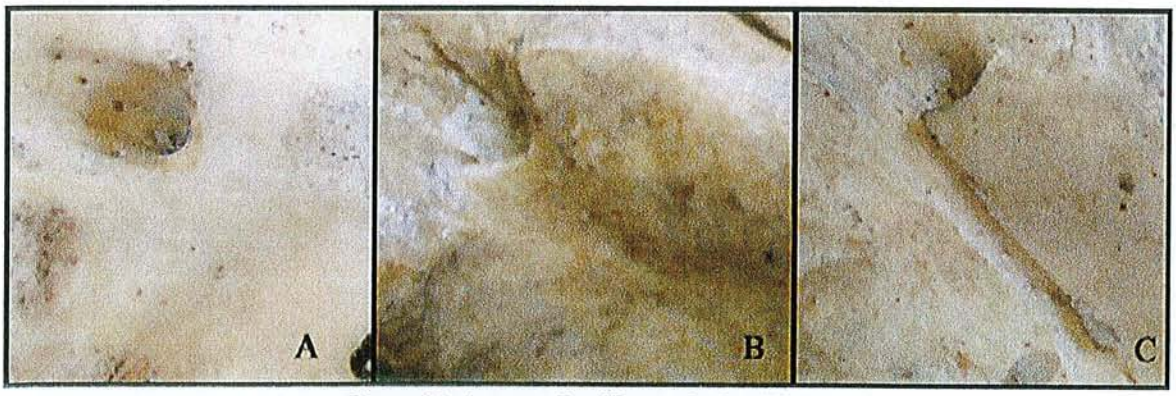


Figure 60: Aspects du sillon mylo-hyoïdien.
A : Absence. B : Relief négatif. C : Gouttière aplatie.

L'arche mylo-hyoïdienne semble présenter différents stades de développement, variant comme le montrent Kaul et Pathak (1984) d'une simple ébauche sur les berges du sillon mylo-hyoïdien à un tunnel complet (Figure 61 C). Nous avons observé dans certains cas de fines lamelles osseuses émergeant des bords du sillon mylo-hyoïdien, lui donnant un aspect « en dents de scie », ce qui correspondrait à une ébauche d'arche mylo-hyoïdienne (Figure 61 A). Cet aspect en dents de scie semble plus fréquent sur le bord supérieur du sillon mylo-hyoïdien. Dans des cas extrêmes, on observe deux lamelles se développant l'une vers l'autre sur le bord supérieur et le bord inférieur, ou une ossification marginale rejoignant presque le bord opposé, formant un tunnel incomplet (Figure 61 B). Cette morphologie est parfois associée à la présence d'une arche mylo-hyoïdienne à un autre niveau du sillon mylo-hyoïdien.

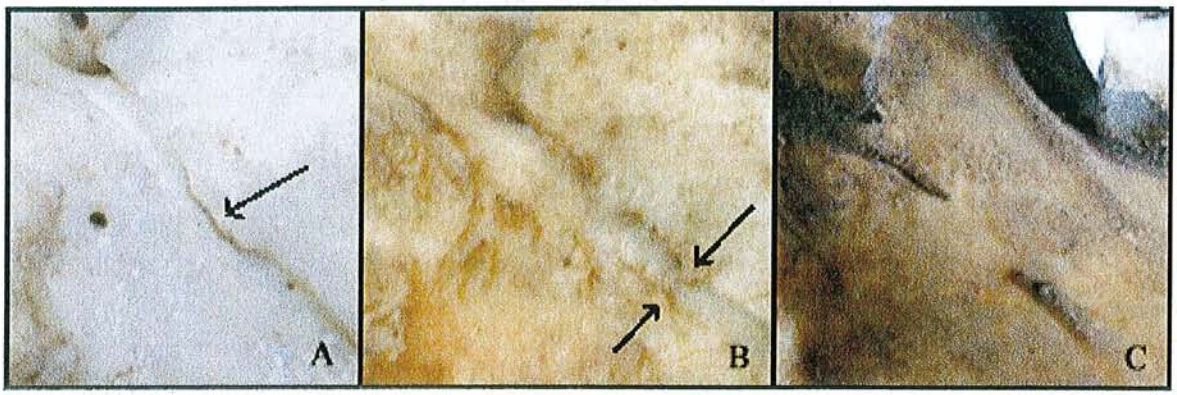


Figure 61 : Aspects de l'arche mylo-hyoïdienne.
A : Lamelle. B : Arche incomplète. C : Arche complète.

De telles lamelles sont parfois visibles sur l'antilingula ou en lieu et place d'elle (3602 G) et sur le bord antérieur du FM (le bord prolongeant le bord supérieur du sillon mylo-hyoïdien). Nous avons observé dans un cas une épine de Spix extrêmement fine, laissant entrevoir par transparence le FM (9595 D). Cette fine lame se situe dans le prolongement d'une lamelle de recouvrement du sillon mylo-hyoïdien, à tel point que ces deux

formations semble relever de la même entité se développant vers l'arrière et le bas en recouvrant le sillon mylo-hyoïdien et le FM.

Dans certains cas, l'antilingula et la lingula semblent converger l'une vers l'autre, formant une fente prolongeant le sillon mylo-hyoïdien (Figure 62 A). Dans ces cas, l'antilingula a une forme de triangle à base large.

Nous assimilons cette dernière morphologie à une forme incomplète d'HOFM.

Nous avons observé cet aspect doublé d'un aspect de lamelles en dents de scie se développant l'une vers l'autre sur la lingula et l'antilingula.

La forme incomplète d'HOFM a également été observée sur des mandibules présentant sur le ramus controlatéral une forme complète d'HOFM.

Une forme inhabituelle d'HOFM incomplète est formée d'une antilingula en crête vers laquelle converge une lingula papyracée extrêmement développée, en forme de "marteau" (Figure 62 B).

Dans certains cas d'HOFM (Figure 62 C), on peut encore percevoir, sous la forme d'une fente ou d'une fenestration dans l'arche mylo-hyoïdienne, la jonction entre la lingula et l'antilingula.

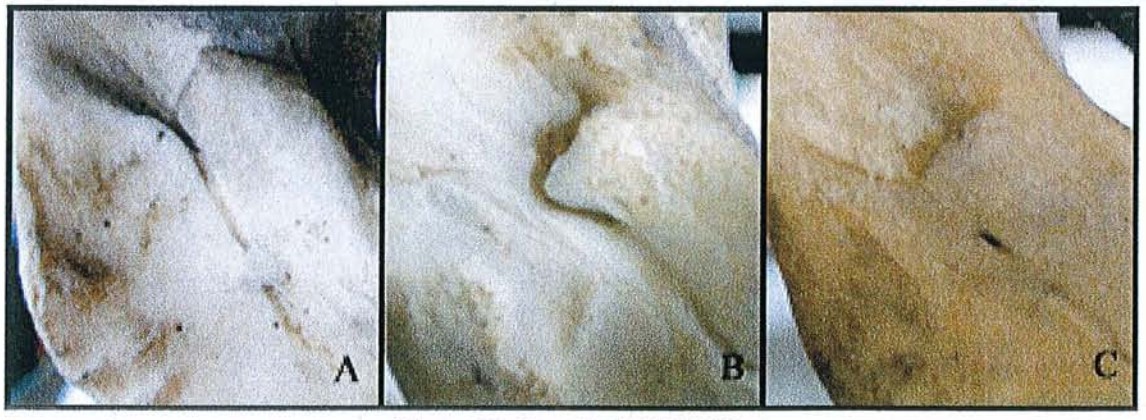


Figure 62: Aspects de l'HOFM.
A : forme incomplète par développement lingulaire et antilingulaire.
Noter l'association avec une arche mylo-hyoïdienne.
B : forme incomplète par développement lingulaire prédominant.
C : forme complète où la jonction entre la lingula et l'antilingula est encore visible.

Dans un cas d'extrême robusticité de l'area perilingualis, associant la présence d'un HOFM et d'une arche mylo-hyoïdienne couvrant la quasi-totalité du sillon mylo-hyoïdien, ceci de façon bilatérale, on observe :

- des reliefs d'insertion du muscle ptérygoïdien médial extrêmement marqués
- un angle goniaque très obtus
- un FM très postérieur au sein du ramus.

Il ressort enfin de nos observation que l'area perilingualis est formée d'un long sillon en entonnoir vers l'arrière, dans lequel est compris le FM (figure 63). Le bord supérieur de ce sillon semble émerger du corps mandibulaire en prolongeant la ligne mylo-hyoïdienne et son prolongement postérieur constitue la lame lingulaire, son bord inférieur semble émerger de l'apophyse angulaire.

Le sillon mylo-hyoïdien ne semble être que la partie antérieure de ce sillon.

Ce sillon constitue une sorte de frontière entre l'unité basale (le corps mandibulaire) et l'unité angulaire.

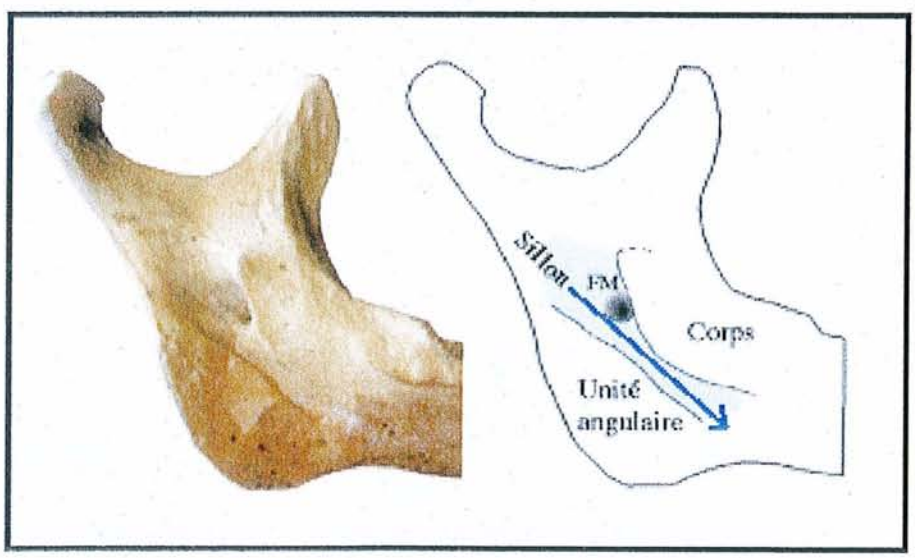


Figure 63 : Schématisation des régions de l'area perilingualis.

2.3.3.2- Mise au point des classifications.

De nos observations préliminaires découlent les classifications morphologiques de la lingula, l'antilingula et du sillon mylo-hyoïdien, basées (effectivement ou par déduction) sur le développement de ces structures. Ces classifications font appel à des variables ordinales ou scores.

2.3.3.2.1- Lingula.

Notre classification morphologique de la lingula prend en compte 2 points : le développement antéro-postérieur de ce que nous nommons lame lingulaire, ainsi que sa forme.

Classification du développement antéro-postérieur de la lame lingulaire :

- Score 1 : Bord postérieur de la lame lingulaire située devant le bord antérieur du FM.
- Score 2 : Bord postérieur de la lame lingulaire située au niveau du bord antérieur du FM.
- Score 3 : Bord postérieur de la lame lingulaire débordant postérieurement le bord antérieur du FM. Présence d'une lingula.

Classification des formes de la lame lingulaire :

- Score 1 : prédominance d'une épine supérieure.
- Score 2 : pas de prédominance d'une épine supérieure ou inférieure. Cette classe regroupe à la fois les épines en spatule ou les formes à double pointe.
- Score 3 : prédominance d'une épine inférieure.

2.3.3.2.2- Antilingula.

Classification des formes d'antilingulae :

- Score 0 : absence.
- Score 1 : crête.
- Score 2 : triangle à base large.

2.3.3.2.3- HOFM.

Il nous a semblé, d'après nos observations, de créer une catégorie dédiée à la forme horizontale-ovale du foramen mandibulaire. Même si cette structure semble formée à la fois par la lingula et l'antilingula, la prise en compte du développement de ces deux dernières ne suffit pas à résumer le développement de l'HOFM : en effet, lorsque l'HOFM est complète, il est souvent impossible de distinguer le développement respectif de la lingula et de l'antilingula ; à l'inverse, certaines formes incomplètes d'HOFM correspondent à un développement extrême de la lingula alors que l'antilingula est absente. Il n'est donc pas certain que la présence d'une HOFM corresponde toujours à un développement extrême de la lingula *et* de l'antilingula.
Ceci justifie la création d'une classification spéciale du développement de l'HOFM, plutôt que d'ajouter une classe "HOFM" aux classifications de la lingula et de l'antilingula.

Classification des formes d'HOFM :

- Score 0 : Absence.
- Score 1 : HOFM incomplète. Une fente interrompt la formation de l'HOFM.
- Score 2 : HOFM complète.

Remarque : quand l'HOFM est complète, la lingula et l'antilingula ne sont pas classifiées.

	Lame lingulaire					
	Morphologie			Développement		
Score	1	2	3	1	2	3
1-3 ans	66,67	33,33	0	22,22	44,44	33,33
3-6 ans	61,54	26,92	11,54	26,92	30,78	42,3
6-9 ans	77,27	13,64	9,09	13,64	40,91	45,45
9-21 ans	36,36	27,27	36,36	9,09	90,91	0
Adultes	50,48	22,85	26,67	0	16,2	83,8

Tableau 31 : Distribution des scores de morphologie et de développement de la lame lingulaire en fonction des classes d'âge. Les résultats sont exprimés en pourcentages.

	Antilingula			HOFM		
Score	0	1	2	0	1	2
1-3 ans	44,44	55,55	0	100	0	0
3-6 ans	50	50	0	100	0	0
6-9 ans	31,82	63,64	4,54	95,45	4,55	0
9-21 ans	31,82	59,09	9,09	90,91	9,09	0
Adultes	36,2	49,5	14,3	88,89	6,48	4,63

Tableau 32 : Distribution des scores de développement de l'antilingula et de l'HOFM en fonction des classes d'âge. Les résultats sont exprimés en pourcentages.

	Sillon mylo-hyoïdien						
	Développement			AMH			
Score	0	1	2	0	1	2	3
1-3 ans	16,67	55,55	27,78	100	0	0	0
3-6 ans	19,23	69,23	11,54	96,15	3,85	0	0
6-9 ans	0	50	50	86,36	13,64	0	0
9-21 ans	0	9,09	90,01	59,09	40,91	0	0
Adultes	0	12,96	87,04	32,4	50	11,1	6,5

Tableau 33: Distribution des scores de développement du sillon mylo-hyoïdien et de l'AHM (arche mylo-hyoïdienne) en fonction des classes d'âge. Les résultats sont exprimés en pourcentages.

2.3.3.2.4- Sillon mylo-hyoïdien.

Le système de classification du sillon mylo-hyoïdien prend à la fois en compte le développement de ce sillon et celui de son système d'operculation ou arche mylo-hyoïdienne.

Classification du développement du sillon mylo-hyoïdien :

- Score 0 : Absence.
- Score 1 : Relief négatif.
- Score 2 : Gouttière.

Classification du développement de l'arche mylo-hyoïdienne :

- Score 0 : Absence.
- Score 1 : Ebauches par lamelles sur les bords du sillon.
- Score 2 : Tunnel incomplet, interrompu par une fente.
- Score 3 : Tunnel complet.

2.3.3.3- Etude du développement de l'area perilingualis.

Les résultats de l'étude de l'area perilingualis chez l'immature au moyen du système de classification mis au point précédemment sont présentés en annexe 14.
Ces résultats nous permettent d'analyser l'évolution ontogénique des distributions de fréquences au sein de chaque classification, au moyen des tableaux 31, 32, 33 et de diagrammes (figure 64).

Ces diagrammes montrent qu'il existe, au cours de l'ontogénèse, une nette tendance à l'accentuation des reliefs de l'area perilingualis : les scores de développement marqué (2

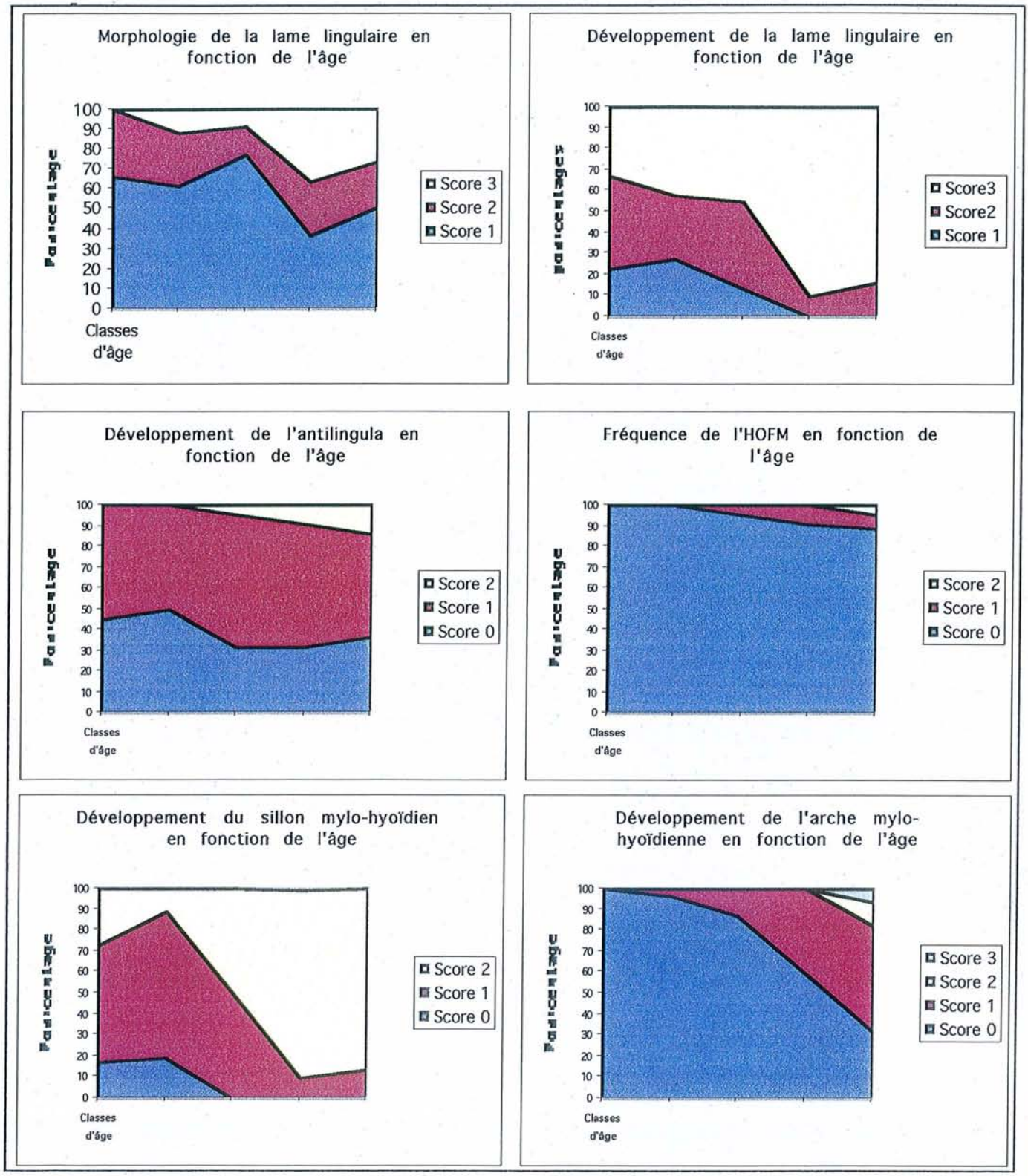


Figure 64 : Evolution des fréquences des scores de l'area perilingualis au cours de l'ontogénèse. Les classes d'âge successives correspondent chacune à une graduation de l'axe des abcisses : 1-3 ans, 3-6 ans, 6-9 ans, 9-21 ans, adultes.

voir 3 pour l'arche mylo-hyoïdienne) augmentent en fréquence, tandis que les scores correspondant à un faible développement des structures baissent en fréquence. Ce phénomène est valable pour toutes les structures et est particulièrement marqué pour le développement du sillon mylo-hyoïdien. On note enfin une tendance très régulière au développement de l'arche mylo-hyoïdienne ; les scores 2 et 3 (arche incomplète et complète) n'apparaissant qu'à l'âge adulte.

En outre, nous observons que les classifications mises au point précédemment ont bien permis de classer tous les cas de figure rencontrés dans notre échantillon de mandibules immatures.

Le développement de la lame lingulaire au cours de l'ontogénèse donne lieu à une double observation :

- Du point de vue du développement horizontal : augmentation de fréquence des lames lingulaires à bord postérieur reculé, diminution de fréquence des lames à bord postérieur situé au niveau du bord antérieur du FM, disparition de celles à bord postérieur situé en avant du bord antérieur du FM.

Du point de vue de la morphologie : augmentation de fréquence des lingulae à épine inférieure prédominante, diminution de fréquence des lingulae à épine supérieure prédominante. D'après ces fréquences, on observerait donc dans une certaine proportion de cas (environ un quart), à une "descente" de la pointe de la lingula au cours de l'ontogénèse. La proportion de lames lingulaires sans épine prédominante resterait, elle, relativement stable.

2.3.3.4- Etude des distributions de fréquence chez l'adulte.

Les distribution de fréquences des scores des différentes structures sont présentées dans le tableau suivant.

Nous observons que les classifications mises au point précédemment ont permis de classer tous les cas de figure rencontrés dans notre échantillon de mandibules adulte.

Structures et scores	Fréquence (%)	Structures et scores	Fréquence (%)
Lame lingulaire		*HOFM*	
		0	88,89
Morphologie		1	6,48
1	50,48	2	4,63
2	22,85		
3	26,67	*Sillon mylo-hyoïdien*	
Développement		*Développement*	
1	0	0	0
2	16,2	1	12,96
3	83,8	2	87,04
Antilingula		*Arche mylo-hyoïdienne*	
0	36,2	0	32,4
1	49,5	1	50
2	14,3	2	11,1
		3	6,5

Tableau 34: Distribution de fréquences des scores des différentes structures de l'area perilingualis.

2.3.3.5- Relations de développement entre les différentes structures.

Les résultats des tests du Chi 2 d'indépendance (doublés des tables de contribution par cellules) entre les scores des différentes structures sont présentés en annexe 15.

Par ordre d'importance du Chi 2, les variables associées au *développement lingulaire* sont : le développement du sillon mylo-hyoïdien (Chi 2= 62,671), la

morphologie de la lame lingulaire (48,236), le développement de l'arche mylo-hyoïdienne (26,388) et le développement de l'antilingula (17,436).

Le développement lingulaire est donc en relation :

- positive et importante avec le développement du sillon mylo-hyoïdien.
- Positive et importante avec la morphologie lingulaire. Un score 1 de développement lingulaire semble relativement incompatible avec une morphologie à épine inférieure prédominante (score 3 ; contribution négative), un score 2 semble associé à une morphologie à épine supérieure, un score 3 semble relativement incompatible avec une morphologie à épine supérieure, mais associé plus volontiers à une épine inférieure ou, dans une moindre mesure, une morphologie sans épine prédominante.
- Positive avec le développement de l'arche mylo-hyoïdienne, uniquement dans les scores bas (0 et 1). Pour les scores 2 et 3 (c'est à dire arche mylo-hyoïdienne incomplète ou complète), les contributions par cellules ne sont pas significatives.
- Positive avec le développement de l'antilingula. Comme le montre la table de contribution par cellule, un faible développement de l'antilingula (score 0) est en relation positive avec un faible développement de la lame lingulaire (scores 1 et 2) et négative avec un fort développement (score 3). A l'inverse, les scores 1 et 2 de développement antilingulaire sont en relation positive avec le score 3 de développement lingulaire.

Par ordre d'importance du Chi 2, les variables associées à la variable "morphologie de la lame lingulaire" sont : le développement de l'arche mylo-hyoïdienne (Chi 2 = 22,684), le développement du sillon mylo-hyoïdien (21,251) et le développement de l'antilingula (15,7).

La morphologie de la lame lingulaire (d'une épine haute à une épine basse) est donc en relation :

- positive avec le développement de l'arche mylo-hyoïdienne. Une arche mylo-hyoïdienne complète semble plus volontiers associée à une lingula de morphologie

"moyenne" (sans épine prédominante) et relativement incompatible avec une épine haute ; sa relation avec une morphologie à épine basse n'est pas significative (nombre de cas insuffisants). Une épine basse semble plus volontiers associée à une arche mylo-hyoïdienne incomplète et relativement incompatible avec l'absence d'arche.

- Positive avec le développement du sillon mylo-hyoïdien : plus l'épine de la lingula est basse, plus le sillon a tendance à être profond, marqué.
- Positive avec le développement de l'antilingula.

Le développement de l'antilingula est lui même associé positivement au développement de l'arche mylo-hyoïdienne (Chi 2=34,652) et au développement du sillon mylo-hyoïdien (20,519).

Enfin, le développement de l'HOFM est associé positivement au développement de l'arche mylo-hyoïdienne (37,704), de même que le développement du sillon mylo-hyoïdien (40,83).

2.3.4- Discussion.

2.3.4.1- Classification des structures de l'area perilingualis.

Tous les cas de figure rencontrés dans nos échantillons de mandibules immatures et adultes ont trouvé une correspondance dans nos classifications. Ces classifications pourraient donc être considérées comme de bonne représentations de la réalité. Cependant, une étude de répétabilité et de reproductibilité devra être menée avant de l'affirmer.
En outre, notre étude de l'ontogénèse montre que ces classifications correspondent dans leur gradation au développement de l'area perilingualis.

2.3.4.2- Lingula.

Nos observations préliminaires tendent à montrer, nous l'avons vu, que la lingula ne serait en fait que le bord postérieur d'une structure plus étendue, émergeant du corps de la mandibule et limitée inférieurement par le bord supérieur du sillon mylo-hyoïdien : la lame lingulaire. Cet opinion est d'ailleurs compatible avec les données embryologiques : en effet, au cours de l'embryogénèse, le noyau mandibulaire principal (corps mandibulaire) émet postérieurement une apophyse spatuliforme dont la limité inférieure correspond au sillon mylo-hyoïdien et le bord postérieur préfigure la lingula (Wissmer, 1927 ; Bollobas, 1982).

Notre étude de l'ontogénèse montre que le bord postérieur de la lame lingulaire semble progresser vers l'arrière au cours du développement tandis que sa pointe postérieure semble effectuer une descente dans environ un quart des cas. La lingula évolue donc au cours de l'ontogénèse et sa morphlogie n'est pas fixée dès la naissance, comme nous le pensions dans la première partie. Cette observation rend donc plausible l'hypothèse de

Gaspard (1978), selon qui la formation de la lingula (et de l'antilingula) pourrait résulter, comme l'arche mylo-hyoïdienne, d'une ossification post-natale de la lame vasculaire d'Hovelacque et Virenque. Cette ossification pourrait s'effectuer sous contrôle génétique ou environemental.

Les classifications de la morphologie et du développement de la lame lingulaire peuvent être réunies en une seule classification :

- Stade 0 : lame lingulaire antérieure au bord antérieur du FM. Absence de lingula. Stade absent chez l'adulte, uniquement présent chez l'immature.
- Stade 1 : lame lingulaire superposée au bord antérieur du FM sans toutefois le dépasser postérieurement. Absence de lingula. Représente 16,2 % des cas chez l'adulte. Ce stade ne présente que des lame lingulaire à épine supérieure (*le reste des lingulae à épine supérieure est donc représenté par le stade* 2).

Dans les stades suivants, la lame lingulaire dépasse postérieurement le bord antérieur du FM.

- Stade 2 : lingula à épine supérieure prédominante. 34,28 % des cas chez l'adulte.
- Stade 3 : lingula sans prédominance d'une épine supérieure ou inféreure. 22,85 % des cas chez l'adulte. On y distingue :
    - Les formes en spatule arrondie.
    - Les formes en spatule aplatie.
    - Les formes en double épine.
- Stade 4 : lingula à épine inférieure prédominante. 26,67 % des cas chez l'adulte.

Le stade 1 correspondrait, dans sa description, au type spixien "effacé" proposé par Depreux (1958). Sa fréquence (16,2 %) correspond d'ailleurs à celle rapportée par cet auteur (15 %).

Notre distinction, dans le stade 3, de formes en spatule arrondie, aplatie ou en double épine rappelle point par point la description par Tuli *et al* (2000) de 3 catégories de *lingulae tronquées* :

- convexes vers l'arrière (spatules arrondies)
- à bord droit (spatule aplatie)
- concaves (à double épine, supérieure et inférieure).

La fréquence des lingulae tronquées (15,8 %) chez ces auteurs n'est d'ailleurs pas en contradiction avec celle des lames lingulaires de stade 3 (22,85 %).

2.3.4.3- Antilingula.

Les observations préliminaires font apparaître un doute quant à l'existence même de cette structure. Comme le montre l'étude statistique, elle est représentée dans la plupart des cas (quand elle n'est pas absente) par une crête. Or nous n'avons pu distinguer cette crête du bord supérieur de l'apophyse angulaire, d'un prolongement postérieur du sillon mylo-hyoïdien et / ou plus probablement de la crête ptérygoïdienne, livrant insertion à l'aponévrose interptérygoïdienne (Laison, Gaudy, 1993). L'antilingula n'aurait donc pas d'existence propre dans 85,7 % des cas. Elle ne serait réellement présente, par son aspect caractéristique en triangle à base large, que dans une minorité de cas.

Cette conformation, absente avant 6 ans, voit sa fréquence augmenter très régulièrement au cours du développement pour atteindre 14,3 % des cas chez l'adulte. Cette fréquence diverge fortement des conclusions de Yates *et al* (1976), Langston et Tebo (1977), Martone *et al* (1993), travaux dont les conclusions divergent d'ailleurs entre elles (voir première partie).

Ainsi, le présent travail ne fait qu'accentuer l'incertitude entourant l'antilingula.

2.3.4.4- Sillon mylo-hyoïdien.

On constate un approfondissement du sillon mylo-hyoïdien au cours du développement. Au fur et à mesure, ses bords se feraient de plus en plus marqués et acérés et le sillon aurait tendance, d'après nos observations préliminaires, à être de plus en plus étroit relativement au reste de l'area perilingualis.
Paraléllement, le développement voit l'apparition progressive, dans certains cas, d'une arche mylo-hyoïdienne. Il se pourrait que cette structure se développe sur un mode d'ossification lamellaire depuis les bords et convergeant d'un bord à l'autre pour former, à l'extrême, un pont complet au-dessus du sillon. Selon les individus, le processus s'arrêterait à un stade plus ou moins avancé.
En outre, l'accentuation des bords du sillon mylo-hyoïdien, son rétrécissement ainsi que le processus conduisant à la formation de l'arche mylo-hyoïdienne pourraient résulter d'un même processus d'ossification marginale puisqu'on observe une augmentation successive des sillon mylo-hyoïdiens puis arches mylo-hyoïdiennes développés.

Enfin, notre classification de l'arche mylo-hyoïdienne se détourne de la classique classification dichotomique utilisées dans tous les travaux consultés (voir première partie). Cette classification montre que cette structure, si l'on comptabilisé ses formes ébauchées et incomplètes, est beaucoup plus fréquente que ne le montre les travaux sur le sujet : on observe une fréquence de 67,6 % chez l'adulte. Cette observation pourrait remettre en cause l'opinion selon laquelle l'arche mylo-hyoïdienne serait un trait génétique (Ossenberg, 1974a) ainsi que son utilisation (dans sa classification dichotomique) en tant qu'outil anthropologique : en effet, nous constatons comme Kaul et Pathak (1984) qu'elle peut varier d'une simple ébauche à un pont complet. Ainsi, l'arche mylo-hyoïdienne ne représenterait pas un caractère, un phénotype isolé, mais le développement extrême d'une structure très variable.

Cependant, la fréquence des arches mylo-hyoïdiennes complètes (6,5 %) observées dans notre échantillon est compatible avec la plupart des travaux (Ossenberg, 1974a ; Sawyer et al, 1990 ; Kaul et Pathak, 1984 ; Manjunath, 2003 obtiennent des fréquences tout à fait voisines).

De même, nous n'observons pas d'arche mylo-hyoïdienne complète avant l'âge de 21 ans, en concordance avec Ossenberg (1974a) qui n'en observe pas avant 12 ans (son échantillon étant plus important que le nôtre). Cependant, cette affirmation est, comme nous l'avons vu, à nuancer : cette structure est présente, dans ses formes incomplètes et ébauchées, dès l'enfance. Son développement s'accentuerait en outre avec l'âge, jusqu'à l'âge adulte ou, selon Ossenberg (1974a), on n'observe plus de variation avec l'âge. Il ne s'agirait donc pas, comme l'affirme cet auteur, d'une structure dont le développement est déclenché par la puberté, mais au développement continu pendant l'ontogénèse.

2.3.4.5- Approche globale de l'area perilingualis.

L'area perilingualis ne constitue donc pas un assemblage de structures hétérogènes et isolées mais bel et bien un seul ensemble comme le pensent Balogh et Csiba (1966), et ce à trois points de vue : anatomique, développemental et fonctionnel.

D'un point de vue anatomique, l'observation de cette zone tend à montrer qu'il s'agit d'une seule et même structure formant un sillon orienté de bas en haut et d'avant en arrière, ouvert en entonnoir dans sa partie postérieure, dans laquelle se situe le FM (voir figure 63). Les structures essentielles de l'area perilingualis, celles déterminant sa morphologie et sa fonction seraient les bords de ce sillon. Ces bords appartiennent :

- Pour le bord supérieur, au corps mandibulaire ou unité basale par son prolongement postérieur, la lame lingulaire, persistance de l'apophyse spatuliforme. Le bord supérieur

est constitué de la lingula et du bord supérieur du sillon mylo-hyoïdien. Ces 2 éléments n'auraient donc pas d'individualité propre mais relèveraient de la même structure.

- Pour le bord inférieur, à l'unité angulaire. Ce bord inférieur serait formé de la crête ptérygoïdienne ou de l'antilingula, et du bord inférieur du sillon mylo-hyoïdien.

Le sillon serait ainsi une frontière très nette entre deux structures anatomo-fonctionnelles différentes d'après la subdivision établie par Moss (1968) : l'unité basale et l'unité angulaire.

D'un point de vue ontogénique, on constate que les 3 structures qui composent l'area perilingualis (lingula, antilingula, sillon mylo-hyoïdien et ses annexes) ont un développement coordonné entre elles. Le développement de ces structures tend à s'accentuer avec la croissance ; la lingula (ou lame lingulaire) tend à se développer vers l'arrière et sa pointe vers le bas avec l'âge ; les antilingula marquées apparaissent au cours du développement ; le sillon tend à devenir de plus en plus étroit et profond et ses bords développent des formations osseuses lamellaires qui peuvent aller jusqu'à la formation d'un tunnel. Ces différents phénomènes ne se produiraient pas de façon isolée, mais pourraient résulter d'un même processus, l'ossification périphérique des bords du sillon décrit plus haut, structures essentielles de l'area perilingualis.

D'un point de vue fonctionnel enfin, la revue de la littérature nous montre que les bords du sillon, rassemblant toutes les structures de l'area perilingualis, concourent à une seule et même fonction : l'insertion du système aponévrotique interptérygoïdien réunissant en un même ensemble l'aponévrose interptérygoïdienne elle-même, le ligament sphéno-mandibulaire et la lame vasculaire d'Hovelacque et Virenque (1913). Cet ensemble, s'insérant à la fois à la base du crâne et à la mandibule, est sollicité par les mouvements mandibulaires. Ainsi, une sollicitation importante pourrait accentuer le développement de l'ensemble de l'area perilingualis, par une ossification des bords du sillon. L'ossification de ces bords peut à la fois être responsable de l'apparition d'une antilingula, d'une lingula à

épine inférieure, d'une arche mylo-hyoïdienne voire d'une HOFM. Cependant, ces conformations n'apparaissent nécessairement pas en même temps chez le même individu et les associations de conformations peuvent varier d'un individu à l'autre en fonction des modes de sollicitations.

En effet, la région du foramen mandibulaire, par l'intermédiaire du ligament sphéno-mandibulaire, constitue le centre de rotation du condyle mandibulaire pendant la deuxième partie de l'ouverture buccale (Ramfjord et Ash, 1966 ; Moss,1959 ; Hayward *et al*, 1977). Quoiqu'il en soit, cette notion de centre de rotation montre qu'il existe une répartition différente des forces selon la région de l'area perilingualis. En fonction de la morphologie générale de la mandibule, la localisation précise de ce centre de rotation, et donc la répartition des forces sera différente au sein de l'area perilingualis selon les individus, d'où des morphologies variables. On peut en effet emettre l'hypothèse d'une ossification membraneuse de certaines zones de l'area perilingualis sous sollicitation.
Par exemple, si la zone la plus sollicité (localisation du centre de rotation ?) se situe à l'aplomb du FM, on peut supposer probable l'apparition d'une HOFM afin de supporter les forces qu'une longue lingula et / ou antilingula ne pourrait supporter. Si la zone la plus sollicitée est plus antérieur, il pourrait y avoir une tendance à la formation d'une arche mylo-hyoïdienne.
De même, le développement vers l'arrière de la lame lingulaire au cours de la croissance pourrait résulter de la croissance de la mandibule qui entraîne le FM vers l'avant alors que le centre de rotation du condyle ne suit pas le même mouvement. D'où un déplacement relatif du bord postérieur de la lame lingulaire par rapport au bord antérieur du FM, qui tend à s'en rapprocher.
Une étude précise de la mécanique mandibulaire dans la région du ramus en corrélation avec la morphologie de l'area perilingualis serait à ce titre riche d'informations.

2.3.5- Conclusion.

L'area perilingualis est donc un ensemble anatomo-fonctionnel et développemental homogène où la distinction de structures isolées n'aurait qu'un intérêt descriptif mais ne correspondrait pas à une réalité.

Il est à noter que le FM, bien que situé au sein de cet ensemble, n'en est absolument pas un constituant puisque ne répondant pas à la même fonction. On observe d'ailleurs que sa morphologie, visible chez le jeune enfant, est stable et toujours perceptible en filigrane derrière les différentes operculations que l'area perilingualis fait apparaître devant lui par la suite. Ce fait démontre de nouveau que le canal mandibulaire et le FM qui en fait partie n'appartiennent pas à l'enveloppe mandibulaire mais plutôt à son "cœur", et est en cela indemne de sollicitations de l'environement, dont les sollicitations ligamentaires.

L'area perilingualis, au contraire, fournit l'exemple type d'une structure appartenant à l'enveloppe mandibulaire et sous influence de l'environement musculaire et ligamentaire.

Enfin, la confusion qui existe entre FM et épine de Spix, particulièrement dans les méthodes de repérage, n'a pas lieu d'être : il s'agit, comme on le voit ici, de deux structures radicalement différentes dans leur origine et dans leur fonction.

Conclusions

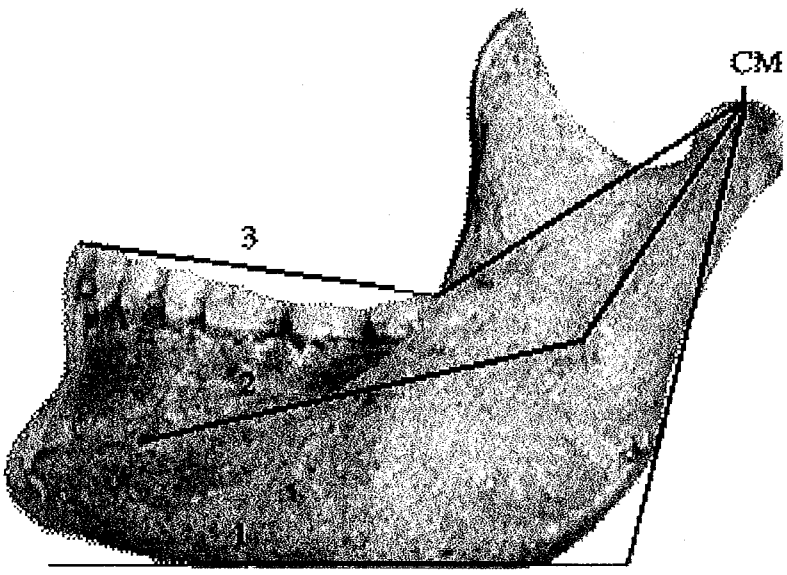


Figure 65 : découpage schématique de la mandibule en trois trigones : 1. Trigone musculaire. 2. Trigone neural. 3. Trigone masticatoire.

La mandibule apparaît donc comme une structure composite comprenant une partie musculaire, une partie neurale centrale ; ce travail nous permet en outre de distinguer une troisième partie, la structure masticatoire comprenant l'arcade dentaire et le condyle mandibulaire. Il est possible de distinguer ces trois structures sous trois angles ; leur rôle, leur fonctionnement et leur variabilité :

- la structure musculaire offre insertion aux muscles périmandibulaires et est en cela conditionné par les forces, les tensions environnementales s'exerçant sur l'appareil manducateur ; ce qui explique sa grande variabilité. Ce point ressort du chapitre 2.1 mais aussi du chapitre 2.3 par la variabilité de l'area perilingualis.
- la structure neurale constitue l'os entourant directement le nerf mandibulaire, dont la stabilité et l'influence primordiale sur la morphogénèse mandibulaire explique en retours la stabilité de cette structure osseuse.
- La structure masticatoire ne peut être envisagée ici qu'à partir d'hypothèses. Elle serait conditionnée par sa dynamique particulière et la morphologie de l'arcade dentaire, déterminisme qui ne nous permet pas de nous prononcer vers sa stabilité ou sa variabilité puisque dépendant à la fois de facteurs endogènes (morphologie dentaire) et de facteurs exogènes (l'alimentation, le stress de l'appareil manducateur). Certains indices dans ce travail nous permettent cependant de pencher vers la stabilité de cette structure, tels que la stabilité du segment Id'-CM ou celle de l'angulation du plan masticatoire par rapport à la verticale chez les Hominidés, telle que l'ont rapportée Delattre et Fenart (1960).

La mandibule peut donc être schématisée sagittalement par trois structures triangulaires, trois « équerres » superposées, de haut en bas : la structure musculaire interne, la structure neurale centrale, la structure masticatoire supérieure (voir figure 65), reliées par à un même point (CM).

La défintion précise de ces trigones, telle que nous l'avons utilisée dans ce travail pour les trigones périphérique et interne, est sujette ici à dicussion.
En effet, le trigone périphérique est défini antérieurement par le point Id', projection sur le plan horizontal du point *Infradentale*. Or ce point dépend plutôt de la structure masticatoire ; l'étude du trigone musculaire en tant que tel (et non le trigone périphérique) nécessite donc la définition d'un nouveau point antérieur, tâche compliquée par la présence d'un menton chez l'homme actuel et son absence chez les autres Hominidés.
Comme nous l'avons vu dans notre seconde partie, le trigone interne pourrait être quant à lui avantageusement défini postérieurement par un autre point que le point CM, qui ne reflète pas aussi parfaitement sa nature neurale que le ferait le point *foramen ovale*.

Les trois structures peuvent enfin être envisagées sous un quatrième angle, celui des relations qu'ils nouent entre eux.
Notre première partie met en évidence une diminution de la hauteur de l'os alvéolaire au cours de l'évolution, avec élévation relative du foramen mentonnier (et par extension, du canal mandibulaire) : ce fait traduit un rapprochement de la structure masticatoire de la structure neurale. Elle pose également la question des relations entre la structure masticatoire et le voisinage du point FM (et non le point FM lui même comme cela prête souvent à confusion) par l'intermédiaire de l'area perilingualis. Celle-ci jouerait en effet un rôle essentiel dans la dynamique manducatrice puisque livrant insertion au ligament sphéno-mandibulaire. La grande stabilité du segment CM-FM, apparaissant dans notre seconde partie, est-elle ainsi à mettre sur le compte de la structure neurale ou de l'appartenance de l'épine de Spix au système manducateur ? La dualité de la zone du FM (de nature neurale *et* masticatoire par l'épine de Spix) est enfin au centre du chapitre 2.3.
Une perspective intéressante serait d'envisager la structure masticatoire non pas comme un trigone mais comme un quadrilatère comprenant le condyle mandibulaire, l'épine de Spix (ou une structure renforcée de l'area perilingualis) ainsi que deux points, antérieur et postérieur, définissant l'arcade dentaire.

Le chapitre 2.1 montre une forte corrélation entre les segments Id'-CM (dépendant étroitement de la structure masticatoire) et TM-CM (appartenant à la structure neurale), segments par ailleurs les plus prédictifs des autres dimensions de ces trigones.
Le chapitre 2.2, enfin, étudie les relations entre la structure neurale et la structure masticatoire par la loupe des relations entre le foramen mentonnier et l'arcade dentaire.

L'angle des relations entre les trois structures pourrait, pour finir, être étudié grâce à la mesure des variabilités et corrélations de tous les segments possibles entre les neuf points définissant nos trois triangles.

Ce travail nous a permis de mettre en lumière le rôle essentiel que joue le nerf mandibulaire dans la croissance de l'os éponyme. La revue de la littérature met en évidence son rôle de tuteur, de « câble directeur » de la croissance, ainsi que sa relative stabilité au cours de cette dernière. Le chapitre 2.1, tout en confirmant cette stabilité, montre également un schéma de croissance du trigone neural tout à fait distinct du reste de la mandibule, avec en particulier une cessation de la croissance à partir de la puberté.
Nous pouvons émettre l'hypothèse selon laquelle la croissance mandibulaire aurait deux composantes : l'une sous dépendance neurale, l'autre sous dépendance périphérique, aux schémas de développement bien distincts. La première correspondrait à la croissance du « cœur » mandibulaire et imprimerait une base de développement au reste de la mandibule, base à laquelle la seconde surajouterait sa propre croissance, celle de « l'enveloppe ». Ainsi, deux mécanismes de croissance différents s'additionneraient.
Le chapitre 2.2 permet d'étendre (au stade de l'hypothèse) ce raisonnement aux gorilles. L'important développement de la mandibule chez cette espèce pourrait s'expliquer par l'addition du développement de l'enveloppe à un développement du cœur plus important que chez l'homme (par exemple, se prolongeant après la puberté).
En d'autres termes :

- La grande taille de la mandibule du gorille par rapport à celle de l'homme pourrait s'expliquer par une hypermorphie de sa portion neurale, c'est à dire un taux de croissance supérieur et un développement accentué dans le sens d'une ouverture de la courbe logarithmique du nerf mandibulaire.
- La petite taille de la mandibule de l'homme par rapport à celle du gorille pourrait s'expliquer par une hypomorphie de sa portion neurale, c'est à dire une croissance stoppant à la puberté et un développement (évolution de la conformation au cours de l'ontogénèse) nul dès la naissance c'est à dire sans ouverture de la courbe logarithmique, et conservation de la conformation initiale (ce que montre bien le développement homothétique du triangle neural mis en évidence dans la deuxième partie).

Ce travail ouvre donc des perspectives sur une méthode d'étude architecturale de la mandibule basée sur la structure neurale adjointe aux deux autres composantes mandibulaires (musculaire et masticatoire) et des relations qu'elles nouent entre elles. Ce travail s'inscrirait dans des perspectives notamment développementales et évolutives (ou les deux en même temps, par l'étude des *hétérochronies*), et pourrait s'appuyer sur la méthode validée et utilisée dans le présent travail (mesures sur photographies numériques standardisées), mais aussi sur d'autres telles que la téléradiographie ou la tomodensitométrie. Cette dernière méthode permettrait de plus une étude tridimensionnelle des mandibules. En effet, l'étude du canal mandibulaire dans le plan sagittal s'avérant riche en informations, il serait logique d'étendre son étude aux trois dimensions de l'espace.

Annexes

ANNEXE 1 : Catalogue des pièces fossiles mentionnées

Taxon *(et ancienne terminologie)*	dénomination	lieu de découverte	Age
Australopithecus afarensis	AL 277-1	Afar locality, Ethiopie	
	AL 288-1 "Lucy"	Afar locality, Ethiopie	3,2 MA
	AL 333	Afar locality, Ethiopie	3,2 MA
	AL 444-2	Afar locality, Ethiopie	3 MA
	LH 4	Laetoli, Tanzanie	3,5 MA
Australopithecus africanus	MLD 18	Makapangsgat, Afrique du sud	
	MLD 2	Makapangsgat, Afrique du sud	
	MLD 22	Makapangsgat, Afrique du sud	
	MLD 29	Makapangsgat, Afrique du sud	
	MLD 40	Makapangsgat, Afrique du sud	2,8-2,3 MA
	Sts 14	Sterkfontein, Afrique du sud	2,5 MA
	Sts 36	Sterkfontein, Afrique du sud	
	Sts 5 "Mrs Ples"	Sterkfontein, Afrique du sud	
	Sts 52	Sterkfontein, Afrique du sud	
	STW 14	Sterkfontein, Afrique du sud	2,5 MA
	STW 404	Sterkfontein, Afrique du sud	
	"Taung baby"	Taung, Afrique du sud	3-2,5 MA
Plesianthropus transvaalensis	TM 1512	Sterkfontein, Afrique du sud	
Paranthropus aethiopicus	KNM-WT-17000	Est Turkana, Kenya	2,5 MA
Paranthropus robustus	SK 12 A	Swartkrans, Afrique du sud	
	SK 23	Swartkrans, Afrique du sud	
	SK 61 / FSK 18-11275	Taung, Afrique du sud	
	SK 64	Swartkrans, Afrique du sud	
Paranthropus crassidens	SK 6	Swartkrans, Afrique du sud	
	SKW 5	Swartkrans, Afrique du sud	750000 ans
	TM 1517-113	Kromdrai, Afrique du sud	2 MA
Paranthropus boisei	KNM-ER 403	Lac Turkana, Kenya	
	KNM-ER 406	Lac Turkana, Kenya	1,2 MA
	KNM-ER 729	Lac Turkana, Kenya	
	KNM-ER 732	Lac Turkana, Kenya	1,7 MA
	L 7 a	Omo, Ethiopie	
	L 74 a	Omo, Ethiopie	
Zinjanthropus boisei	OH 5	Olduvai gorge, Tanzanie	1,8 MA
Homo rudolfensis	KNM-ER 1470	Lac Turkana, Kenya	1,9 MA
Homo habilis	KNM-ER 1805	Lac Turkana, Kenya	1,85 MA
	KNM-ER 1813	Lac Turkana, Kenya	1,8-1,9 MA
	KNM-ER 729	Turkana, Kenya	
	L7 a	Omo, Ethiopie	
	L74 a	Omo, Ethiopie	
	OH 13	Olduvai gorge, Tanzanie	1,7 MA
	OH 16	Olduvai gorge, Tanzanie	1,7 MA
	OH 24	Olduvai gorge, Tanzanie	1,8 MA
	OH 62	Olduvai gorge, Tanzanie	1,8 MA
	OH 7	Olduvai gorge, Tanzanie	1,9 MA
	OH 8	Olduvai gorge, Tanzanie	1,8 MA

	Omo 57	Omo, Ethiopie	
Homo ergaster	OH 9	Olduvai gorge, Tanzanie	1,2 MA
	KNM-ER 3733	Lac Turkana, Kenya	1,7 MA
	KNM-ER 992	Lac Turkana, Kenya	1,5 MA
	KNM-WT 15000	Lac Turkana, Kenya	1,6 MA
	SK 847	Swartkrans, Afrique du sud	
Homo erectus	99.1-2183	Zhoukoudian, Chine	
Atlanthropus mauritanicus	Atlanthropus 1 & 2	Carrière Thomas, Maroc	400000 ans
	Thomas 1	Carrière Thomas, Maroc	400-300000
Sinanthropus pekinensis	CKN G1(reconstitution)	Zhoukoudian, Chine	400-350000
	"Peking man"		
	KNM-BK 67	Kenya	
	OCH8-11297	Chine	500-230000
	OH 12	Olduvai gorge, Tanzanie	800-600000
	OH 22	Olduvai gorge, Tanzanie	
Pithecanthropus erectus	Pithecanthropus I	Java	700000 ans
	Pithecanthropus VIII		
	Sangiran 17	Java	1,7-0,8 MA ?
Meganthropus palaeojavanicus	Sangiran 6	Java	500000 ans
Homo heidelbergensis	Arago 2,13, NM	Tautavel, France	400000 ans
	Atapuerca	Espagne	800-300000
	"Heidelberg Man"	Heidelberg, Allemagne	700-400000
	Mauer	Mauer, Allemagne	730000 ans
	Montmaurin	France	190-130000
Homo neanderthalensis	Amud 1	Israël	45000 ans
	Archi (enfant)	Italie	
	Banolas	Espagne	90000 ans
	Bau de l'Aubesier	France	
	Cariguela	Espagne	
	Circeo	Mont Circé, Italie	38-70000
	Gibraltar 2 (enfant)	Espagne	
	Ehringsdorf	Allemagne	130000 ans
	Kebara	Israël	60000 ans
	Krapina G, D, E, H, J	Krapina, Croatie	100-35000
	La Chaise H 13	France	150000 ans
	La Chapelle Aux Saints	France	50000 ans
	La Ferrassie	France	50-38000
	La Naulette	France	
	La Quina	France	35-30000
	Le Moustier	France	70-38000
	Malarnaud	France	
	Pech de l'Aze (enfant 2 ans)	Dordogne, France	
	Petit-Puymoyen	Charente, France	
	Régourdou	France	80000 ans
	Roc de Marsal (enfant 3 ans)		
	Saint-Césaire	France	35000 ans
	Shanidar 1	Shanidar, Irak	60-45000 ans
	Spy 1 et 2	Spy d'Orneau, Belgique	40-70000
	Tabun 1	Israël	100000 ans
	Teshik Tash (enfant 9 ans)	Ouzbekistan	70000 ans
	Vindija	Croatie	42000 ans
	Zaffaraya	Espagne	27000 ans
Homo sapiens archaïque	COH 1/"rhodesian man"	Makapansgat, Afrique du sud	
	Petralona 1		

	Rabat	Maroc	300-175000
H. anatomiquement moderne	Abri Pataud	France	30000 ans
	BC 2	Border Cave, Afrique du sud	125000 ans
	Fish Hoek	Afrique du Sud	120000 ans
	Ihroud	Jebel Ihroud, Maroc	120-80000
	Qafzeh	Israël	100-90000
	Skhul 1,3,4,5.	Israël	120-40000
	Solutré	France	18-15000
	X 80, X 81	Trou du Frontal, France	13000 ans

ANNEXE 2 : Provenance géographique des Homo sapiens modernes (collections du Musée de l'Homme).

mandibule	sexe	provenance
569	F	MARQUISES
1457	F	MARTINIQUE
2308	F	ALLEMAGNE
2317	F	EGYPTE
4442	F	SUEDE
4966	F	SENEGAL
6555	F	ARGENTINE
9204	F	N. CALEDONIE
9205	F	N. CALEDONIE
9229	F	N. CALEDONIE
9595	F	MALI
9981	F	MARIANNES
17458	F	ROUMANIE
17464	F	ROUMANIE
17507	F	ROUMANIE
17508	F	ROUMANIE
17560	F	GUATEMALA
17575	F	MONGOLIE
18442	F	VANUATU
19234	F	TURQUIE
20413	F	GROENLAND
20509	F	GABON
20510	F	CONGO
20511	F	CONGO
21393	F	ITALIE
24625	F	CHINE
26776	F	Irlande
28418	F	GUATEMALA

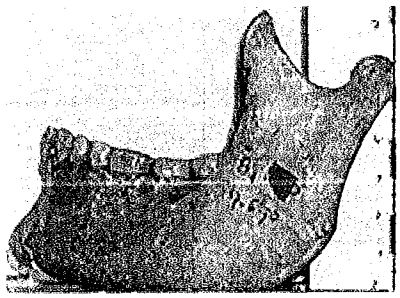
mandibule	sexe	provenance
1507	M	AUSTRALIE
2307	M	ALLEMAGNE
2337	M	EGYPTE
2338	M	EGYPTE
2339	M	EGYPTE
2902	M	SENEGAL
4443	M	SUEDE
4459	M	AUSTRALIE
4791	M	MARIANNES
9240	M	N. CALEDONIE
9274	M	N. CALEDONIE
9848	M	VANUATU
9978	M	MARIANNES
17420	M	HONGRIE
17455	M	ROUMANIE
17506	M	ROUMANIE
17509	M	ROUMANIE
17559	M	GUATEMALA
17695	M	ITALIE
17698	M	RUSSIE
17884	M	CENTRAFRIQUE
20392	M	GROENLAND
20500	M	GABON
20501	M	CONGO
22931	M	MALI
24669	M	CHINE
24705	M	CHINE
28410	M	MARTINIQUE
28419	M	GUATEMALA
28422	M	GUATEMALA

ANNEXE 3 : Photographies sagittales de mandibules

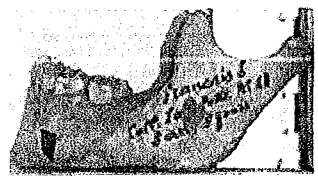
1- Espèces actuelles.

Tous les specimens sont présentés à la même échelle.

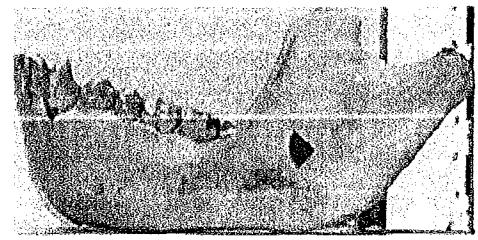
1



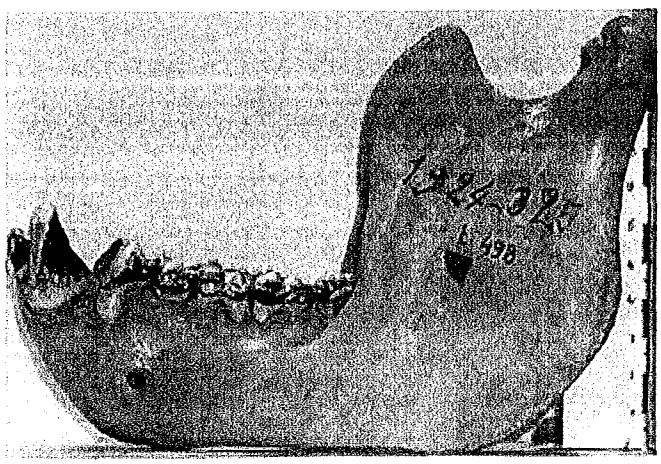
2



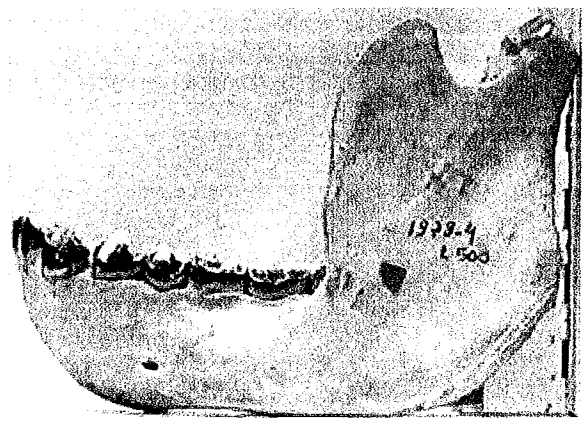
3



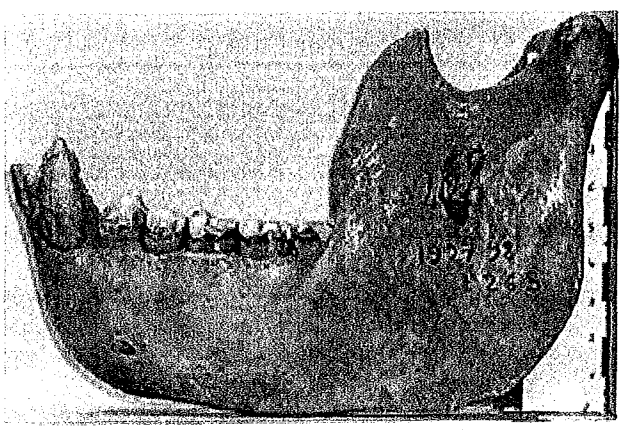
4



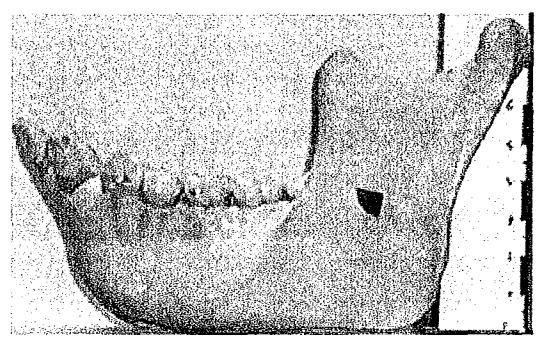
5



6



7



1- *Homo sapiens* adulte.
2- *Homo sapiens* âgé de 5 ans.
3- *Pan troglodytes.*
4- *Gorilla gorilla* mâle.
5- *Gorilla gorilla* femelle.
6- *Pongo pygmaeus* mâle.
7- *Pongo pygmaeus* femelle.

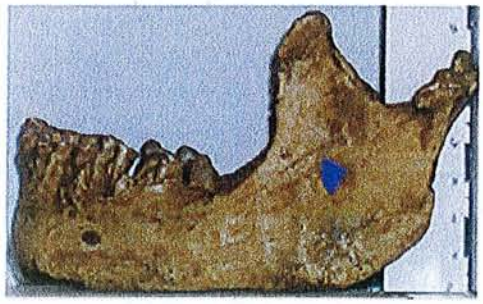
2- Espèces fossiles.

1

2

3

4



1- *Australopithecus africanus* (Sts 36).
2- *Homo ergaster* (KNM-WT 15000).
3- *Homo erectus* (Ckn G1).
4- *Homo neanderthalensis* (La Ferrassie).

ANNEXE 4 : FIABILITE DE LA MESURE

1- Longueur mandibulaire.

mandibule	L mand	L photo	moy L mand-Lphoto	ΔL	
AAK	10,4	10,44	10,42	-0,04	
B1 10	10,4	10,34	10,37	0,06	
B1 8	10,45	10,52	10,485	-0,07	
B2 15	10,5	10,4	10,45	0,1	
B2 22	9,9	9,9	9,9	0	
B2 34	9,5	9,6	9,55	-0,1	
B3 17	10,35	10,36	10,355	-0,01	
B3 18	10,85	10,9	10,875	-0,05	
B3 20	9,95	9,97	9,96	-0,02	
B4 13	11	11	11	0	
B4 36	9,5	9,62	9,56	-0,12	
B5 16	10,9	10,94	10,92	-0,04	
B5 24	9,62	9,75	9,685	-0,13	
B5 78	9,75	9,65	9,7	0,1	
B6 10	10	9,93	9,965	0,07	
B6 2	10,5	10,43	10,465	0,07	
C2 11	9,4	9,57	9,485	-0,17	
C2 18	9,9	9,74	9,82	0,16	
C2 19	10,1	10,02	10,06	0,08	
C2 21	10	10,08	10,04	-0,08	
C2 26	9,55	9,57	9,56	-0,02	
C2 27	9,6	9,67	9,635	-0,07	
C2 28	10,6	10,72	10,66	-0,12	
C2 37	10,1	10,2	10,15	-0,1	
C2 38	9,25	9,1	9,175	0,15	
C3 15	10,5	10,42	10,46	0,08	
C3 20	10,3	10,28	10,29	0,02	
C3 27	9,55	9,4	9,475	0,15	
C3 39	10,4	10,41	10,405	-0,01	
C4 36	9,8	9,74	9,77	0,06	
C5 17	9,1	9,12	9,11	-0,02	
			-		+
Moyenne				-0,0022581	
Intervalle de confiance			-0,035		0,031
Ecart-type				0,08917061	
limite supérieure				0,17608316	
Intervalle de confiance			0,11		0,23
limite inférieure				-0,1805993	
Intervalle de confiance			-0,23		-0,122

L : longueur totale de la mandibule.

L mand : longueur mesurée au mandibulomètre

ΔL : différence entre la mesure au mandibulomètre et la mesure photographique

Les données sont exprimées en centimètres.

2- Hauteur mandibulaire.

mandibule	H mand	H photo	moy H mand-H photo	ΔH	
AAK	5,7	5,62	5,66	0,08	
B1 10	6,2	6,25	6,225	-0,05	
B1 8	4,75	4,76	4,755	-0,01	
B2 15	7,3	7,28	7,29	0,02	
B2 22	5	4,96	4,98	0,04	
B2 34	4,9	4,97	4,935	-0,07	
B3 17	5,8	5,82	5,81	-0,02	
B3 18	5,7	5,68	5,69	0,02	
B3 20	4,7	4,64	4,67	0,06	
B4 13	6,8	6,7	6,75	0,1	
B4 36	3,75	3,8	3,775	-0,05	
B5 16	3,75	3,77	3,76	-0,02	
B5 24	3,6	3,58	3,59	0,02	
B5 78	6,5	6,54	6,52	-0,04	
B6 10	5,9	5,87	5,835	0,03	
B6 2	4,8	4,7	4,75	0,1	
C2 11	3,8	3,77	3,785	0,03	
C2 18	4,6	4,45	4,525	0,15	
C2 19	4,7	4,73	4,715	-0,03	
C2 21	4,6	4,67	4,635	-0,07	
C2 26	6,45	6,37	6,41	0,08	
C2 27	5,5	5,52	5,51	-0,02	
C2 28	5,5	5,44	5,47	0,06	
C2 37	6	6,04	6,02	-0,04	
C2 38	5,4	5,52	5,46	-0,12	
C3 15	5,7	5,75	5,725	-0,05	
C3 20	5,2	5,33	5,265	-0,13	
C3 27	5,1	5,13	5,115	-0,03	
C3 39	5,3	5,22	5,26	0,08	
C4 36	4,1	4,2	4,15	-0,1	
C5 17	4	3,9	3,95	0,1	
			-		+
Moyenne				0,00387097	
Intervalle de confiance			-0,022		0,029
Ecart-type				0,07022238	
limite supérieure				0,14431573	
Intervalle de confiance			0,099		0,18
limite inférieure				-0,1365738	
Intervalle de confiance			-0,18		0,09

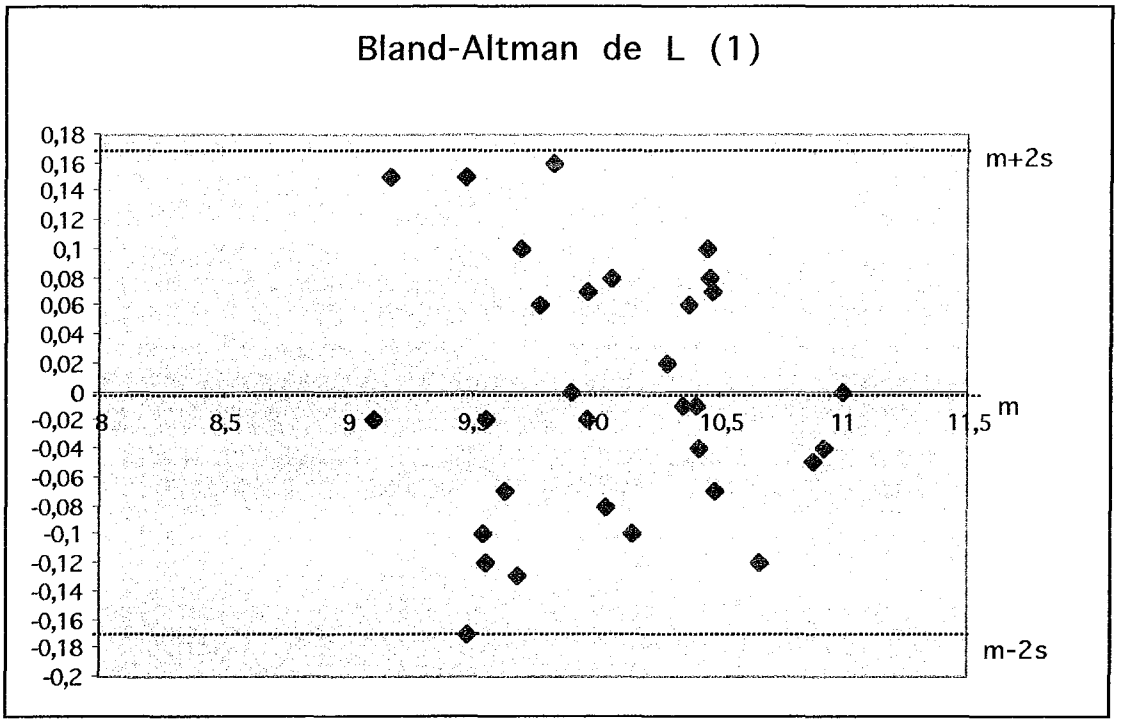
H : hauteur de la mandibule.

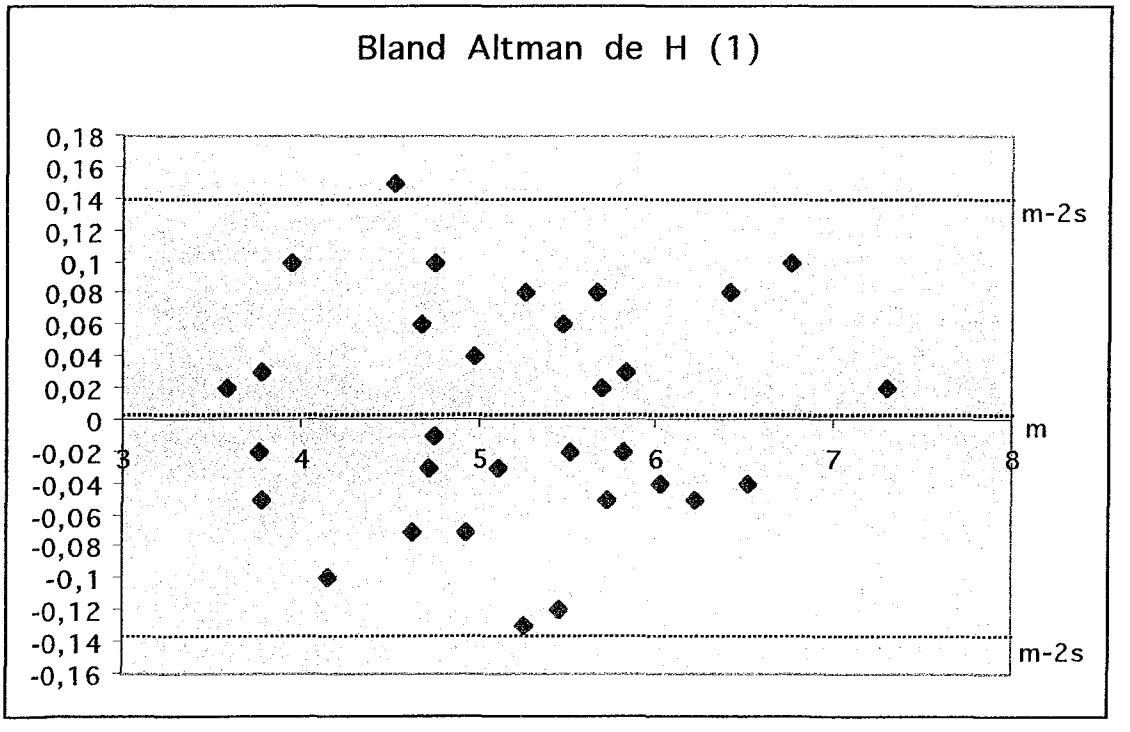
H mand : hauteur mesurée au mandibulomètre

ΔL : différence entre la mesure au mandibulomètre et la mesure photographique

Les données sont exprimées en centimètres.

3- Diagrammes d'accord de Bland-Altman.





ANNEXE 5 : REPETABILITE

1- Examinateur 1.

1.1- Mesure de la longueur mandibulaire.

mandibule	L photo 1-1	L photo 1-2	moyenne L	ΔL	
B1 10	10,34	10,45	10,395	-0,11	
B2 15	10,4	10,37	10,385	0,03	
B2 22	9,9	9,81	9,855	0,09	
B2 34	9,6	9,7	9,65	-0,1	
B3 18	10,9	10,93	10,915	-0,03	
B3 20	9,97	9,93	9,95	0,04	
B4 36	9,62	9,52	9,57	0,1	
B5 16	10,94	10,92	10,93	0,02	
B5 24	9,75	9,75	9,75	0	
B5 78	9,65	9,6	9,625	0,05	
B6 10	9,93	9,98	9,955	-0,05	
B6 2	10,43	10,4	10,415	0,03	
C2 18	9,74	9,79	9,765	-0,05	
C2 21	10,08	10,05	10,065	0,03	
C2 38	9,1	9,17	9,135	-0,07	
C3 15	10,42	10,47	10,445	-0,05	
C3 27	9,4	9,42	9,41	-0,02	
C4 36	9,74	9,7	9,72	0,04	
C5 17	9,12	9,21	9,165	-0,09	
			-		+
Moyenne				-0,0073684	
intervalle de confiance			-0,0373684		0,02263158
ecart-type				0,06059721	
limite supérieure				0,113826	
intervalle de confiance			0,061826		0,165826
limite inférieure				-0,1285628	
intervalle de confiance			-0,1805628		-0,0765628

L photo 1-1 : première mesure photographique de la longueur mandibulaire par le premier examinateur.
L photo 1-2 : deuxième mesure par le premier examinateur.
L'échantillon utilisé étant inférieur à 30 individus, l'écart-type calculé est l'écart-type estimé de la population.
Les données sont exprimées en centimètres.

1.2- Mesure de la hauteur mandibulaire.

mandibule	H photo 1-1	H photo 1-2	moyenne H	ΔH	
B1 10	6,25	6,24	6,245	0,01	
B2 15	7,28	7,3	7,29	-0,02	
B2 22	4,96	4,89	4,925	0,07	
B2 34	4,97	4,9	4,935	0,07	
B3 18	5,68	5,68	5,68	0	
B3 20	4,64	4,66	4,65	-0,02	
B4 36	3,8	3,85	3,825	-0,05	
B5 16	3,77	3,79	3,78	-0,02	
B5 24	3,58	3,58	3,58	0	
B5 78	6,54	6,55	6,545	-0,01	
B6 10	5,87	5,85	5,86	0,02	
B6 2	4,7	4,78	4,74	-0,08	
C2 18	4,45	4,4	4,425	0,05	
C2 21	4,67	4,67	4,67	0	
C2 38	5,52	5,56	5,54	-0,04	
C3 15	5,75	5,68	5,715	0,07	
C3 27	5,13	5,12	5,125	0,01	
C4 36	4,2	4,2	4,2	0	
C5 17	3,9	3,85	3,875	0,05	
			-		+
Moyenne				0,00578947	
intervalle de confiance			-0,0142105		0,02578947
ecart-type				0,04069344	
limite supérieure				0,08717634	
intervalle de confiance			0,05217634		0,12217634
limite inférieure				-0,0755974	
intervalle de confiance			-0,1105974		-0,0405974

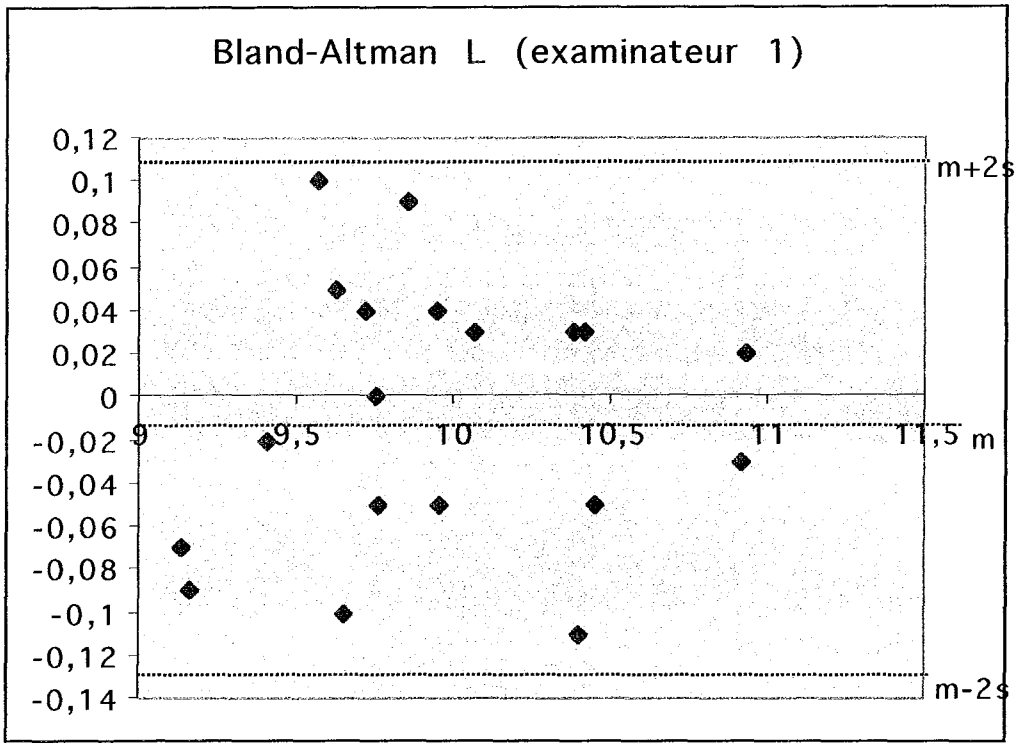
H photo 1-1 : première mesure photographique de la hauteur mandibulaire par le premier examinateur.

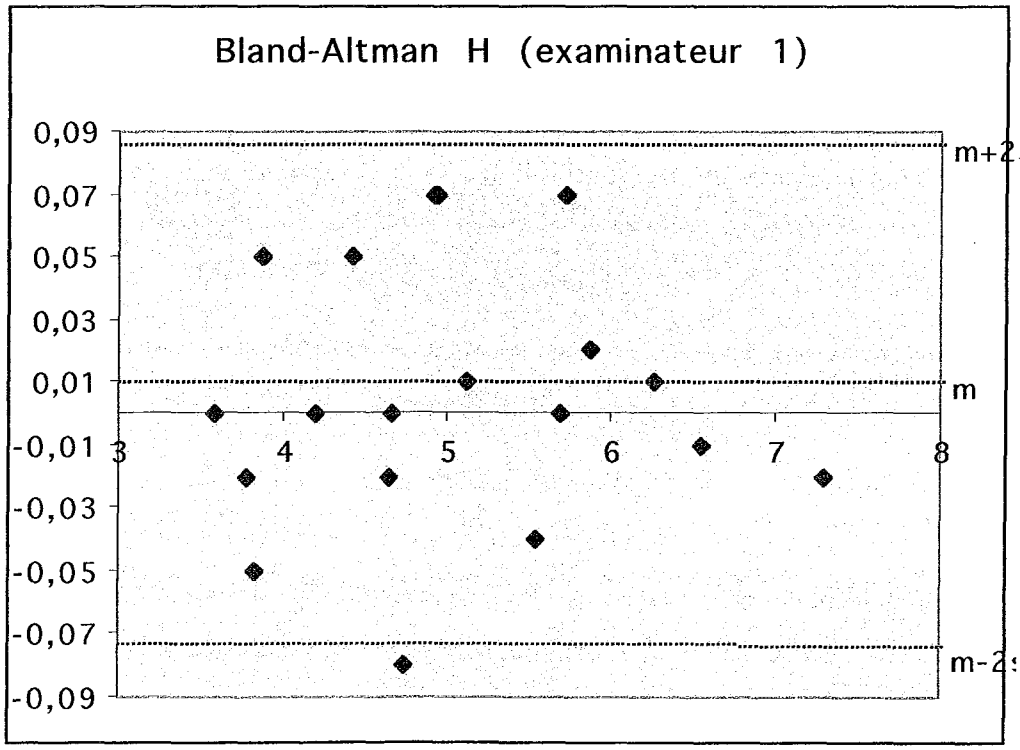
H photo 1-2 : deuxième mesure par le premier examinateur.

L'échantillon utilisé étant inférieur à 30 individus, l'écart-type calculé est l'écart-type estimé de la population.

Les données sont exprimées en centimètres.

1.3- Diagrammes de Bland-Altman.





2- *Examinateur 2.*

2.1- Mesure de la longueur mandibulaire.

mandibule	L photo 2-1	L photo 2-2	ΔL	moyenne L
B1 10	10,4	10,37	0,03	10,385
B2 15	10,4	10,44	-0,04	10,42
B2 22	9,8	9,82	-0,02	9,81
B2 34	9,49	9,56	-0,07	9,525
B3 18	10,88	10,8	0,08	10,84
B3 20	9,98	9,95	0,03	9,965
B4 36	9,65	9,54	0,11	9,595
B5 16	11,01	10,97	0,04	10,99
B5 24	9,8	9,81	-0,01	9,805
B5 78	9,6	9,56	0,04	9,58
B6 10	9,98	9,97	0,01	9,975
B6 2	10,4	10,43	-0,03	10,415
C2 18	9,81	9,92	-0,11	9,865
C2 21	10,02	10,04	-0,02	10,03
C2 38	9,16	9,17	-0,01	9,165
C3 15	10,44	10,53	-0,09	10,485
C3 27	9,42	9,45	-0,03	9,435
C4 36	9,68	9,7	-0,02	9,69
C5 17	9,2	9,21	-0,01	9,205
		-		+
Moyenne			-0,0063158	
intervalle de confiance		-0,0323158		0,01968421
ecart-type			0,05273674	
limite supérieure			0,09915768	
intervalle de confiance		0,05915768		0,13915768
limite inférieure			-0,1117893	
intervalle de confiance		-0,1517893		-0,0717893

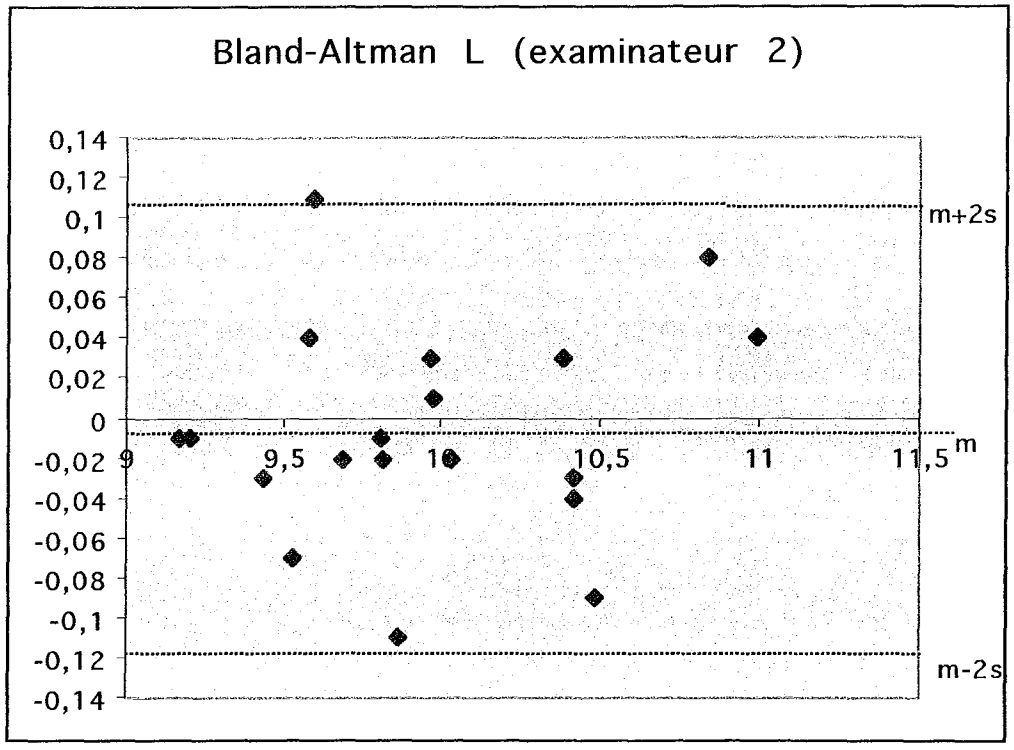
L photo 2-1 : première mesure photographique de la longueur mandibulaire par le deuxième examinateur.
L photo 2-2 : deuxième mesure par le deuxième examinateur.
L'échantillon utilisé étant inférieur à 30 individus, l'écart-type calculé est l'écart-type estimé de la population.
Les données sont exprimées en centimètres.

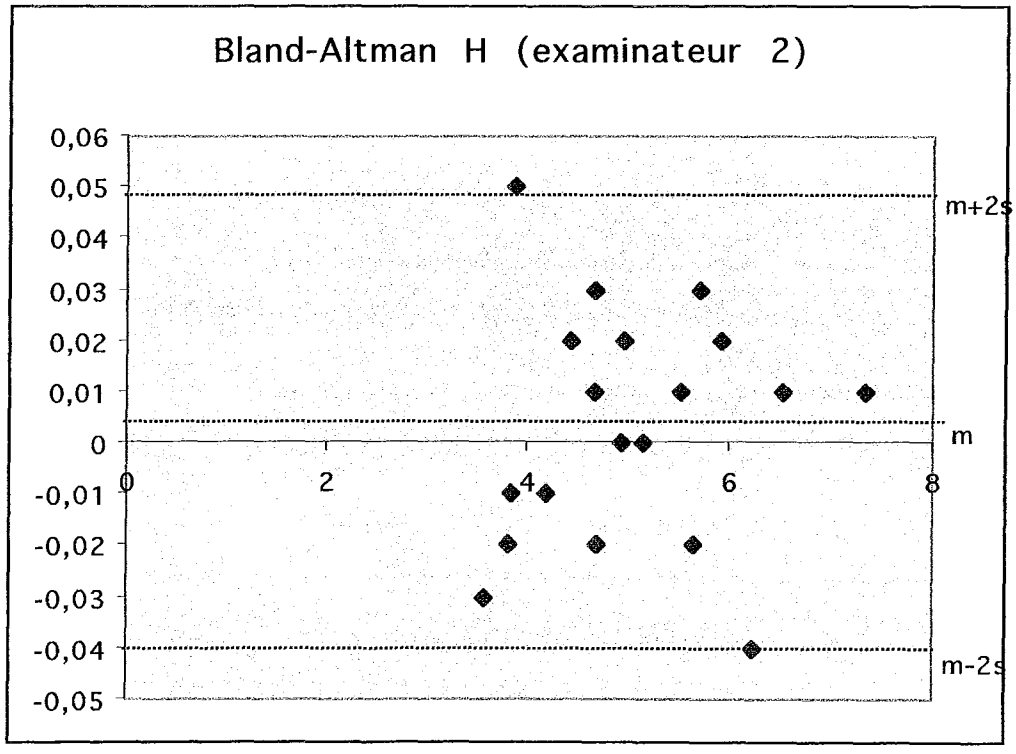
2.2- Mesure de la hauteur mandibulaire.

mandibule	H photo 2-1	H photo 2-2	ΔH	moyenne H
B1 10	6,21	6,25	-0,04	6,23
B2 15	7,34	7,33	0,01	7,335
B2 22	4,94	4,94	0	4,94
B2 34	4,97	4,95	0,02	4,96
B3 18	5,64	5,66	-0,02	5,65
B3 20	4,7	4,67	0,03	4,685
B4 36	3,91	3,86	0,05	3,885
B5 16	3,81	3,83	-0,02	3,82
B5 24	3,58	3,61	-0,03	3,595
B5 78	6,52	6,51	0,01	6,515
B6 10	5,93	5,91	0,02	5,92
B6 2	4,69	4,68	0,01	4,685
C2 18	4,45	4,43	0,02	4,44
C2 21	4,69	4,71	-0,02	4,7
C2 38	5,53	5,52	0,01	5,525
C3 15	5,72	5,69	0,03	5,705
C3 27	5,15	5,15	0	5,15
C4 36	4,2	4,21	-0,01	4,205
C5 17	3,85	3,86	-0,01	3,855
		-		+
Moyenne			0,00315789	
intervalle de confiance		-0,0068421		0,01315789
ecart-type			0,02249038	
limite supérieure			0,04813865	
intervalle de confiance		0,02813865		0,06813865
limite inférieure			-0,0418229	
intervalle de confiance		-0,0618229		-0,0218229

H photo 2-1 : première mesure photographique de la hauteur mandibulaire par le deuxième examinateur.
H photo 2-2 : deuxième mesure par le deuxième examinateur.
L'échantillon utilisé étant inférieur à 30 individus, l'écart-type calculé est l'écart-type estimé de la population.
Les données sont exprimées en centimètres.

2.3- Diagrammes de Bland-Altman.





ANNEXE 6 : REPRODUCTIBILITE

1- Mesure de la longueur mandibulaire.

mandibule	L photo 1-1	L photo 2-1	ΔL	moyenne L
B1 10	10,34	10,4	-0,06	10,37
B2 15	10,4	10,4	0	10,4
B2 22	9,9	9,8	0,1	9,85
B2 34	9,6	9,49	0,11	9,545
B3 18	10,9	10,88	0,02	10,89
B3 20	9,97	9,98	-0,01	9,975
B4 36	9,62	9,65	-0,03	9,635
B5 16	10,94	11,01	-0,07	10,975
B5 24	9,75	9,8	-0,05	9,775
B5 78	9,65	9,6	0,05	9,625
B6 10	9,93	9,98	-0,05	9,955
B6 2	10,43	10,4	0,03	10,415
C2 18	9,74	9,81	-0,07	9,775
C2 21	10,08	10,02	0,06	10,05
C2 38	9,1	9,16	-0,06	9,13
C3 15	10,42	10,44	-0,02	10,43
C3 27	9,4	9,42	-0,02	9,41
C4 36	9,74	9,68	0,06	9,71
C5 17	9,12	9,2	-0,08	9,16

	-		+
moyenne		-0,0047368	
Intervalle de confiance	-0,0332368		0,02376316
ecart-type		0,05752514	
limite supérieure intervalle de confiance	0,06031343	0,11031343	0,16031343
limite inférieure intervalle de confiance	-0,1697871	-0,1197871	-0,0697871

L photo 1-1 : première mesure de la longueur mandibulaire par le premier examinateur.

L photo 2-1 : première mesure, deuxième examinateur.

L'échantillon utilisé étant inférieur à 30 individus, l'écart-type calculé est l'écart-type estimé de la population.

Les données sont exprimées en centimètres.

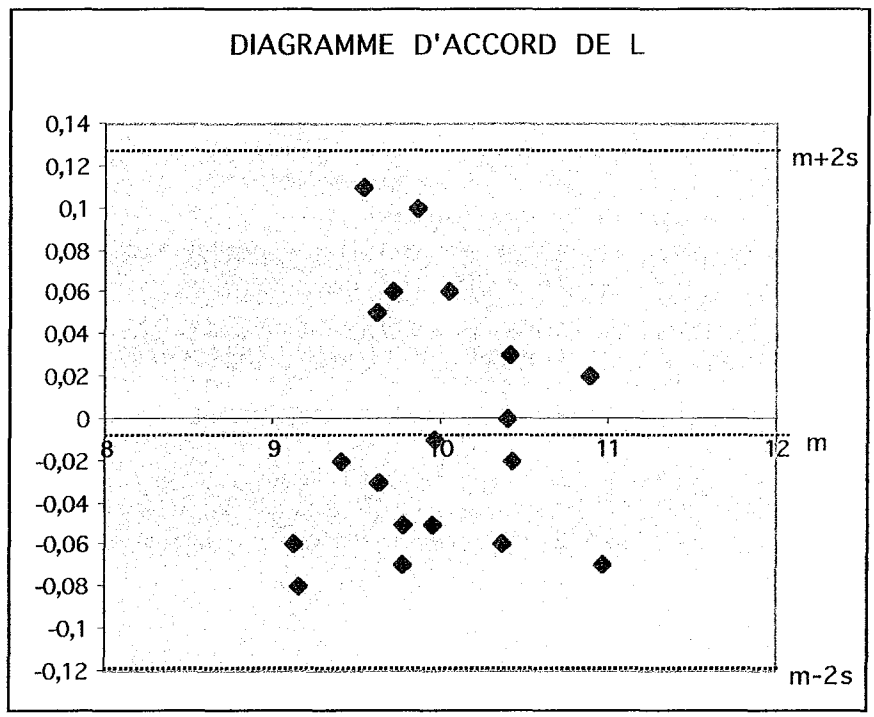
2- Mesure de la hauteur mandibulaire.

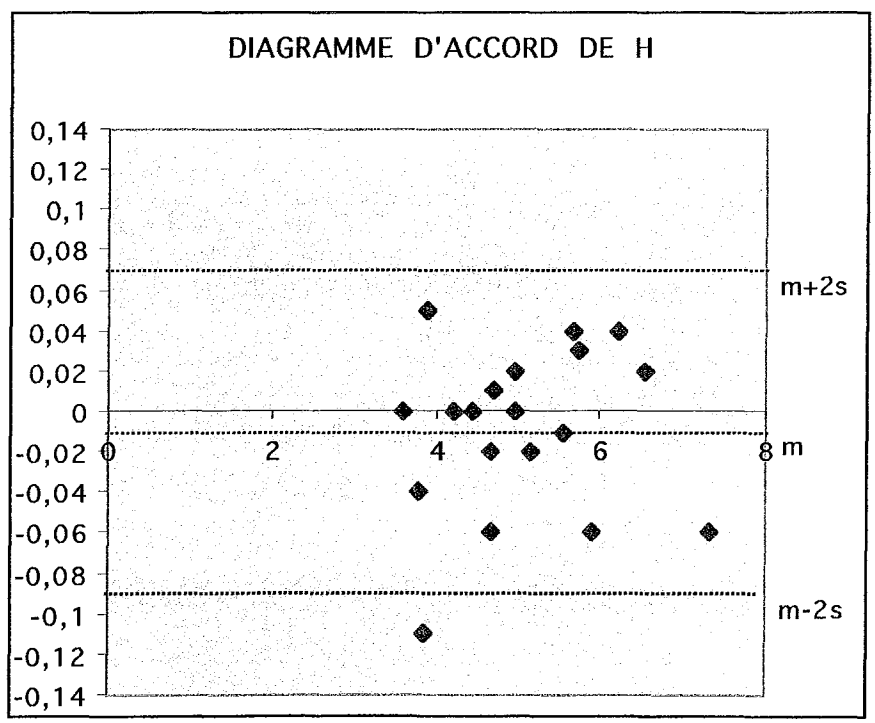
mandibule	H photo 1-1	H photo 2-1	ΔH	moyenne H
B1 10	6,25	6,21	0,04	6,23
B2 15	7,28	7,34	-0,06	7,31
B2 22	4,96	4,94	0,02	4,95
B2 34	4,97	4,97	0	4,97
B3 18	5,68	5,64	0,04	5,66
B3 20	4,64	4,7	-0,06	4,67
B4 36	3,8	3,91	-0,11	3,855
B5 16	3,77	3,81	-0,04	3,79
B5 24	3,58	3,58	0	3,58
B5 78	6,54	6,52	0,02	6,53
B6 10	5,87	5,93	-0,06	5,9
B6 2	4,7	4,69	0,01	4,695
C2 18	4,45	4,45	0	4,45
C2 21	4,67	4,69	-0,02	4,68
C2 38	5,52	5,53	-0,01	5,525
C3 15	5,75	5,72	0,03	5,735
C3 27	5,13	5,15	-0,02	5,14
C4 36	4,2	4,2	0	4,2
C5 17	3,9	3,85	0,05	3,875

	-		+
moyenne		-0,0089474	
Intervalle de confiance	-0,0289474		0,01105263
ecart-type		0,04063894	
limite supérieure		0,07233051	
intervalle de confiance	0,03833051		0,10723051
limite inférieure		-0,0902253	
intervalle de confiance	-0,1242253		-0,0553253

H photo 1-1 : première mesure de la hauteur mandibulaire par le premier examinateur.
H photo 2-1 : première mesure, deuxième examinateur.
L'échantillon utilisé étant inférieur à 30 individus, l'écart-type calculé est l'écart-type estimé de la population.
Les données sont exprimées en centimètres.

3- Diagrammes de Bland-Altman.





ANNEXE 7 : ANOVA de validation du protocole de mesure.

L'analyse de variance a été réalisée sur les cinq séries de mesures (mesure réelle, 2 mesures photographiques par un opérateur 1, 2 par un opérateur 2).

ANOVA Table for H

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
methode	4	,003	,001	,001	>,9999
Residual	90	92,424	1,027		

Model II estimate of between component variance: •

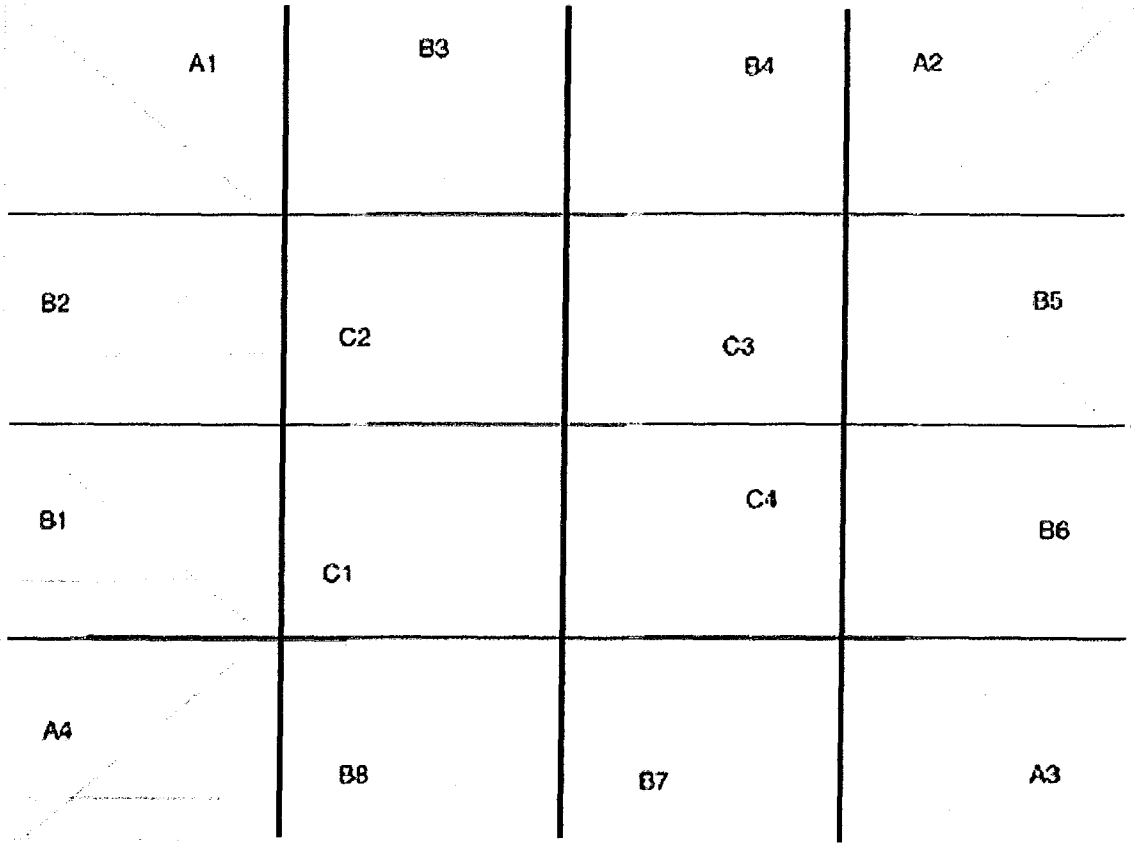
ANOVA Table for L

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
methode	4	,006	,001	,005	>,9999
Residual	90	24,013	,267		

Model II estimate of between component variance: •

ANNEXE 8 : EVALUATION DE LA DEFORMATION SPHÉRIQUE.

1- Mire photographique.



2- Résultats des mesures.

zone	mesure (°)	moyenne	écart-type
A1	40		
A2	39,6	39,925	0,42720019
A3	39,6		
A4	40,5		
B1	40,3		
B2	40,5		
B3	39,9		
B4	40,2	40,1375	0,25035689
B5	39,8		
B6	40,4		
B7	40		
B8	40		
C1	40,2		
C2	39,9	40,05	0,12909944
C3	40		
C4	40,1		

ANNEXE 9 : Mesures.

1- *Homo sapiens* adultes, Musée de l'Homme.

mandibule	CM-FM	FM-TM	CM-TM	H	L	Id'-CM
569	4,07	5,77	9,33	6,12	7,92	11,15
1457	4,3	5,6	9,63	6,15	6,88	11,14
1507	4,6	6,1	10,01	6,18	7,36	11,57
2307	4,87	5,9	10,3	6,35	7	11,5
2308	4,6	5,36	9,5	6,1	5,68	10,41
2317	3,9	4,81	8,22	5,51	5,94	9,74
2337	3,93	5,35	8,7	5,53	6,12	9,86
2338	3,94	5,32	8,92	6,34	5,93	10,48
2339	3,69	5,36	8,42	5,42	6,47	9,8
2902	3,96	5,95	9,36	5,96	7,73	11,26
4442	4,74	5,77	9,95	6,61	6,74	11,24
4443	5,13	5,81	10,17	7,28	6,88	11,5
4459	4,72	6,14	10,2	6,84	8,38	12,28
4791	4,57	6,07	10	6,16	6,83	11,42
4966	3,43	5,47	8,46	5,14	6,81	10,22
6555	3,7	5,47	8,51	5,61	7,9	10,4
9204	4,33	6,03	9,75	6,36	8,26	11,64
9205	4,98	5,83	9,92	7,48	7,74	11,72
9229	4,77	5,47	9,48	7,04	6,9	11,3
9240	4,57	5,95	9,98	6,99	8,38	12
9274	4,19	6,7	10,27	6,78	9,64	12,61
9595	3,5	5,31	8,31	5,38	7,48	10,31
9848	4,5	5,49	9,51	5,8	8,11	11,53
9978	4,83	5,96	10,25	6,95	8,98	12,67
9981	4,07	5	8,7	5,45	7,14	10,48
17420	4,1	6,27	10	5,51	7,3	11,13
17455	5,1	5,71	10,32	7,16	7,34	11,73
17458	4,14	4,98	8,44	5,92	6,01	9,68
17464	3,72	5,11	8,12	4,52	6	9,28
17506	4,32	5	8,55	5,63	5,93	9,8
17507	4,06	5	8,38	5,42	5,75	9,66
17508	4,22	5,3	8,86	5,66	5,93	10,1
17509	3,51	4,82	8,02	5,02	5,54	9,14
17559	4,94	5,85	10,29	7,18	7,43	12,1
17560	3,66	5,25	8,36	5,29	6,74	9,94
17575	4,16	5,51	9,27	5,68	6,6	10,61
17695	4,03	5,7	9,36	5,76	6,65	10,72
17698	4,9	5,27	9,69	6,47	6,76	11,27
17884	3,95	5,6	9,13	5,84	7,9	11,13
18442	4,4	5,51	9	5,77	7,46	10,88
19234	3,74	5,27	8,56	5,12	5,93	9,59
20392	4,59	5,8	10,02	6,29	6,44	11,44
20413	4,23	5,82	9,54	5,12	8,17	11,2
20500	4,31	5,48	9,37	5,46	8,01	11,44
20501	4,53	5,58	9,41	5,9	8,1	11,37
20509	3,27	4,84	7,92	4,09	6,42	9,55
20510	4,06	5,29	8,61	5,39	7,67	10,42
20511	3,66	5,47	8,56	4,88	7,39	10,12
21393	4,09	5,51	9,15	5,63	6,63	10,41
22931	4,5	5,33	9,31	5,38	7,76	11,34
24625	3,36	5,28	8,06	5,72	6,84	9,59
24669	4,24	5,04	8,78	6,38	7,27	10,9
24705	4,44	5,99	9,87	6,77	6,51	11,47
26776	3,53	4,9	8,08	5,06	6,47	9,53
28410	4,3	4,8	8,69	6,13	6,21	10,3
28418	4,23	4,77	8,46	5,48	5,87	9,81
28419	4,13	5,92	9,73	5,9	6,37	11,13
28422	4,66	4,74	9,01	5,94	6,03	10,41

1- Homo sapiens adultes, Musée de l'Homme (suite).

mandibule	alpha 1	alpha 2	alpha 3	beta 1	beta 2	beta 3
569	22,19128759	142,3581186	15,45143568	43,46718747	104,4206218	32,1130326
1457	15,34179778	152,9373056	11,72173849	33,2517934	117,3991957	29,34985271
1507	23,96995029	138,1908881	17,84000343	34,47672879	117,1441359	28,37997718
2307	18,75219718	145,8605925	15,38805212	32,21065967	118,8734203	28,91676187
2308	18,91546948	144,9320238	16,15334859	26,84483406	124,1457351	29,01027266
2317	21,53046987	141,1589164	17,31145562	33,07322907	116,5161179	30,41149489
2337	23,91300622	138,7645314	17,32330423	34,0583385	115,541619	30,40088429
2338	18,1626431	148,4905538	13,34764495	30,19114929	117,285518	32,52417452
2339	26,14261053	136,2004687	17,65776264	38,13718689	110,7104784	31,1531765
2902	23,68202774	140,8135903	15,50522381	40,17372752	109,9993807	29,82773361
4442	20,80236795	142,235713	16,96276091	33,01330299	114,6893762	32,29816263
4443	23,08404008	136,6621753	20,25462648	34,54724701	108,5797418	36,873853
4459	23,022852	139,4813061	17,49668373	40,70016381	107,1420538	32,15862418
4791	23,1509399	139,6323034	17,2175985	30,10754423	122,9943866	26,89891101
4966	23,01666244	142,7916327	14,19254674	36,46602109	116,8810547	26,65376607
6555	26,84169453	135,3755351	17,78361217	48,5643334	99,26983719	32,16667124
9204	23,46880782	139,9148431	16,6171909	43,32458644	104,7851896	31,89106578
9205	25,44698748	133,0212113	21,53264303	40,46090701	100,7011867	38,8387481
9229	23,87219673	135,4632745	20,66537065	35,4304729	108,3084946	36,26187436
9240	21,13281711	142,7919211	16,0761036	43,02845547	102,2793988	34,69298758
9274	24,77922923	140,026246	15,1953666	49,05785838	98,85165957	32,09132389
9595	24,07517883	140,3276556	15,59800743	44,37842981	105,4209014	30,20151059
9848	19,76078265	144,1512211	16,08883809	41,08650549	110,8795072	28,0348291
9978	20,29248755	143,3849123	16,32344197	43,2904725	104,6581471	32,05222225
9981	18,25268443	146,9773587	14,77079872	39,17664157	111,9955278	28,82867248
17420	19,0762551	148,584333	12,34025369	34,61088151	120,0032655	25,38669483
17455	18,35580959	145,3086995	16,33633272	36,52546272	107,9837163	35,49166281
17458	24,53633236	135,2689213	20,19558816	36,07996001	108,4636685	35,45721328
17464	27,34819896	133,1144032	19,5382397	32,75914543	123,1852008	24,05649561
17506	25,33932863	132,9598112	21,701702	32,97518594	115,9117482	31,11390767
17507	24,92505802	135,0645344	20,01124944	31,13633913	119,6945972	29,16990552
17508	24,17957645	136,7869587	19,03430666	30,13410021	121,2356581	28,63108351
17509	18,44545848	148,2341233	13,32126005	31,73216688	119,8062106	28,46246436
17559	19,10592158	144,8493985	16,0455218	34,75530604	111,8173282	33,4282076
17560	24,41570033	138,8367664	16,7483751	39,31835509	110,8599145	29,82257222
17575	19,10516095	146,5889603	14,30672064	32,83425092	119,3507702	27,8158207
17695	18,93245615	147,806848	13,26153773	32,74185997	119,3238916	27,93509031
17698	18,35054538	144,6290302	17,02126622	32,36759164	116,8105375	30,82271273
17884	20,40934588	145,3518657	14,23963021	42,67771342	107,2494002	30,07372825
18442	27,89160068	130,1737404	21,93550076	40,11744023	109,990201	29,89320059
19234	21,707493	143,075524	15,21782484	32,28774774	120,2479902	27,46510393
20392	22,19128759	142,3581186	15,45143568	26,34877129	127,9624036	25,68966695
20413	21,61708878	142,85285	15,53090309	42,24187826	112,8423874	24,91657613
20500	19,05774582	146,0622836	14,88081246	39,40646098	114,9537735	25,6406074
20501	23,91985729	136,862946	19,21803852	42,77812965	107,5727429	29,64996932
20509	15,16264909	154,6595665	10,17862621	31,35010435	129,2939484	19,35678907
20510	26,38279864	133,6773902	19,94065299	45,45156103	104,4954027	30,05387811
20511	25,08724545	138,432362	16,4812344	43,52508682	109,4256969	27,05005815
21393	20,53663485	144,3703626	15,0938444	34,92366799	115,990098	29,08707585
22931	20,43498495	142,4217554	17,14410148	37,09839957	118,1820396	24,72040269
24625	26,73107327	136,6367023	16,63306631	44,76014705	99,16566995	36,07502484
24669	20,66447342	142,0660078	17,27036063	39,92530205	105,796687	34,27885273
24705	22,02336739	141,8393479	16,13812658	29,6169038	119,4576019	30,92633612
26776	19,60689828	146,4043365	13,98960709	39,36438124	110,8987379	29,73772271
28410	18,2717003	145,4172697	16,31187178	33,66328203	113,1644548	33,173105
28418	21,2364394	140,0281305	18,73627195	31,36159536	119,5703924	29,06885405
28419	17,42111905	150,5236409	12,05608188	25,93282235	130,1737025	23,89431703
28422	16,70826289	146,8743604	16,41821858	29,82499731	120,8398994	29,33594515

2- *Homo sapiens*, Loisy-en-Brie

mandibule	C-FM	FM-TM	C-TM	H	L	Id'-C
AAK	4,21	5,45	9,13	6,14	6,79	10,76
B1 10	3,9	5,93	9,13	6,49	7,25	10,98
B1 8	3,57	5,74	8,86	5,39	6,7	10,48
B2 15	5,22	5,37	9,81	7,54	7,43	11,72
B2 22	4,18	5,19	8,51	5,41	6,56	10,03
B2 34	4,44	4,67	8,34	5,48	6,05	9,74
B3 18	4,52	5,51	9,39	6,05	7,53	11,15
B3 20	3,85	5,2	8,64	5,33	6,24	9,94
B4 13	4,59	5,95	9,66	7,07	7,34	11,47
B4 36	3,7	4,5	7,76	4,53	6,19	9,41
B5 16	3,65	5,68	8,93	4,62	6,72	10
B5 24	3	5,42	8,11	4,14	6,65	9,4
B5 78	4,26	5,18	8,9	6,71	7,06	10,75
B6 10	4,32	5,55	8,98	6,19	6,76	10,53
B6 2	3,54	5,65	8,66	5,3	6,6	10,2
C2 11	3,6	5,19	8,35	4,76	5,98	9,57
C2 18	3,41	5,02	8,2	5	6,23	9,59
C2 21	3,97	5,21	8,56	5,13	6,7	9,94
C2 26	4,34	5,58	9,02	6,45	7,27	10,7
C2 27	3,7	5,33	8,56	5,7	7,16	10,26
C2 28	4,06	5,8	9,3	6	6,95	10,84
C2 37	4,25	5,15	8,78	6,4	7,51	11,04
C2 38	4,13	5,02	8,46	5,85	6,46	9,91
C3 15	4,69	5,15	9,4	6,13	7,18	11
C3 20	4,17	5,33	8,8	5,79	6,5	10,25
C3 27	3,86	5,23	8,6	5,61	6,12	9,79
C3 39	4	5,51	8,87	5,57	6,65	10,11
C4 36	3,63	5,05	8,17	4,74	6,47	9,59
C5 17	3,48	4,78	7,7	4,37	6,16	9,11

mandibule	alpha 1	alpha 2	alpha 3	beta 1	beta 2	beta 3
AAK	21,79731226	141,5345895	16,6689401	35,64811752	112,5487317	31,80399265
B1 10	27,08907799	135,4847549	17,42700896	39,40811727	105,9615065	34,63121802
B1 8	22,84830713	143,1773275	13,9752072	33,69761611	119,7945267	26,50869898
B2 15	22,4605948	135,7397166	21,80053047	38,14019503	103,0512994	38,80934744
B2 22	27,75866844	130,2108774	22,03129598	36,85639781	113,4969076	29,64753643
B2 34	24,37076367	132,5313097	23,09876846	34,19621766	115,2021825	30,60244166
B3 18	22,8186613	138,6318811	18,5502994	39,41989508	109,9042422	30,67670456
B3 20	20,21025773	144,970784	14,81980015	33,58252326	118,2233879	28,1949307
B4 13	27,04613264	132,4199008	20,53480837	38,07713039	105,4797636	36,44394785
B4 36	22,19128759	142,3581186	15,45143568	33,91174522	121,9910836	24,098013
B5 16	21,13283857	145,4718685	13,39613472	34,46009776	122,6476978	22,89304631
B5 24	21,10632033	147,3972903	11,49723116	38,06646865	119,361639	22,57273418
B5 78	21,55494549	140,8595124	17,58638392	39,85825664	102,6167728	37,52581235
B6 10	28,00842606	130,5522529	21,44016292	37,44488779	108,7258156	33,83013846
B6 2	24,91968344	139,7737635	15,30739485	34,99730767	117,5796406	27,42389359
C2 11	21,98991952	142,9567664	15,05415592	30,52243656	125,6333956	23,84500966
C2 18	16,33120396	152,6579316	11,01170624	35,41637853	116,8676858	27,71677755
C2 21	24,41156451	137,2329367	18,35634064	38,12272082	113,6692154	28,20890564
C2 26	28,10857	130,3956136	21,49665821	41,58717397	102,3351824	36,07848546
C2 27	22,42348565	142,2223872	15,35496896	42,31357561	105,2809823	32,40628393
C2 28	23,34597076	140,5497864	16,10508464	36,02568045	113,4607778	30,51438358
C2 37	23,13532643	137,945817	18,91969843	41,12871945	104,7792225	34,09289983
C2 38	24,81409549	134,9883346	20,19841177	38,53371232	107,123842	34,34328752
C3 15	18,04858769	145,563657	16,38859712	37,47738839	111,2267248	31,29672869
C3 20	25,17663855	135,3837247	19,44047858	35,74469705	112,8993639	31,35678093
C3 27	22,11731178	141,7497633	16,13376673	35,10657397	113,0794958	31,81477208
C3 39	24,9904268	137,1503601	17,86005491	37,78125807	111,3455635	30,87402029
C4 36	23,43094867	139,9612401	16,60865303	37,03352835	116,7841948	26,18311866
C5 17	25,04799754	136,999949	17,95289533	36,33160951	118,8156319	24,85360042

3- *Homo sapiens* immatures.

mandibule	C-FM	FM-TM	C-TM	H	L	Id'-C
1-2 ans						
25889	2,21	3,42	5,41	2,76	4,43	6,4
28232	2,22	2,85	4,95	2,82	4,25	5,99
2-3 ans						
25234	2,22	3,66	5,56	3,05	4,41	6,59
25884	2,26	3,42	5,48	3,11	4,41	6,55
28225	2,36	3,86	6,02	3	4,68	6,93
28233	2,46	3,44	5,64	3,05	4,48	6,63
28236	2,51	3,8	6,02	3,55	4,8	7,12
3-6 ans						
B4 25	2,63	3,92	6,31	3,1	5,33	7,53
20676	2,61	3,91	6,23	3,35	5,04	7,26
20972	3,08	4,15	6,87	4,06	5,02	7,86
25886	2,77	4	6,47	3,34	5,01	7,54
28223	2,44	4,02	6,2	3,54	5,2	7,46
28238	2,78	3,78	6,26	3,46	4,72	7,24
3484	2,46	3,62	5,86	3,37	5,27	7,2
X6	2,88	4,48	7,07	3,97	5,15	8,12
X7	2,93	4	6,59	4	4,85	7,76
6-7 ans						
25887	2,74	4,46	6,87	4	5,64	8,34
3485	2,77	4,19	6,76	3,74	5,32	7,93
X1	3,06	4,59	7,14	4,24	5,19	8,28
X5	2,92	4,17	6,64	3,89	5,14	7,79
7-8 ans						
X4	2,82	4,32	6,85	4,09	4,96	8,09
8-9 ans						
7344	2,75	4,9	7,28	3,76	5,8	8,47
7345	3,12	4,58	7,37	4,5	5,61	8,71
X2	3,21	4,13	6,93	4,32	5,42	8,25
9-10 ans						
B4 29	2,92	4,63	7,22	3,72	5,84	8,36
7340	3,52	4,54	7,65	4,78	5,79	9,09
10-11 ans						
7360	2,98	5,15	7,71	4,33	6,26	9,12
12-13 ans						
X3	2,96	4,76	7,41	3,97	5,23	8,29
13-21 ans						
B2 24	3,44	4,8	7,78	4,53	5,33	8,78
24857	3,58	5,07	8,19	5,12	6,44	9,36
28196	3,57	5,01	8,04	5,29	6,37	9,58
3602	4,11	5,5	9,06	5,66	7,6	10,88
7321	3,58	4,84	8,16	5,42	6,49	9,99
7325	4,1	5,22	8,66	6,16	6,88	10,55
7984	3,2	5,06	7,81	5,37	7,55	9,87
8007	3,68	5,6	8,91	5,27	7,97	11

4- *Homo sapiens* immatures (suite).

mandibule	alpha 1	alpha 2	alpha 3	beta 1	beta 2	beta 3
1-2 ans						
25889	20,100441	147,06918	12,831222	34,961593	124,12237	20,91688
28232	14,179861	154,82047	11,000512	40,289002	114,3033	25,408536
2-3 ans						
25234	24,59683	140,78025	14,623764	34,112281	123,06661	22,821953
25884	18,847145	148,82754	12,326159	35,60043	120,16235	24,238058
28225	18,725592	149,95551	11,319743	32,360862	127,5734	20,066575
28233	20,286636	145,35826	14,355945	34,851784	122,25356	22,895496
28236	21,588611	144,34641	14,065825	37,217728	116,21023	26,572883
3-6 ans						
B4 25	19,0836	148,24594	12,6713	35,723321	124,42556	19,85196
20676	21,116559	144,96898	13,915302	37,619736	118,44379	23,937318
20972	21,179386	143,26787	15,553583	33,757211	119,53767	26,70596
25886	20,682587	145,16084	14,157416	31,582977	127,98205	20,435816
28223	21,070063	146,32671	12,604073	38,833104	115,89791	25,269828
28238	20,37704	144,78603	14,837767	32,805114	123,79517	23,400557
3484	18,838783	148,48615	12,675912	43,116414	110,96741	25,917019
X6	20,239206	146,91202	12,849619	31,157312	125,3376	23,505926
X7	21,163091	143,50335	15,334397	31,91617	122,23417	25,8505
6-7 ans						
25887	22,376551	144,09862	13,525669	36,33736	118,81358	24,849899
3485	16,998265	151,85891	11,143663	35,032408	121,16772	23,80071
X1	25,998337	137,01084	16,991668	31,915997	122,49627	25,58857
X5	24,709791	138,27029	17,020761	35,408821	118,58366	26,008366
7-8 ans						
X4	20,393788	146,45851	13,148542	29,539419	126,47338	23,988041
8-9 ans						
7344	24,096791	142,65762	13,246429	34,901254	123,32705	21,772543
7345	20,505815	145,68895	13,806074	34,450307	118,56506	26,985479
X2	21,927601	141,20032	16,872924	36,433279	115,3151	28,252465
9-10 ans						
B4 29	21,54841	145,05881	13,393626	37,079017	120,33692	22,584906
7340	20,933795	142,98469	16,082353	34,107837	118,31623	27,576777
10-11 ans						
7360	24,536949	141,55958	13,904316	37,408134	117,7456	24,84711
12-13 ans						
X3	22,191288	142,35812	15,451436	29,776659	128,07759	22,146597
13-21 ans						
B2 24	22,861104	140,97344	16,166293	29,549477	125,6702	24,781167
24857	22,472433	141,8697	15,658712	40,987381	107,58343	31,430029
28196	24,380888	138,51316	17,106789	38,626148	110,14959	31,2251
3602	22,657794	140,6125	16,730545	41,213476	109,4018	29,385567
7321	16,648958	151,11684	12,235041	36,495484	113,72322	29,782137
7325	24,618721	136,28328	19,098844	38,363158	107,87919	33,758497
7984	24,085211	140,95908	14,956553	49,210135	98,208864	32,581843
8007	20,133518	146,79404	13,073282	42,666788	110,70962	26,624434

5- *Gorilla gorilla* mâles

mandibule	CM-FM	FM-TM	CM-TM	H	L	Id'-CM
Nancy						
7298	8,64	9,9	17,3	12,4	16,17	20,64
7355	7,69	8,4	15,31	11,5	15,72	19,23
9536	7,44	9,83	16,08	10,98	16,63	19,27
Labo Marseille						
X	7,5	9,71	16,31	12,63	16,05	20,36
MHNM						
8837-1	6,85	8,75	14,61	10,71	15,24	18,7
8837-3	7,12	9	15,17	12,59	16,17	18,72
275	6,85	10,6	16,64	11,12	15,84	19,61
112	6,28	9,3	14,75	9,64	14,57	18,47
51	8,5	10,08	17,2	12,68	18,06	20,65
MNHN						
1869-149	7,5	10,58	16,37	12,5	17,39	19,7
1884-708	6,3	10,44	15,99	9,94	15,61	20,01
1919-51	7,79	10,4	17,03	11,86	16,67	20,82
1924-325	7,62	9,56	16,2	11,57	15,5	19,9
1926-19	7,14	10,5	16,92	12,35	17,43	20,8
1927-176	6,54	10,1	15,84	12,85	16,46	17
1938-195	6,87	10,1	15,86	11,66	15,96	19,76
1940-398	6,54	9,54	15,23	10,97	14,64	18,75
1971-203	7,19	11,16	17,62	12,2	15,42	20,97
1995-151	8,36	11,1	18,36	13,24	16,07	21,24
1999-029	7,77	10,23	16,77	11,94	15,72	20,45
A 10669	6,62	9,91	15,41	10,74	15,82	19,01
A 9773	6,4	10,44	15,64	10,89	16,14	19,21
E 2858	6,52	9,62	15,45	10,63	14,99	18,84

mandibule	alpha 1	alpha 2	alpha 3	beta 1	beta 2	beta 3
Nancy						
7298	22,62955	137,75	19,62129	51,54993	91,5407	36,91021
7355	18,74989	144,1372	17,11372	54,80437	88,48262	36,71384
9536	24,75075	136,7757	18,47438	59,41196	85,95151	34,63737
Labo Marseille						
X	21,27215	142,4549	16,27376	52,0267	89,63421	38,33993
MHNM						
8837-1	23,31583	138,6345	18,05055	54,5822	90,47908	34,93957
8837-3	22,32918	140,18	17,49162	58,33082	80,16653	41,50349
275	21,94404	144,0818	13,97498	53,84551	91,62556	34,52977
112	23,01764	141,6731	15,31006	51,47827	97,34805	31,17452
51	24,30547	135,3862	20,30917	60,10139	82,40656	37,4929
MNHN						
1869-149	30,16887	128,9617	20,87023	60,57921	80,65818	38,76345
1884-708	22,32224	144,4285	13,25009	50,03199	100,7579	29,21097
1919-51	23,91722	138,4052	17,67843	53,14014	92,16321	34,69749
1924-325	21,87599	140,848	17,27687	51,02725	93,50001	35,47358
1926-19	20,02135	146,5167	13,46282	56,79475	86,84619	36,35989
1927-176	22,31815	143,4477	14,23501	65,21005	69,65798	45,13281
1938-195	25,47692	137,511	17,01296	53,87135	89,9664	36,16308
1940-398	22,74834	141,8803	15,37218	51,2352	93,01478	35,75086
1971-203	20,31554	146,7597	12,92557	46,71674	98,11722	35,16688
1995-151	22,42348	140,8815	16,69587	49,10825	92,36996	38,52262
1999-029	24,6	136,9688	18,43206	50,03936	94,35744	35,60404
A 10669	26,18877	136,6655	17,14653	56,31833	89,28531	34,3972
A 9773	28,11174	135,0996	16,78952	57,12381	88,35907	34,51796
E 2858	20,53362	145,7146	13,75258	52,60659	93,10279	34,29146

6- *Gorilla gorilla* femelles

mandibule	CM-FM	FM-TM	CM-TM	H	L	Id'-CM
Labo Marseille						
10	5,8	8,66	13,78	9,31	13,7	17,21
MHNM						
8837-2	7,1	7,56	13,94	9,32	12,74	16,72
MNHN						
1877-759	6	8,73	13,09	9,51	13,16	15,67
1921-161	5,51	8,31	12,9	8,6	12,52	15,46
1929-89	6,28	8,21	13,49	9,74	13,49	16,75
1931-618	6,54	8,49	14,16	10,27	14,15	17,5
1933-75	5,97	8,91	13,64	9,05	12,5	16,32
1939-438	5,98	7,88	13,09	8,31	12,54	16,24
1940-343	5,65	8,21	12,89	9,21	13,04	16,08
1940-373	5,83	8,56	13,54	9,7	13,76	16,64
1978-4	7,61	7,19	13,93	10,48	13,99	17,36
1978-5	6,28	7,71	13,1	9,91	12,14	16,03
1978-89	5,78	8,22	12,91	9,17	12,88	16,21
A 9772	5,46	7,58	12,36	8,91	12,66	15,34
X	5,87	8,28	13,19	9,42	12,81	16,08

mandibule	alpha 1	alpha 2	alpha 3	beta 1	beta 2	beta 3
Labo Marseille						
10	21,6879	143,983	14,3301	52,4795	94,9067	32,6147
MHNM						
8837-2	18,6266	143,919	17,4555	49,0866	97,3522	33,562
MNHN						
1877-759	33,4021	124,367	22,2322	56,8908	85,8587	37,2513
1921-161	26,0525	137,018	16,9306	54,0211	92,2094	33,7704
1929-89	24,634	136,774	18,5926	53,6388	90,8102	35,5518
1931-618	22,4334	140,472	17,0953	53,9567	90,1095	35,9346
1933-75	29,1015	131,881	19,0188	49,4612	97,1576	33,382
1939-438	22,1391	141,244	16,6182	49,4304	100,346	30,2242
1940-343	26,2195	136,08	17,701	54,1793	90,883	34,9386
1940-373	24,1608	139,654	16,1865	55,759	88,5968	35,6451
1978-4	19,168	140,497	20,3356	53,6873	89,1833	37,1303
1978-5	22,868	138,679	18,4535	49,1555	92,7094	38,1359
1978-89	27,3913	133,735	18,8749	52,5054	93,1017	34,3937
A 9772	22,0211	142,31	15,6692	55,603	88,8959	35,502
X	25,4068	136,886	17,708	52,7896	91,3616	35,8497

7- *Pan troglodytes* mâles.

mandibule	CM-FM	FM-TM	CM-TM	H	L	Id'-CM
Nancy						
9537	5,24	6,35	11,3	7,56	10,62	14,14
MHNM						
8837-5	4,88	5,83	10,23	6,84	11,15	13,62
MNHN						
1899-17	5,19	6,02	10,94	6,57	11,55	14,29
1899-111	5,38	5,91	10,88	7,35	11,15	14,38
1940-386	6,14	6,26	11,61	7,86	11,36	14,74
1947-151	5,09	4,95	9,5	6,02	10,41	12,56
1950-194	5,08	6,48	11,08	6,2	11,82	14,79
1952-144	5,2	5,43	10,29	5,85	9,45	13,16
1959-35	4,85	5,25	9,84	6,56	9,15	12,29

mandibule	alpha 1	alpha 2	alpha 3	beta 1	beta 2	beta 3
Nancy						
9537	14,16187	154,1911	11,64784	47,54763	100,7686	31,68465
MHNM						
8837-5	18,87078	145,4222	15,70785	54,58712	95,41596	29,99776
MNHN						
1899-17	13,58723	154,7283	11,68532	52,63134	100,4923	26,87724
1899-111	16,25245	148,9883	14,7601	49,7848	99,99223	30,22381
1940-386	20,77177	138,8733	20,35576	49,65875	98,51405	31,82804
1947-151	18,6061	142,2422	19,15252	55,51289	96,02037	28,46758
1950-194	18,77597	146,6094	14,61548	50,16852	106,0783	23,75402
1952-144	14,85556	150,9325	14,21279	39,90981	116,6895	23,40153
1959-35	13,56494	153,9219	12,51397	46,81223	101,6728	31,51582

8- *Pan troglodytes* femelles.

mandibule	CM-FM	FM-TM	CM-TM	H	L	Id'-CM
MNHN						
1920-135	4,47	5,87	9,94	5,85	9,88	12,89
1923-2497	4,78	6,04	10,37	6,04	10,41	13,36
1940-467	4,83	5,81	10,37	6,99	9,84	13,39
1944-227	4,89	5,58	10,04	5,75	10,41	13,29
1947-149	5,16	5,51	10,47	5,93	9,44	13,18
1956-67	4,98	5,37	9,9	5,31	9,51	12,51
1961-237	4,42	5,82	9,94	5,36	8,8	12,23
1974-72	4,5	6,28	10,33	6,06	9,91	13,02
A 519	5,07	5,84	10,34	6,96	9,28	13,14

mandibule	alpha 1	alpha 2	alpha 3	beta 1	beta 2	beta 3
MNHN						
1920-135	18,38595	147,7171	13,89782	47,04913	107,2689	25,68276
1923-2497	18,70051	146,6015	14,69884	48,65955	105,5162	25,82508
1940-467	14,20904	154,0174	11,7744	45,448	104,1405	30,41232
1944-227	17,63438	146,9709	15,39561	48,4768	107,0964	24,42765
1947-149	11,48671	157,766	10,7481	39,98914	116,2022	23,80949
1956-67	17,62901	146,0604	16,31143	44,80936	112,0186	23,17293
1961-237	15,99584	151,9247	12,08026	39,70723	117,3932	22,90038
1974-72	19,71503	146,2973	13,98856	46,79397	106,7371	26,46981
A 519	20,01573	142,6986	17,28651	42,44081	107,1541	30,40595

9- *Pongo pygmaeus* mâles.

mandibule	CM-FM	FM-TM	CM-TM	H	L	Id'-CM
Nancy						
870	6,21	9,54	15,4	11,93	15,4	19,02
MNHN						
1927-98	5,92	9,92	15,14	10,64	14,29	18,3
1985-21	6,07	10,95	16,05	10,55	15,45	19,27

mandibule	alpha 1	alpha 2	alpha 3	beta 1	beta 2	beta 3
Nancy						
870	15,04454	155,2285	9,727813	53,97247	87,23535	38,79302
MNHN						
1927-98	22,29302	144,6235	13,08436	51,22278	93,29484	35,48323
1985-21	26,38835	139,349	14,26344	53,13486	93,7514	33,11459

10- *Pongo pygmaeus* femelles.

mandibule	CM-FM	FM-TM	CM-TM	H	L	Id'-CM
MNHN						
1940-435	4,9	8,15	12,72	10,72	10,8	15,95
1965-241	5,51	6,52	11,56	6,74	10,48	14,59
1987-003	5,68	6,76	11,87	8,62	10	14,71

mandibule	alpha 1	alpha 2	alpha 3	beta 1	beta 2	beta 3
MNHN						
1940-435	16,72024	153,3198	9,960854	42,36234	95,66201	41,9765
1965-241	17,51809	147,7459	14,73683	40,98516	114,0669	24,94881
1987-003	19,04607	145,0408	15,914	41,24291	104,1278	34,63017

11- Hominidés fossiles.

Espèce	Réfèrence	CM-FM	FM-TM	CM-TM	H	L	Id'-CM
A. africanus	STS 36	4,72	7,39	10,87	8,31	11,69	13,89
A. robustus	SK 23	4	9,05	12,03	7,8	10,41	14,14
H. ergaster	KNM-WT 15000	4,46	5,71	9,66	5,67	8,82	11,69
H. erectus	KNM-ER 67	4,92	7,3	11,15	7,95	10,18	13,58
H. erectus	Ckn G1	4,31	6,28	9,93	7,05	9,58	12,2
H. heidelberg.	Mauer	4,59	6,86	10,62	7,02	10,5	13,21
H. neanderth	Shanidar 1	4,65	6,11	10,35	6,86	8,8	12,71
H. neanderth	La Ch. Aux Saints	4,07	7,13	10,49	6,54	9,9	12,7
H. neanderth	Amud 1	4,84	5,77	10,2	6,88	9,19	12,82
H. neanderth	La Ferrasssie 1	4,44	6,99	11,01	6,6	10,21	13,29
H. neanderth	Krapina J	3,58	6,63	9,67	6,26	9,03	12,25
H. neanderth	Zaffaraya	3,99	6,35	9,9	6,55	8,73	11,96

Espèce	Réfèrence	alpha 1	alpha 2	alpha 3	beta 1	beta 2	beta 3
A. africanus	STS 36	33,24063	126,2661	20,4941	57,11823	86,22862	36,65399
A. robustus	SK 23	35,01777	130,2906	14,69249	46,29532	100,9085	32,79702
H. ergaster	KNM-WT 15000	20,70318	143,2679	16,02975	46,64246	105,4918	27,86657
H. erectus	KNM-ER 67	29,76761	130,6839	19,54935	48,17629	96,23598	35,58857
H. erectus	Ckn G1	24,73656	138,5748	16,68949	51,63588	93,12409	35,24087
H. heidelberg.	Mauer	27,09438	135,1635	17,74298	52,25517	95,82988	31,9158
H. neanderth	Shanidar 1	18,25112	147,9606	13,78908	41,22193	107,868	30,91091
H. neanderth	La Ch. Aux Saints	27,46039	137,2785	15,26192	50,32628	99,11282	30,56174
H. neanderth	Amud 1	17,48783	147,913	14,60002	43,84259	104,9219	31,23635
H. neanderth	La Ferrasssie 1	19,65311	148,0123	12,33539	48,63192	102,3478	29,02111
H. neanderth	Krapina J	25,73783	140,7016	13,56142	45,38983	105,0385	29,5725
H. neanderth	Zaffaraya	21,29612	145,513	13,19176	45,5436	102,0764	32,38083

ANNEXE 10 : Résultats, variabilité des triangles chez *Homo sapiens*.

1- Variabilité intraspécifique, calcul de la variance et du coefficient de variation.

Dimension	Moyenne	Ecart-type	Variance	Coefficient de variation
CM-FM	4,22	0,45934736	0,211	0,108850086
FM-TM	5,49	0,43011626	0,185	0,078345403
CM-TM	10,783	0,72041655	0,51900001	0,0668104
H	5,914	0,70498227	0,497	0,119205659
L	7,011	0,90055538	0,81099999	0,128448921
Id'-CM	10,783	0,8660254	0,74999999	0,080313958
Alpha 1	21,772	3,10129005	9,61799997	0,142443967
Alpha 2	141,725	5,21727898	27,22	0,036812693
Alpha 3	16,504	2,50758848	6,28799999	0,151938226
Beta 1	36,537	5,5949084	31,303	0,153129934
Beta 2	113,469	7,55115885	57,02	0,06654821
Beta 3	29,995	3,57113427	12,753	0,119057652

2- Variabilité dûe à l'âge

Résultats de l'ANOVA :

ANOVA Table for CM-FM

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
age	2	6,556	3,278	45,750	<,0001
Residual	33	2,365	,072		

Model II estimate of between component variance: ,277

ANOVA Table for FM-TM

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
age	2	10,727	5,364	47,471	<,0001
Residual	33	3,729	,113		

Model II estimate of between component variance: ,454

ANOVA Table for CM-TM

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
age	2	28,335	14,168	60,320	<,0001
Residual	33	7,751	,235		

Model II estimate of between component variance: 1,206

ANOVA Table for H

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Val...	P-Val...
age	2	21,556	10,778	69,114	<,0001
Residual	33	5,146	,156		

Model II estimate of between component variance: ,919

ANOVA Table for L

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
age	2	21,621	10,811	42,134	<,0001
Residual	33	8,467	,257		

Model II estimate of between component variance: ,913

ANOVA Table for Id'-CM

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
age	2	44,507	22,254	65,938	<,0001
Residual	33	11,137	,337		

Model II estimate of between component variance: 1,897

ANOVA Table for alpha 1

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
classe âge	2	38,249	19,125	3,442	,0439
Residual	33	183,358	5,556		

Model II estimate of between component variance: 1,174

ANOVA Table for alpha 2

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
classe âge	2	121,910	60,955	4,187	,0240
Residual	33	480,382	14,557		

Model II estimate of between component variance: 4,015

ANOVA Table for alpha 3

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
classe âge	2	26,550	13,275	4,331	,0214
Residual	33	101,138	3,065		

Model II estimate of between component variance: ,884

ANOVA Table for beta 1

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
classe âge	2	144,343	72,171	5,116	,0116
Residual	33	465,551	14,108		

Model II estimate of between component variance: 5,025

ANOVA Table for beta 2

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
classe âge	2	685,923	342,962	12,386	<,0001
Residual	33	913,750	27,689		

Model II estimate of between component variance: 27,283

ANOVA Table for beta 3

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
classe âge	2	219,835	109,918	18,797	<,0001
Residual	33	192,971	5,848		

Model II estimate of between component variance: 9,006

CV interclasses et variances :

Dimension	Moyenne	Ecart-type interclasse	Var. intercl.	CV interclasse
CM-FM	2,94027778	0,52630789	0,277	0,178999378
FM-TM	4,32916667	0,67379522	0,454	0,155640859
TM-CM	6,92722222	1,09818031	1,20599999	0,158531122
H	4,04694444	0,95864488	0,91900001	0,236881156
L	5,49666667	0,95551033	0,91299999	0,173834506
Id'-CM	8,19194444	1,37731623	1,897	0,168130563

Dimension	Moyenne	Ecart-type interclasse	Var. intercl.	CV interclasse
Alpha 1	21,2819844	1,08351281	1,17400001	0,050912207
Alpha 2	144,420633	2,00374649	4,015	0,013874378
Alpha 3	14,2982239	0,94021274	0,884	0,06575731
Beta 1	35,9835437	2,24165118	5,02500001	0,062296565
Beta 2	118,579367	5,22331312	27,2829999	0,044049089
Beta 3	25,4379306	3,00099983	9,00599998	0,117973426

Var. intercl. : variance interclasse.
CV : coefficient de variation.

3- Dimorphisme sexuel.

Résultats de l'ANOVA :

ANOVA Table for H

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
sexe	1	4,294	4,294	9,994	,0025
Residual	56	24,062	,430		

Model II estimate of between component variance: ,133

ANOVA Table for L

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
sexe	1	1,750	1,750	2,204	,1433
Residual	56	44,467	,794		

Model II estimate of between component variance: ,033

ANOVA Table for Id'-CM

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
sexe	1	9,625	9,625	16,286	,0002
Residual	56	33,098	,591		

Model II estimate of between component variance: ,312

ANOVA Table for CM-FM

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
sexe	1	1,970	1,970	10,965	,0016
Residual	56	10,061	,180		

Model II estimate of between component variance: ,062

ANOVA Table for FM-TM

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
sexe	1	1,192	1,192	7,127	,0099
Residual	56	9,367	,167		

Model II estimate of between component variance: ,035

ANOVA Table for CM-TM

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
sexe	1	7,001	7,001	17,375	,0001
Residual	56	22,564	,403		

Model II estimate of between component variance: ,228

ANOVA Table for alpha 1

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Sexe	1	41,812	41,812	4,624	,0359
Residual	56	506,392	9,043		

Model II estimate of between component variance: 1,131

ANOVA Table for alpha 2

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Sexe	1	83,824	83,824	3,198	,0791
Residual	56	1467,718	26,209		

Model II estimate of between component variance: 1,989

ANOVA Table for alpha 3

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Sexe	1	7,232	7,232	1,153	,2875
Residual	56	351,165	6,271		

Model II estimate of between component variance: [illegible]

ANOVA Table for beta 1

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Sexe	1	33,608	33,608	1,075	,3043
Residual	56	1750,685	31,262		

Model II estimate of between component variance: ,081

ANOVA Table for beta 2

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Sexe	1	22,084	22,084	,383	,5385
Residual	56	3228,038	57,644		

Model II estimate of between component variance: •

ANOVA Table for beta 3

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
Sexe	1	1,205	1,205	,093	,7615
Residual	56	725,701	12,959		

Model II estimate of between component variance: •

4- Variabilité interpopulationnelle.

Résultats de l'ANOVA :

ANOVA Table for CM-FM

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
population	1	,897	,897	4,246	,0424
Residual	85	17,947	,211		

Model II estimate of between component variance: ,018

ANOVA Table for FM-TM

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
population	1	,577	,577	3,508	,0645
Residual	85	13,981	,164		

Model II estimate of between component variance: ,011

ANOVA Table for CM-TM

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
population	1	3,769	3,769	8,691	,0041
Residual	85	36,866	,434		

Model II estimate of between component variance: ,086

ANOVA Table for H

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
population	1	1,331	1,331	2,407	,1245
Residual	85	47,017	,553		

Model II estimate of between component variance: ,02

ANOVA Table for L

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
population	1	1,510	1,510	2,459	,1206
Residual	85	52,196	,614		

Model II estimate of between component variance: ,023

ANOVA Table for Id'-CM

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
population	1	4,800	4,800	7,414	,0079
Residual	85	55,033	,647		

Model II estimate of between component variance: ,107

ANOVA Table for alpha 1

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
population	1	51,423	51,423	5,714	,0190
Residual	85	764,991	9,000		

Model II estimate of between component variance: 1,097

ANOVA Table for alpha 2

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
population	1	123,045	123,045	4,402	,0389
Residual	85	2375,896	27,952		

Model II estimate of between component variance: 2,459

ANOVA Table for alpha 3

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
population	1	15,379	15,379	2,091	,1518
Residual	85	625,109	7,354		

Model II estimate of between component variance: ,208

ANOVA Table for beta 1

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
population	1	2,945	2,945	,126	,7232
Residual	85	1981,851	23,316		

Model II estimate of between component variance: •

ANOVA Table for beta 2

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
population	1	9,860	9,860	,190	,6639
Residual	85	4407,916	51,858		

Model II estimate of between component variance: •

ANOVA Table for beta 3

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value
population	1	2,028	2,028	,135	,7142
Residual	85	1276,190	15,014		

Model II estimate of between component variance: •

ANNEXE 11 : Corrélations et régression.

Matrices de corrélation (coefficients de corrélation linéaire r) :

Correlation Matrix

	H	L	Id'-CM	CM-FM	FM-TM	CM-TM
H	1,000	,772	,935	,942	,842	,930
L	,772	1,000	,903	,740	,856	,837
Id'-CM	,935	,903	1,000	,925	,937	,984
CM-FM	,942	,740	,925	1,000	,799	,939
FM-TM	,842	,856	,937	,799	1,000	,948
CM-TM	,930	,837	,984	,939	,948	1,000

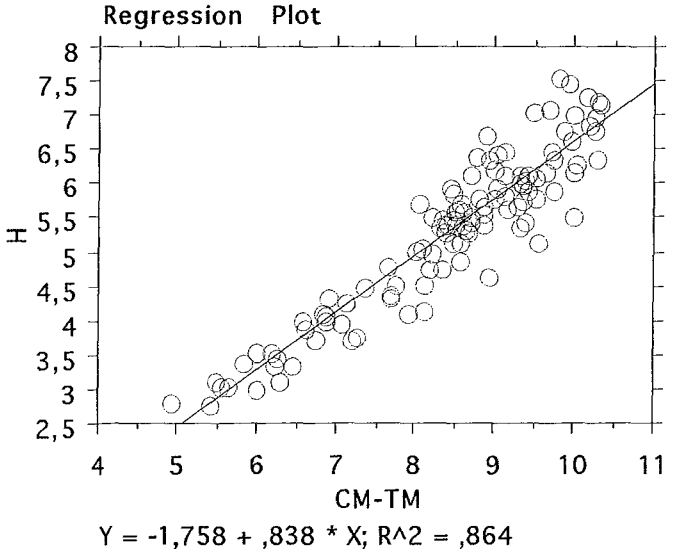
114 observations were used in this computation.

Correlation Matrix

	beta 1	beta 2	beta 3	alpha 1	alpha 2	alpha 3
beta 1	1,000	-,847	,391	,316	-,258	,157
beta 2	-,847	1,000	-,820	-,387	,459	-,467
beta 3	,391	-,820	1,000	,329	-,518	,641
alpha 1	,316	-,387	,329	1,000	-,932	,718
alpha 2	-,258	,459	-,518	-,932	1,000	-,921
alpha 3	,157	-,467	,641	,718	-,921	1,000

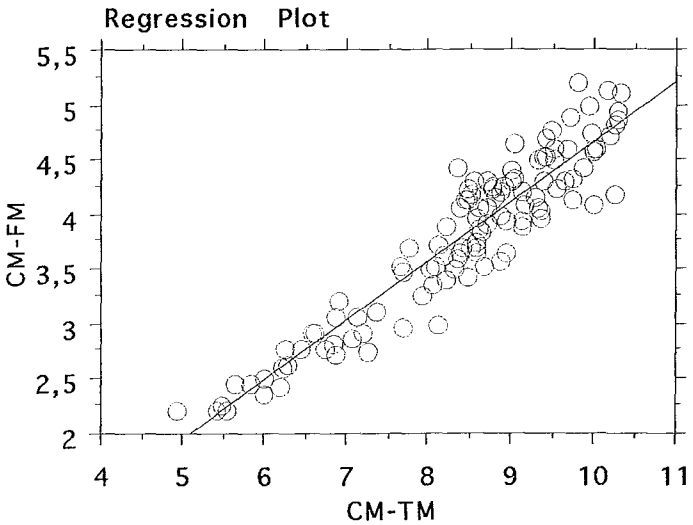
123 observations were used in this computation.

Droites de régression : (« intercept » : ordonnée à l'origine).



Confidence Intervals
H vs. CM-TM

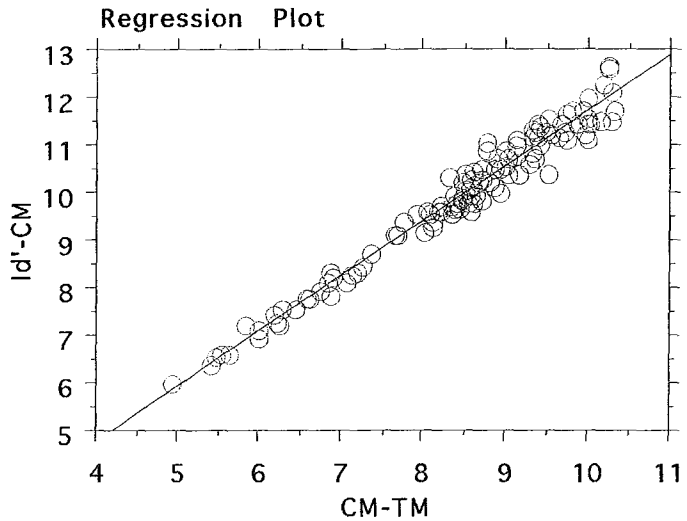
	Coefficient	95% Lower	95% Upper
Intercept	-1,758	-2,289	-1,228
CM-TM	,838	,776	,900



Y = -,798 + ,547 * X; R^2 = ,881

Confidence Intervals
CM-FM vs. CM-TM

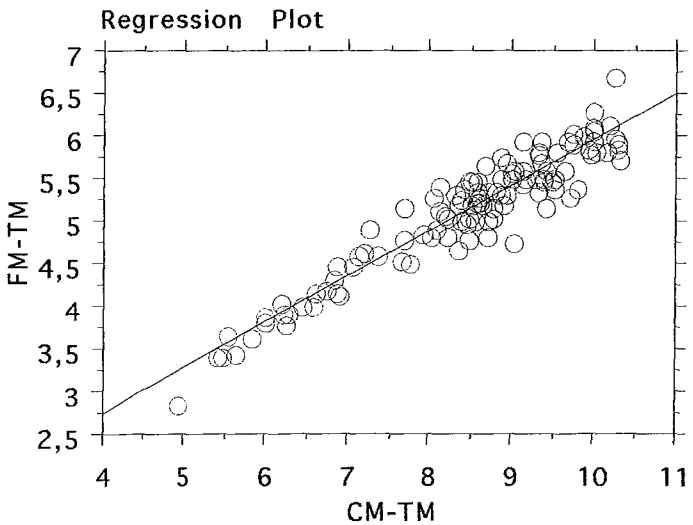
	Coefficient	95% Lower	95% Upper
Intercept	-,798	-1,119	-,478
CM-TM	,547	,509	,584



Y = ,169 + 1,155 * X; R^2 = ,968

Confidence Intervals
Id'-CM vs. CM-TM

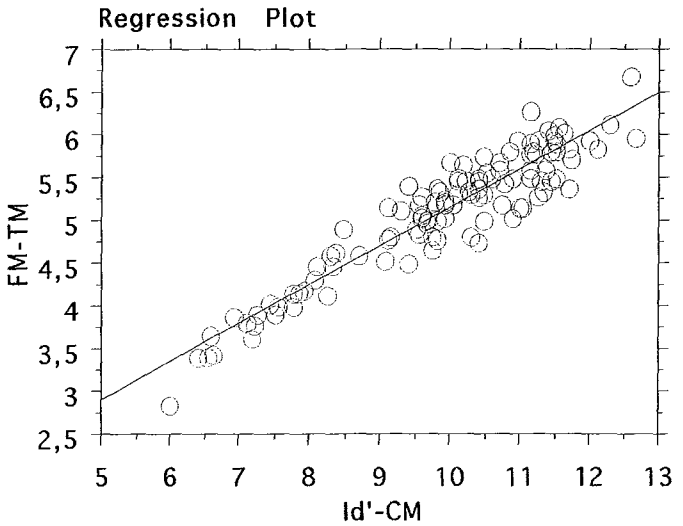
	Coefficient	95% Lower	95% Upper
Intercept	,169	-,166	,503
CM-TM	1,155	1,116	1,194



Y = ,606 + ,534 * X; R^2 = ,898

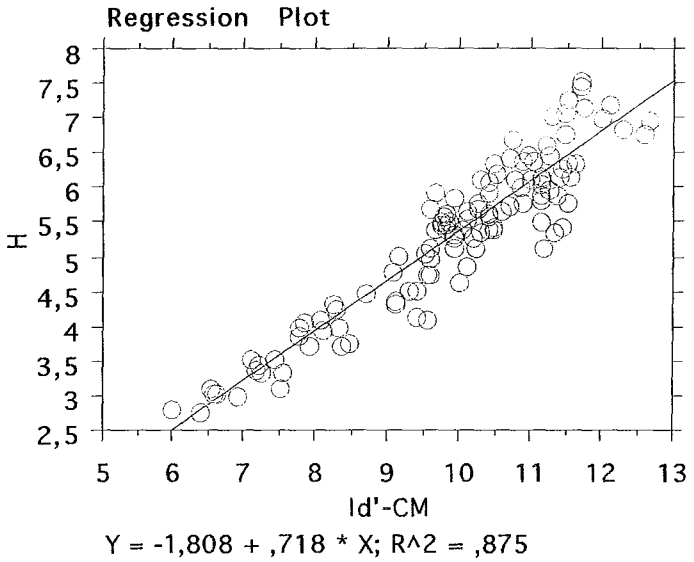
Confidence Intervals
FM-TM vs. CM-TM

	Coefficient	95% Lower	95% Upper
Intercept	,606	,319	,893
CM-TM	,534	,501	,568



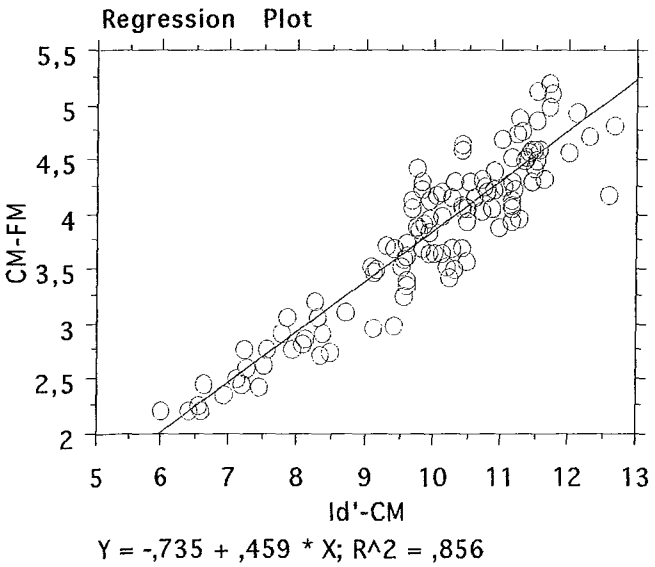
Confidence Intervals
FM-TM vs. Id'-CM

	Coefficient	95% Lower	95% Upper
Intercept	,651	,338	,965
Id'-CM	,450	,419	,481



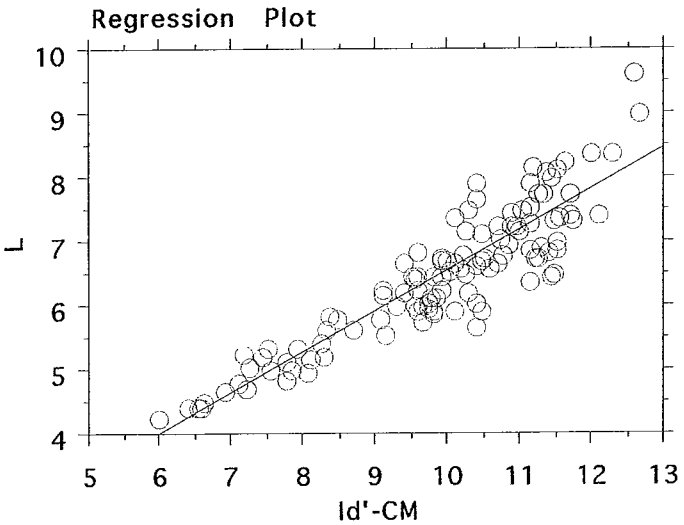
Confidence Intervals
H vs. Id'-CM

	Coefficient	95% Lower	95% Upper
Intercept	-1,808	-2,318	-1,298
Id'-CM	,718	,667	,769



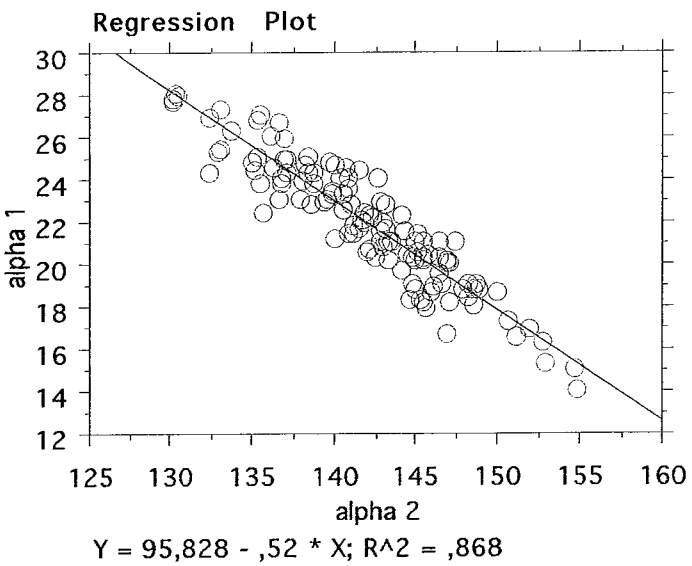
Confidence Intervals
CM-FM vs. Id'-CM

	Coefficient	95% Lower	95% Upper
Intercept	-,735	-1,089	-,381
Id'-CM	,459	,424	,494



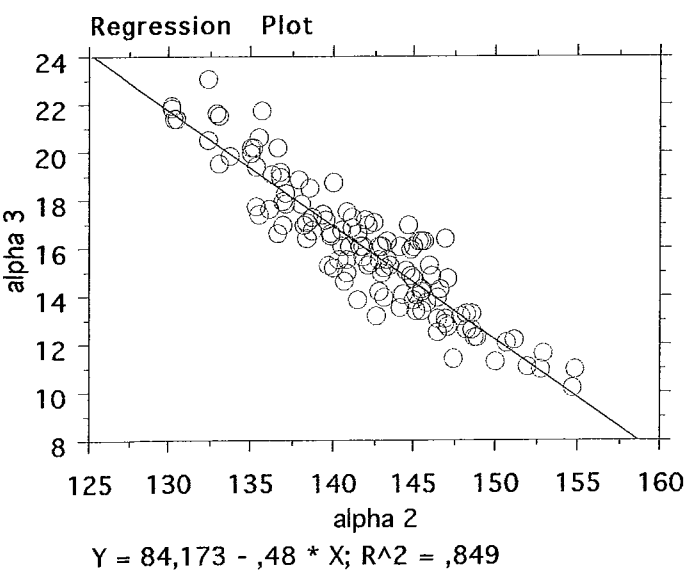
Confidence Intervals
L vs. Id'-CM

	Coefficient	95% Lower	95% Upper
Intercept	,198	-,369	,764
Id'-CM	,635	,578	,691



Confidence Intervals
alpha 1 vs. alpha 2

	Coefficient	95% Lower	95% Upper
Intercept	95,828	90,653	101,002
alpha 2	-,520	-,557	-,484



Confidence Intervals
alpha 3 vs. alpha 2

	Coefficient	95% Lower	95% Upper
Intercept	84,173	78,999	89,348
alpha 2	-,480	-,516	-,443

ANNEXE 12 : Résultats des mesures de l'étude de la position du TM par rapport aux dents.

1- Résultats des mesures chez Homo sapiens adulte.

	Scores		Dimensions triangle interne					
mandibule	Score TM	Score tm	CM-FM	CM'-FM'	FM-TM	FM'TM'	CM-TM	CM'-TM'
569	3	1,57668	4,07	2,4833	5,77	5,66	9,33	8,18
4791	3	3,45108	4,57	3,3368	6,07	6,03	10	9,37
6555	3	1,82917	3,7	2,1696	5,47	5,38	8,51	7,55
B3 18	3	2,29085	4,52	3,0362	5,51	5,4753	9,39	8,5115
B5 78	3	1,80358	4,26	2,3513	5,18	4,9441	8,9	7,2953
C2 21	3	2,68796	3,97	2,6821	5,21	5,1923	8,56	7,8744
C3 27	3	2,21141	3,86	2,4812	5,23	5,1204	8,6	7,6016
2902	4	1,63954	3,96	2,5028	5,95	5,8	9,36	8,31
4966	4	1,82094	3,43	2,3827	5,42	5,4058	8,46	7,7884
9205	4	1,21017	4,98	2,2763	5,83	5,6092	9,92	7,9
9229	4	2,15217	4,77	2,6811	5,47	5,3647	9,48	8,0458
9978	4	1,4305	4,83	3,1624	5,96	5,8191	10,25	8,9815
17695	4	3,05339	4,03	2,9617	5,7	5,6045	9,36	8,5662
17884	4	1,66794	3,95	2,8028	5,6	5,5124	9,13	8,3152
20501	4	1,42591	4,53	2,8875	5,58	5,5353	9,41	8,4228
20510	4	1,21613	4,06	2,3979	5,29	5,245	8,61	7,62
AAK	4	1,97714	4,21	2,7005	5,45	5,3381	9,13	8,0386
B1 10	4	2,2159	3,9	2,1526	5,93	5,8008	9,13	7,9533
B5 24	4	2,38301	3	2,3991	5,42	5,4048	8,11	7,8038
C2 11	4	3,16813	3,6	2,7977	5,19	5,187	8,35	7,9847
C2 18	4	1,80146	3,41	2,6122	5,02	4,898	8,2	7,5102
C2 28	4	2,16088	4,06	2,6097	5,8	5,702	9,3	8,3117
C3 15	4	2,49483	4,69	3,3737	5,15	5,0785	9,4	8,4522
C3 39	4	3,25756	4	2,6242	5,51	5,4783	8,87	8,1025
2317	5	2,96777	3,9	2,6697	4,81	4,74	8,22	7,8
2338	5	2,28284	3,94	2,786	5,32	5,19	8,92	7,97
9240	5	1,00261	4,57	2,6991	5,95	5,73	9,98	8,43
9848	5	1,00036	4,5	3,1931	5,49	5,4232	9,51	8,6162
17698	5	2,66518	4,9	3,5248	5,27	5,2104	9,69	8,71
B2 34	5	2,45454	4,44	2,9939	4,67	4,67	8,34	7,6639
B4 13	5	1,82705	4,59	2,5667	5,95	5,8859	9,66	8,4526
C2 37	5	1,14286	4,25	2,4072	5,15	5,0089	8,78	7,71

Tableau 1 : Résultats des mesures des scores de la positions du TM et des dimensions du triangle interne chez *Homo sapiens* adulte.

	Dimensions triangle périphérique					Dimensions arcade		
mandibule	CM-Go	CM'-Go	Go-Id'	Id'-CM	Id'-CM'	Id'-P2	Id'-M2	M2-P2
569	6,12	1,522	7,92	11,15	9,442	1,91	4,11	2,2
4791	6,16	3,355	6,83	11,42	10,185	2,33	4,39	2,06
6555	5,61	0,9163	7,9	10,4	8,8163	2,04	4,23	2,19
B3 18	6,05	2,0494	7,53	11,15	9,5794	2,03	4,2	2,17
B5 78	6,71	1,4065	7,06	10,75	8,4665	1,88	3,93	2,05
C2 21	5,13	2,0538	6,7	9,94	8,7538	1,96	4,02	2,06
C3 27	5,61	2,21	6,12	9,79	8,33	1,54	3,67	2,13
2902	5,96	2,0384	7,73	11,26	9,7684	2,17	4,34	2,17
4966	5,14	2,3654	6,81	10,22	9,1754	2,17	4,3	2,13
9205	7,48	1,4529	7,74	11,72	9,1929	1,76	3,86	2,1
9229	7,04	2,2222	6,9	11,3	9,1222	1,92	3,92	2
9978	6,95	1,7049	8,98	12,67	10,685	2,37	4,66	2,29
17695	5,76	2,8101	6,65	10,72	9,4601	2,1	3,95	1,85
17884	5,84	1,6879	7,9	11,13	9,5879	1,99	4,3	2,31
20501	5,9	1,784	8,1	11,37	9,884	2,1	4,48	2,38
20510	5,39	1,395	7,67	10,42	9,065	1,94	4,07	2,13
AAK	6,14	2,3497	6,79	10,76	9,1397	1,89	3,99	2,1
B1 10	6,49	1,7125	7,25	10,98	8,9625	1,9	4,02	2,12
B5 24	4,14	1,9754	6,65	9,4	8,6254	1,72	3,77	2,05
C2 11	4,76	2,7777	5,98	9,57	8,7577	1,98	3,81	1,83
C2 18	5	2,3165	6,23	9,59	8,5465	1,71	3,74	2,03
C2 28	6	2,3444	6,95	10,84	9,2944	1,86	4,06	2,2
C3 15	6,13	2,2068	7,18	11	9,3868	1,96	4,11	2,15
C3 39	5,57	2,0233	6,65	10,11	8,6733	1,75	3,62	1,87
2317	5,51	2,4327	5,94	9,74	8,3727	1,65	3,63	1,98
2338	6,34	2,9862	5,93	10,48	8,9162	1,8	3,74	1,94
9240	6,99	1,5129	8,38	12	9,8929	1,88	4,16	2,28
9848	5,8	2,0691	8,11	11,53	10,179	1,99	4,27	2,28
17698	6,47	2,9273	6,76	11,27	9,6873	2,03	3,95	1,92
B2 34	5,48	2,3073	6,05	9,74	8,3573	1,55	3,49	1,94
B4 13	7,07	1,8894	7,34	11,47	9,2294	1,44	3,63	2,19
C2 37	6,4	1,6132	7,51	11,04	9,17	1,94	4,2	2,26

Tableau 2 : Résultats des mesures des dimensions du triangle périphérique et des dimensions de l'arcade chez *Homo sapiens* adulte.

	Position triangle interne				Position arcade par rapport au triangle interne				Position arcade par rapport au triangle périphérique			
mandibule	Id'-FM'	Id'-TM'	Go-FM'	Go-TM'	TM'-M2	TM'-P2	FM'-M2	FM'-P2	CM'-M2	CM'-P2	Go-M2	Go-P2
569	6,9587	1,262	0,9613	6,658	2,848	0,648	2,8487	5,0487	5,332	7,532	3,81	6,01
4791	6,8481	0,815	-0,018	6,015	3,575	1,515	2,4581	4,5181	5,795	7,855	2,44	4,5
6555	6,6467	1,2663	1,2533	6,6337	2,9637	0,7737	2,4167	4,6067	4,5863	6,7763	3,67	5,86
B3 18	6,5432	1,0678	0,9868	6,4622	3,1322	0,9622	2,3432	4,5132	5,3794	7,5494	3,33	5,5
B5 78	6,1153	1,1712	0,9447	5,8888	2,7588	0,7088	2,1853	4,2353	4,5365	6,5865	3,13	5,18
C2 21	6,0717	0,8794	0,6283	5,8206	3,1406	1,0806	2,0517	4,1117	4,7338	6,7938	2,68	4,74
C3 27	5,8489	0,7284	0,2711	5,3916	2,9416	0,8116	2,1789	4,3089	4,66	6,79	2,45	4,58
2902	7,2656	1,4584	0,4644	6,2716	2,8816	0,7116	2,9256	5,0956	5,4284	7,5984	3,39	5,56
4966	6,7927	1,387	0,0173	5,423	2,913	0,783	2,4927	4,6227	4,8754	7,0054	2,51	4,64
9205	6,9165	1,2929	0,8235	6,4471	2,5671	0,4671	3,0565	5,1565	5,3329	7,4329	3,88	5,98
9229	6,441	1,0763	0,459	5,8237	2,8437	0,8437	2,521	4,521	5,2022	7,2022	2,98	4,98
9978	7,5225	1,7034	1,4575	7,2766	2,9566	0,6666	2,8625	5,1525	6,0249	8,3149	4,32	6,61
17695	6,4984	0,8939	0,1516	5,7561	3,0561	1,2061	2,5484	4,3984	5,5101	7,3601	2,7	4,55
17884	6,7851	1,2728	1,1149	6,6272	3,0272	0,7172	2,4851	4,7951	5,2879	7,5979	3,6	5,91
20501	6,9965	1,4612	1,1035	6,6388	3,0188	0,6388	2,5165	4,8965	5,404	7,784	3,62	6
20510	6,6672	1,445	1,0028	6,225	2,625	0,495	2,5972	4,7272	4,995	7,125	3,6	5,73
AAK	6,4392	1,1011	0,3508	5,6889	2,8889	0,7889	2,4492	4,5492	5,1497	7,2497	2,8	4,9
B1 10	6,81	1,0092	0,44	6,2408	3,0108	0,8908	2,79	4,91	4,9425	7,0625	3,23	5,35
B5 24	6,2264	0,8216	0,4236	5,8284	2,9484	0,8984	2,4564	4,5064	4,8554	6,9054	2,88	4,93
C2 11	5,9599	0,7729	0,0201	5,2071	3,0371	1,2071	2,1499	3,9799	4,9477	6,7777	2,17	4
C2 18	5,9343	1,0363	0,2957	5,1937	2,7037	0,6737	2,1943	4,2243	4,8065	6,8365	2,49	4,52
C2 28	6,6847	0,9827	0,2653	5,9673	3,0773	0,8773	2,6247	4,8247	5,2344	7,4344	2,89	5,09
C3 15	6,0131	0,9346	1,1669	6,2454	3,1754	1,0254	1,9031	4,0531	5,2768	7,4268	3,07	5,22
C3 39	6,0491	0,5708	0,6009	6,0792	3,0492	1,1792	2,4291	4,2991	5,0533	6,9233	3,03	4,9
2317	5,703	0,5727	0,237	5,3673	3,0573	1,0773	2,073	4,053	4,7427	6,7227	2,31	4,29
2338	6,1302	0,9462	-0,2	4,9838	2,7938	0,8538	2,3902	4,3302	5,1762	7,1162	2,19	4,13
9240	7,1938	1,4629	1,1862	6,9171	2,6971	0,4171	3,0338	5,3138	5,7329	8,0129	4,22	6,5
9848	6,986	1,5628	1,124	6,5472	2,7072	0,4272	2,716	4,996	5,9091	8,1891	3,84	6,12
17698	6,1625	0,9773	0,5975	5,7827	2,9727	1,0527	2,2125	4,1325	5,7373	7,6573	2,81	4,73
B2 34	5,3634	0,6934	0,6866	5,3566	2,7966	0,8566	1,8734	3,8134	4,8673	6,8073	2,56	4,5
B4 13	6,6627	0,7768	0,6773	6,5632	2,8532	0,6632	3,0327	5,2227	5,5994	7,7894	3,71	5,9
C2 37	6,7628	1,46	0,7472	6,05	2,74	0,48	2,5628	4,8228	4,97	7,23	3,31	5,57

Tableau 3 : Résultats des mesures des positions du triangle interne par rapport au triangle périphérique, de l'arcade par rapport au triangle interne et par rapport au triangle périphérique.

2- Chez les grands singes actuels.

Espèce & Sexe			Dimensions triangle interne						Dimensions triangle périphérique				
	mandibule	Score tm	CM-FM	CM'-FM'	FM-TM	FM'TM'	CM-TM	CM'-TM'	CM-Go	CM'-Go	Go-Id'	Id'-CM	Id'-CM'
Gorilles M	7298	2,25505	8,64	4,1888	9,9	9,3747	17,3	13,563	12,4	0,3246	16,17	20,64	16,495
	7355	0,97253	7,69	4,0978	8,4	7,7919	15,31	11,89	11,5	-0,281	15,72	19,23	15,439
	9536	2,52894	7,44	3,8985	9,83	9,4873	16,08	13,386	10,98	-0,766	16,63	19,27	15,864
	X	1,07629	7,5	3,4399	9,71	8,7892	16,31	12,229	12,63	-0,066	16,05	20,36	15,984
	8837-1	1,46932	6,85	3,4043	8,75	8,2815	14,61	11,686	10,71	0,0748	15,24	18,7	15,315
	8837-3	0,86967	7,12	2,5979	9	7,8884	15,17	10,486	12,59	-2,143	16,17	18,72	14,027
	275	2,9036	6,85	3,8602	10,6	9,9745	16,64	13,835	11,12	0,3299	15,84	19,61	16,17
	112	1,51293	6,28	3,8577	9,3	9,0326	14,75	12,89	9,64	1,2583	14,57	18,47	15,828
	51	2,08901	8,5	3,938	10,08	9,5983	17,2	13,536	12,68	-1,633	18,06	20,65	16,427
	1869-149	2,2347	7,5	2,5528	10,58	9,9999	16,37	12,553	12,5	-2,02	17,39	19,7	15,37
	1884-708	1,41825	6,3	4,0242	10,44	10,097	15,99	14,121	9,94	1,9307	15,61	20,01	17,541
	1919-51	2,02174	7,79	3,9654	10,4	9,9019	17,03	13,867	11,86	0,4966	16,67	20,82	17,167
	1924-325	2,00512	7,62	3,9928	9,56	9,0257	16,2	13,018	11,57	0,7063	15,5	19,9	16,206
	1926-19	0,95402	7,14	3,6131	10,5	9,428	16,92	13,041	12,35	-0,646	17,43	20,8	16,784
	1927-176	0,46299	6,54	2,7225	10,1	8,8467	15,84	11,569	12,85	-1,075	16,46	17	15,385
	1938-195	1,41719	6,87	2,9468	10,1	9,3573	15,86	12,304	11,66	-0,041	15,96	19,76	15,919
	1940-398	1,65515	6,54	3,27	9,54	8,8528	15,23	12,123	10,97	0,555	14,64	18,75	15,195
	1971-203	1,81036	7,19	4,0414	11,16	10,306	17,62	14,347	12,2	1,6979	15,42	20,97	17,118
	1995-151	2,81259	8,36	4,3182	11,1	10,445	18,36	14,763	13,24	0,5313	16,07	21,24	16,601
	1999-029	2,55703	7,77	4,1977	10,23	9,9145	16,77	14,112	11,94	0,8537	15,72	20,45	16,574
	A 10669	0,2499	6,62	3,2799	9,91	9,4788	15,41	12,759	10,74	-0,15	15,82	19,01	15,67
	A 9773	2,31023	6,4	3,1028	10,44	10,031	15,64	13,133	10,89	-0,323	16,14	19,21	15,817
	E 2858	1,71137	6,52	3,7023	9,62	8,9742	15,45	12,677	10,63	0,5563	14,99	18,84	15,546
Gorilles F	10	1,54592	5,8	3,335	8,66	8,194	13,78	11,529	9,31	0,8276	13,7	17,21	14,528
	8837-2	2,22275	7,1	4,3614	7,56	7,2665	13,94	11,628	9,32	1,1842	12,74	16,72	13,924
	1877-759	3,04675	6	2,2961	8,73	8,5435	13,09	10,84	9,51	-0,68	13,16	15,67	12,48
	1921-161	2,27919	5,51	2,8379	8,31	7,9874	12,9	10,825	8,6	0,3001	12,52	15,46	12,82
	1929-89	1,87583	6,28	2,9289	8,21	7,764	13,49	10,693	9,74	0,136	13,49	16,75	13,626
	1931-618	1,30752	6,54	3,1407	8,49	7,8844	14,16	11,025	10,27	0,0179	14,15	17,5	14,168
	1933-75	2,91816	5,97	3,1901	8,91	8,7858	13,64	11,976	9,05	1,1186	12,5	16,32	13,619
	1939-438	1,72029	5,98	3,7226	7,88	7,6859	13,09	11,409	8,31	1,5144	12,54	16,24	14,054
	1940-343	2,0792	5,65	2,7736	8,21	7,8646	12,89	10,638	9,21	0,1286	13,04	16,08	13,169
	1940-373	1,16423	5,83	2,701	8,56	7,9338	13,54	10,635	9,7	-0,186	13,76	16,64	13,574
	1978-4	1,20413	7,61	3,7242	7,19	6,7036	13,93	10,428	10,48	-0,11	13,99	17,36	13,88
	1978-5	1,43186	6,28	2,958	7,71	7,2181	13,1	10,176	9,91	0,4668	12,14	16,03	12,607
	1978-89	1,17414	5,78	2,7313	8,22	7,9198	12,91	10,651	9,17	0,448	12,88	16,21	13,328
	A 9772	1,06632	5,46	2,6304	7,58	6,9508	12,36	9,5812	8,91	-0,233	12,66	15,34	12,427
	X	2,00849	5,87	2,8727	8,28	7,8931	13,19	10,766	9,42	0,2302	12,81	16,08	13,04
MOYENNE		1,74387	6,7813	3,4004	9,2566	8,723	15,054	12,123	10,75	0,1404	14,851	18,361	14,992
Chimpanzé M	9537	1,32481	5,24	3,4584	6,35	5,85	11,3	9,3084	7,56	1,4166	10,62	14,14	12,037
	8837-5	0,86964	4,88	3,1172	5,83	5,6119	10,23	8,7291	6,84	0,6556	11,15	13,62	11,806
	1899-17	0,43359	5,19	3,8811	6,02	5,7772	10,94	9,6583	6,57	1,2198	11,55	14,29	12,77
	1899-111	0,85664	5,38	3,451	5,91	5,5851	10,88	9,0361	7,35	1,2384	11,15	14,38	12,388
	1940-386	1,1336	6,14	3,548	6,26	6,0852	11,61	9,6333	7,86	1,0939	11,36	14,74	12,454
	1947-151	0,51157	5,09	3,2989	4,95	4,8447	9,5	8,1436	6,02	0,6502	10,41	12,56	11,06
	1950-194	1,29313	5,08	3,7394	6,48	6,3965	11,08	10,136	6,2	1,7505	11,82	14,79	13,571
	1952-144	0,94804	5,2	4,0354	5,43	5,347	10,29	9,3824	5,85	2,592	9,45	13,16	12,042
	1959-35	0,87337	4,85	3,7424	5,25	5,1066	9,84	8,849	6,56	2,3509	9,15	12,29	11,501
	1920-135	1,01654	4,47	3,1773	5,87	5,7327	9,94	8,91	5,85	1,7689	9,88	12,89	11,649
Chimpanzé F	1923-2497	1,42137	4,78	3,4558	6,04	5,9427	10,37	9,3985	6,04	1,604	10,41	13,36	12,014
	1940-467	1,15275	4,83	3,2817	5,81	5,4162	10,37	8,6979	6,99	1,7147	9,84	13,39	11,555
	1944-227	0,92481	4,89	3,5647	5,58	5,4923	10,04	9,057	5,75	1,6715	10,41	13,29	12,082
	1947-149	1,06315	5,16	4,0214	5,51	5,2813	10,47	9,3027	5,93	2,5716	9,44	13,18	12,012
	1956-67	1,81878	4,98	3,7009	5,37	5,317	9,9	9,0178	5,31	2,032	9,51	12,51	11,542
	1961-237	2,44558	4,42	3,5668	5,82	5,7616	9,94	9,3284	5,36	2,4667	8,8	12,23	11,267
	1974-72	2,12992	4,5	3,0862	6,28	6,1191	10,33	9,2053	6,06	1,7313	9,91	13,02	11,641
	A 519	1,5223	5,07	3,1562	5,84	5,6616	10,34	8,8178	6,96	2,0581	9,28	13,14	11,338
MOYENNE	1952-2	1,20646	5,0083	3,5157	5,8111	5,6294	10,409	9,1451	6,3922	1,6993	10,23	13,388	11,929

Tableau 6 : score tm, dimensions des triangles interne et périphérique chez les grands singes actuels.

Espèce & Sexe		Dimensions arcade			Position triangle interne			
	mandibule	Id'-P2	Id'-M2	M2-P2	Id'-FM'	Id'-TM'	Go-FM'	Go-TM'
Gorilles M	7298	4,76	8,11	4,2	12,306	2,9312	3,8642	13,239
	7355	4,27	7,41	5,2	11,341	3,5494	4,3788	12,171
	9536	4,37	7,48	6,2	11,966	2,4783	4,6644	14,152
	X	4,59	7,76	7,2	12,544	3,7548	3,506	12,295
	8837-1	4,8	7,97	8,2	11,91	3,629	3,3295	11,611
	8837-3	4,2	7,58	9,2	11,429	3,5408	4,7409	12,629
	275	4,6	7,8	10,2	12,31	2,3352	3,5303	13,505
	112	4	7,02	11,2	11,971	2,9379	2,5994	11,632
	51	4,52	7,8	12,2	12,489	2,8906	5,5711	15,169
	1869-149	4,52	7,62	13,2	12,817	2,8172	4,5729	14,573
	1884-708	4,52	7,76	14,2	13,516	3,4194	2,0935	12,191
	1919-51	5,04	8,61	15,2	13,201	3,2993	3,4688	13,371
	1924-325	4,8	8,04	16,2	12,214	3,1879	3,2864	12,312
	1926-19	4,48	7,73	17,2	13,171	3,7425	4,2594	13,687
	1927-176	4,16	7,44	18,2	12,662	3,8155	3,7977	12,644
	1938-195	4,8	8,36	19,2	12,973	3,6152	2,9875	12,345
	1940-398	4,34	7,66	20,2	11,925	3,0722	2,715	11,568
	1971-203	4,13	7,51	21,2	13,077	2,7704	2,3435	12,65
	1995-151	4,06	7,9	22,2	12,283	1,8381	3,7869	14,232
	1999-029	4,41	7,62	23,2	12,376	2,4615	3,344	13,258
	A 10669	3,1	7,55	24,2	12,39	2,9113	3,4299	12,909
	A 9773	4,37	7,3	25,2	12,714	2,6835	3,4258	13,456
	E 2858	4,09	7,13	26,2	11,844	2,8698	3,146	12,12
Gorilles F	10	4,09	7,06	27,2	11,193	2,9986	2,5074	10,701
	8837-2	3,81	6,81	28,2	9,5628	2,2963	3,1772	10,444
	1877-759	3,63	6,53	29,2	10,184	1,6405	2,976	11,52
	1921-161	3,49	6,56	30,2	9,9823	1,9948	2,5377	10,525
	1929-89	4,37	7,66	31,2	10,697	2,9331	2,7929	10,557
	1931-618	4,13	7,55	32,2	11,027	3,1428	3,1227	11,007
	1933-75	3,63	6,81	33,2	10,429	1,6427	2,0715	10,857
	1939-438	3,85	7	34,2	10,332	2,6458	2,2083	9,8942
	1940-343	3,99	7,02	35,2	10,395	2,5304	2,645	10,51
	1940-373	3,74	6,88	36,2	10,873	2,939	2,8872	10,821
	1978-4	4,37	7,62	37,2	10,156	3,4524	3,8339	10,538
	1978-5	3,32	6,21	38,2	9,6489	2,4308	2,4911	9,7092
	1978-89	3,46	6,67	39,2	10,597	2,6768	2,2834	10,203
	A 9772	3,56	6,7	40,2	9,7964	2,8456	2,8636	9,8144
	X	3,6	6,6	41,2	10,167	2,2744	2,6425	10,536
MOYENNE		4,1571	7,3905	22,7	11,591	2,8683	3,2601	11,983
Chimpanzé M	9537	3,49	5,75	3,2	8,5782	2,7282	2,0418	7,8918
	8837-5	3,58	5,79	4,2	8,6884	3,0765	2,4616	8,0735
	1899-17	3,35	5,5	5,2	8,8888	3,1115	2,6612	8,4385
	1899-111	3,88	6,16	6,2	8,9374	3,3523	2,2126	7,7977
	1940-386	3,46	5,64	7,2	8,9059	2,8206	2,4541	8,5394
	1947-151	3,18	5,15	8,2	7,7612	2,9165	2,6488	7,4935
	1950-194	4,27	6,46	9,2	9,8311	3,4346	1,9889	8,3854
	1952-144	3,18	5,49	10,2	8,0065	2,6595	1,4435	6,7905
	1959-35	3,12	5,36	11,2	7,7585	2,6519	1,3915	6,4981
	1920-135	3,3	5,52	12,2	8,4716	2,7389	1,4084	7,1411
Chimpanzé F	1923-2497	3,42	5,66	13,2	8,5582	2,6155	1,8518	7,7945
	1940-467	3,53	5,84	14,2	8,273	2,8568	1,567	6,9832
	1944-227	3,56	5,79	15,2	8,5169	3,0245	1,8931	7,3855
	1947-149	3,3	5,56	16,2	7,9902	2,7089	1,4498	6,7311
	1956-67	3,55	5,64	17,2	7,8412	2,5242	1,6688	6,9858
	1961-237	3,21	5,2	18,2	7,6999	1,9383	1,1001	6,8617
	1974-72	3,65	5,7	19,2	8,5551	2,4359	1,3549	7,4741
	A 519	3,35	5,45	20,2	8,182	2,5203	1,098	6,7597
MOYENNE		3,4656	5,6478	11,7	8,4136	2,7842	1,8164	7,4458

Figure 7 : Dimensions de l'arcade et position du triangle interne par rapport au triangle périphérique.

Espèce & Sexe		Position arcade/ triangle interne				Position arcade/ triangle périphérique			
	mandibule	TM'-M2	TM'-P2	FM'-M2	FM'-P2	CM'-M2	CM'-P2	Go-M2	Go-P2
Gorilles M	7298	5,1788	1,8288	4,1958	7,5458	8,3846	11,735	8,06	11,41
	7355	3,8606	0,7206	3,9312	7,0712	8,029	11,169	8,31	11,45
	9536	5,0017	1,8917	4,4856	7,5956	8,3841	11,494	9,15	12,26
	X	4,0052	0,8352	4,784	7,954	8,2239	11,394	8,29	11,46
	8837-1	4,341	1,171	3,9405	7,1105	7,3448	10,515	7,27	10,44
	8837-3	4,0392	0,6592	3,8491	7,2291	6,4471	9,8271	8,59	11,97
	275	5,4648	2,2648	4,5097	7,7097	8,3699	11,57	8,04	11,24
	112	4,0821	1,0621	4,9506	7,9706	8,8083	11,828	7,55	10,57
	51	4,9094	1,6294	4,6889	7,9689	8,6269	11,907	10,26	13,54
	1869-149	4,8028	1,7028	5,1971	8,2971	7,75	10,85	9,77	12,87
	1884-708	4,3406	1,1006	5,7565	8,9965	9,7807	13,021	7,85	11,09
	1919-51	5,3107	1,7407	4,5912	8,1612	8,5566	12,127	8,06	11,63
	1924-325	4,8521	1,6121	4,1736	7,4136	8,1663	11,406	7,46	10,7
	1926-19	3,9875	0,7375	5,4406	8,6906	9,0537	12,304	9,7	12,95
	1927-176	3,6245	0,3445	5,2223	8,5023	7,9447	11,225	9,02	12,3
	1938-195	4,7448	1,1848	4,6125	8,1725	7,5593	11,119	7,6	11,16
	1940-398	4,5878	1,2678	4,265	7,585	7,535	10,855	6,98	10,3
	1971-203	4,7396	1,3596	5,5665	8,9465	9,6079	12,988	7,91	11,29
	1995-151	6,0619	2,2219	4,3831	8,2231	8,7013	12,541	8,17	12,01
	1999-029	5,1585	1,9485	4,756	7,966	8,9537	12,164	8,1	11,31
	A 10669	4,6387	0,1887	4,8401	9,2901	8,12	12,57	8,27	12,72
	A 9773	4,6165	1,6865	5,4142	8,3442	8,5169	11,447	8,84	11,77
	E 2858	4,2602	1,2202	4,714	7,754	8,4163	11,456	7,86	10,9
Gorilles F	10	4,0614	1,0914	4,1326	7,1026	7,4676	10,438	6,64	9,61
	8837-2	4,5137	1,5137	2,7528	5,7528	7,1142	10,114	5,93	8,93
	1877-759	4,8895	1,9895	3,654	6,554	5,9501	8,8501	6,63	9,53
	1921-161	4,5652	1,4952	3,4223	6,4923	6,2601	9,3301	5,96	9,03
	1929-89	4,7269	1,4369	3,0371	6,3271	5,966	9,256	5,83	9,12
	1931-618	4,4072	0,9872	3,4773	6,8973	6,6179	10,038	6,6	10,02
	1933-75	5,1673	1,9873	3,6185	6,7985	6,8086	9,9886	5,69	8,87
	1939-438	4,3542	1,2042	3,3317	6,4817	7,0544	10,204	5,54	8,69
	1940-343	4,4896	1,4596	3,375	6,405	6,1486	9,1786	6,02	9,05
	1940-373	3,941	0,801	3,9928	7,1328	6,6938	9,8338	6,88	10,02
	1978-4	4,1676	0,9176	2,5361	5,7861	6,2603	9,5103	6,37	9,62
	1978-5	3,7792	0,8892	3,4389	6,3289	6,3968	9,2868	5,93	8,82
	1978-89	3,9932	0,7832	3,9266	7,1366	6,658	9,868	6,21	9,42
	A 9772	3,8544	0,7144	3,0964	6,2364	5,7268	8,8668	5,96	9,1
	X	4,3256	1,3256	3,5675	6,5675	6,4402	9,4402	6,21	9,21
MOYENNE		4,5222	1,2888	4,2007	7,4341	7,6012	10,835	7,4608	10,694
Chimpanzé M	9537	3,0218	0,7618	2,8282	5,0882	6,2866	8,5466	4,87	7,13
	8837-5	2,7135	0,5035	2,8984	5,1084	6,0156	8,2256	5,36	7,57
	1899-17	2,3885	0,2385	3,3888	5,5388	7,2698	9,4198	6,05	8,2
	1899-111	2,8077	0,5277	2,7774	5,0574	6,2284	8,5084	4,99	7,27
	1940-386	2,8194	0,6394	3,2659	5,4459	6,8139	8,9939	5,72	7,9
	1947-151	2,2335	0,2635	2,6112	4,5812	5,9102	7,8802	5,26	7,23
	1950-194	3,0254	0,8354	3,3711	5,5611	7,1105	9,3005	5,36	7,55
	1952-144	2,8305	0,5205	2,5165	4,8265	6,552	8,862	3,96	6,27
	1959-35	2,7081	0,4681	2,3985	4,6385	6,1409	8,3809	3,79	6,03
	1920-135	2,7811	0,5611	2,9516	5,1716	6,1289	8,3489	4,36	6,58
Chimpanzé F	1923-2497	3,0445	0,8045	2,8982	5,1382	6,354	8,594	4,75	6,99
	1940-467	2,9832	0,6732	2,433	4,743	5,7147	8,0247	4	6,31
	1944-227	2,7655	0,5355	2,7269	4,9569	6,2915	8,5215	4,62	6,85
	1947-149	2,8511	0,5911	2,4302	4,6902	6,4516	8,7116	3,88	6,14
	1956-67	3,1158	1,0258	2,2012	4,2912	5,902	7,992	3,87	5,96
	1961-237	3,2617	1,2717	2,4999	4,4899	6,0667	8,0567	3,6	5,59
	1974-72	3,2641	1,2141	2,8551	4,9051	5,9413	7,9913	4,21	6,26
	A 519	2,9297	0,8297	2,732	4,832	5,8881	7,9881	3,83	5,93
MOYENNE		2,8636	0,6814	2,7658	4,948	6,2815	8,4637	4,5822	6,7644

Figure 8 : Position de l'arcade par rapport aux triangles interne et périphérique.

3- Hominidés.

Espèce				Dimensions triangle interne						Dimensions triangle périphérique				
	mandibule	Score TM	Score tm	CM-FM	CM'-FM'	FM-TM	FM'TM'	CM-TM	CM'-TM'	CM-Go	CM'-Go	Go-Id'	Id'-CM	Id'-CM'
Chimpanzés	moyenne	4,61	1,2065	5,0083	3,5157	5,8111	5,6294	10,409	9,1451	6,3922	1,6993	10,23	13,388	11,929
A. africanus	STS 36	4	1,1796	4,72	1,6761	7,39	7,1224	10,87	8,7985	8,31	-0,507	11,69	13,89	11,183
H. ergaster	KNM-WT 15000	3	2,3356	4,46	3,0016	5,71	5,6057	9,66	8,6074	5,67	1,4962	8,82	11,69	10,316
H. erectus	Ckn G1	3	1,3135	4,31	2,2069	6,28	5,9803	9,93	8,1872	7,05	0,3935	9,58	12,2	9,9735
H. heidelberg.	Mauer	7	-2,162	4,59	2,4527	6,86	6,6879	10,62	9,1406	7,02	1,9232	10,5	13,21	12,423
H. neanderth	Moyenne	6,75	-0,021	4,265	2,7507	6,215	5,9843	10,03	8,735	6,6375	1,7235	8,9375	12,435	10,661
H. sapiens	Fish Hoek	3	3,1173	3,37	2,202	6,21	6,1618	9	8,3638	5,19	1,474	7,51	10,25	8,984
H. sapiens	Moyenne	4,031	2,0524	4,1703	2,7096	5,4788	5,3889	9,0894	8,1201	5,9731	2,0756	7,1325	10,779	9,2095
H. neanderth	Shanidar 1	7	0,0283	4,65	3,1235	6,11	5,8803	10,35	9,0038	6,86	2,0628	8,8	12,71	10,863
H. neanderth	Amud 1	8	-0,417	4,84	3,2885	5,77	5,5705	10,2	8,859	6,88	1,8154	9,19	12,82	11,005
H. neanderth	Krapina J	7	0,0049	3,58	2,0636	6,63	6,3889	9,67	8,4525	6,26	1,6202	9,03	12,25	10,65
H. neanderth	Zaffaraya	5	0,3225	3,99	2,5272	6,35	6,0975	9,9	8,6247	6,55	1,3953	8,73	11,96	10,125

Tableau 8 : Scores TM et tm, dimensions des triangles interne et périphérique chez les hominidés.

Espèce		Dimensions arcade			Position triangle interne			
	mandibule	Id'-P2	Id'-M2	M2-P2	Id'-FM'	Id'-TM'	Go-FM'	Go-TM'
Chimpanzés	moyenne	3,4656	5,6478	11,7	8,4136	2,7842	1,8164	7,4458
A. africanus	STS 36	3,04	5,56	2,52	9,5066	2,3841	2,1834	9,3059
H. ergaster	KNM-WT 15000	2,97	5,4	2,43	7,3145	1,7088	1,5055	7,1112
H. erectus	Ckn G1	2,43	4,9	2,47	7,7666	1,7864	1,8134	7,7936
H. heidelberg.	Mauer	2,26	4,73	2,47	9,9705	3,2826	0,5295	7,2174
H. neanderth	Moyenne	1,9175	4,0425	2,125	7,9103	1,926	1,0272	7,0115
H. sapiens	Fish Hoek	1,73	3,56	1,83	6,782	0,6202	0,728	6,8898
H. sapiens	Moyenne	1,9144	4,0194	2,105	6,5	1,0894	0,6325	6,0431
H. neanderth	Shanidar 1	1,87	3,88	2,01	7,7393	1,859	1,0607	6,941
H. neanderth	Amud 1	1,98	3,99	2,01	7,717	2,1465	1,473	7,0435
H. neanderth	Krapina J	2,2	4,6	2,4	8,5866	2,1977	0,4434	6,8323
H. neanderth	Zaffaraya	1,62	3,7	2,08	7,5982	1,5007	1,1318	7,2293

Tableau 9 : Dimensions de l'arcade et position du triangle périphérique chez les hominidés.

		Position arcade/Triangle interne				Position arcade/Triangle périphérique			
	mandibule	TM'-M2	TM'-P2	FM'-M2	FM'-P2	CM'-M2	CM'-P2	Go-M2	Go-P2
Chimpanzés	moyenne	-2,864	0,681	2,7658	4,948	6,2815	8,4637	4,5822	6,7644
A. africanus	STS 36	-3,176	0,656	3,9466	6,4666	5,6227	8,1427	6,13	8,65
H. ergaster	KNM-WT 15000	-3,691	1,261	1,9145	4,3445	4,9162	7,3462	3,42	5,85
H. erectus	Ckn G1	-3,114	0,644	2,8666	5,3366	5,0735	7,5435	4,68	7,15
H. heidelberg.	Mauer	-1,447	-1,02	5,2405	7,7105	7,6932	10,163	5,77	8,24
H. neanderth	Moyenne	-2,117	-0,01	3,8678	5,9928	6,6185	8,7435	4,895	7,02
H. sapiens	Fish Hoek	-2,94	1,11	3,222	5,052	5,424	7,254	3,95	5,78
H. sapiens	Moyenne	-2,93	0,825	2,4806	4,5856	5,1902	7,2952	3,1131	5,2181
H. neanderth	Shanidar 1	-2,021	0,011	3,8593	5,8693	6,9828	8,9928	4,92	6,93
H. neanderth	Amud 1	-1,844	-0,17	3,727	5,737	7,0154	9,0254	5,2	7,21
H. neanderth	Krapina J	-2,402	0,002	3,9866	6,3866	6,0502	8,4502	4,43	6,83
H. neanderth	Zaffaraya	-2,199	0,119	3,8982	5,9782	6,4253	8,5053	5,03	7,11

Tableau 10 : Position de l'arcade par rapport aux triangles interne et périphérique.

ANNEXE 13: Tableaux de correlations. (Coefficients de corrélation linéaire)

1- Chez l'homme actuel.

	CM-Go	CM'-P2	Id'-M2	Id'-CM	Go-TM'	FM'-M2	Go-FM'	Id'-FM'	CM'-Go	Go-Id'	FM'-P2	TM'-M2	Go-M2	M2-P2	Go-P2	Id'-TM'	TM'-P2	Score tm
:M-Go	1,000	,514	,197	,819	,474	,525	,319	,448	-,208	,463	,512	-,218	,514	,287	,492	,322	-,324	-,361
:M'-P2	,514	1,000	,629	,870	,704	,615	,421	,750	-,001	,712	,681	,060	,637	,571	,653	,541	-,268	-,389
d'-M2	,197	,629	1,000	,643	,641	,371	,448	,802	-,227	,761	,528	,223	,525	,685	,581	,779	-,207	-,411
d'-CM	,819	,870	,643	1,000	,774	,674	,521	,796	-,230	,797	,728	-,058	,741	,573	,741	,630	-,359	-,482
io-TM'	,474	,704	,641	,774	1,000	,641	,826	,773	-,639	,951	,757	-,035	,944	,733	,945	,614	-,430	-,536
M'-M2	,525	,615	,371	,674	,641	1,000	,234	,852	-,388	,674	,953	-,336	,708	,484	,695	,558	-,523	-,575
io-FM'	,319	,421	,448	,521	,826	,234	1,000	,403	-,757	,811	,406	-,248	,852	,644	,849	,573	-,544	-,592
d'-FM'	,448	,750	,802	,796	,773	,852	,403	1,000	-,377	,862	,911	-,091	,751	,697	,774	,798	-,453	-,601
:M'-Go	-,208	-,001	-,227	-,230	-,639	-,388	-,757	-,377	1,000	-,660	-,508	,492	-,758	-,586	-,758	-,526	,698	,693
io-Id'	,463	,712	,761	,797	,951	,674	,811	,862	-,660	1,000	,807	-,195	,952	,802	,965	,827	-,591	-,712
M'-P2	,512	,681	,528	,728	,757	,953	,406	,911	-,508	,807	1,000	-,310	,808	,726	,828	,687	-,637	-,715
'M'-M2	-,218	,060	,223	-,058	-,035	-,336	-,248	-,091	,492	-,195	-,310	1,000	-,361	-,135	-,332	-,438	,838	,727
io-M2	,514	,637	,525	,741	,944	,708	,852	,751	-,758	,952	,808	-,361	1,000	,728	,991	,717	-,677	-,739
12-P2	,287	,571	,685	,573	,733	,484	,644	,697	-,586	,802	,726	-,135	,728	1,000	,815	,718	-,653	-,761
io-P2	,492	,653	,581	,741	,945	,695	,849	,774	-,758	,965	,828	-,332	,991	,815	1,000	,749	-,702	-,777
d'-TM'	,322	,541	,779	,630	,614	,558	,573	,798	-,526	,827	,687	-,438	,717	,718	,749	1,000	-,730	-,847
'M'-P2	-,324	-,268	-,207	-,359	-,430	-,523	-,544	-,453	,698	-,591	-,637	,838	-,677	-,653	-,702	-,730	1,000	,975
core tm	-,361	-,389	-,411	-,482	-,536	-,575	-,592	-,601	,693	-,712	-,715	,727	-,739	-,761	-,777	-,847	,975	1,000

2- Chez Pan troglodytes.

	Go-Id'	Go-M2	Go-P2	Go-FM'	M2-P2	Id'-TM'	TM'-M2	TM'-P2	Score tm
Go-Id'	1,000	,945	,958	,843	-,728	,818	-,349	-,387	-,471
Go-M2	,945	1,000	,991	,925	-,768	,698	-,534	-,500	-,548
Go-P2	,958	,991	1,000	,915	-,806	,749	-,529	-,545	-,599
Go-FM'	,843	,925	,915	1,000	-,801	,682	-,648	-,602	-,635
M2-P2	-,728	-,768	-,806	-,801	1,000	-,643	,543	,629	,660
Id'-TM'	,818	,698	,749	,682	-,643	1,000	-,510	-,629	-,722
TM'-M2	-,349	-,534	-,529	-,648	,543	-,510	1,000	,931	,900
TM'-P2	-,387	-,500	-,545	-,602	,629	-,629	,931	1,000	,990
Score tm	-,471	-,548	-,599	-,635	,660	-,722	,900	,990	1,000

ANNEXE 14: Résultats de l'étude de l'area perilingualis.

1- Chez l'immature.

	Mandibule	Côté	Lame lingulaire Morphologie	Développement	Antilingula	HOFM	Sillon MH Développement	AMH
1-3 ans								
	25889	G	1	1	1	0	1	0
		D	1	2	1	0	1	0
	28232	G	1	2	0	0	0	0
		D	1	2	0	0	0	0
	25234	G	2	3	1	0	2	0
		D	2	3	0	0	2	0
	25884	G	1	1	0	0	1	0
		D	1	1	0	0	1	0
	28225	G	1	1	1	0	1	0
		D	2	3	1	0	2	0
	28233	G	1	2	1	0	1	0
		D	2	3	1	0	1	0
	28235	G	1	2	0	0	0	0
		D	2	3	1	0	1	0
	28236	G	2	3	1	0	1	0
		D	1	2	1	0	1	0
	X8	G	1	2	0	0	2	0
		D	1	2	0	0	2	0
3-6 ans								
	C3 38	G	3	3	0	0	1	0
		D	3	3	0	0	1	0
	B4 25	G	1	1	0	0	1	0
		D	2	1	0	0	1	0
	20676	G	1	2	0	0	0	0
		D	1	1	0	0	1	0
	20972	G	2	3	1	0	1	0
		D	2	3	1	0	1	1
	25886	G	1	2	1	0	1	0
		D	1	2	0	0	1	0
	26080	G	2	1	0	0	0	0
		D	1	1	0	0	0	0
	26082	G	1	2	1	0	0	0
		D	1	3	1	0	0	0
	28223	G	1	1	0	0	1	0
		D	2	1	0	0	1	0
	28238	G	1	2	1	0	1	0
		D	1	2	1	0	1	0
	3484	G	1	2	0	0	1	0
		D	1	3	1	0	1	0
	3485	G	2	3	1	0	1	0
		D	2	3	0	0	2	0
	X6	G	1	3	1	0	1	0
		D	1	3	1	0	1	0
	X7	G	1	2	1	0	2	0
		D	3	3	1	0	2	0
6-9 ans								
	C2 30	G	1	2	1	0	1	0
		D	3	3	1	0	2	0

	B2 / B1	G	1	2	1	0	1	0
		D	3	3	1	0	2	0
	C4 42	G	1	2	0	0	1	0
		D	1	2	0	0	1	0
	25887	G	1	2	0	0	1	0
		D	1	2	0	0	1	0
	X1	G	1	3	2	1	2	0
		D	2	3	1	0	2	0
	X2	G	1	3	1	0	2	0
		D	1	1	1	0	2	0
	X4	G	1	1	1	0	1	0
		D	2	1	1	0	2	0
	X5	G	1	2	1	0	1	0
		D	1	2	1	0	1	0
	7340	G	1	2	1	0	1	0
		D	1	3	1	0	2	0
	7344	G	1	3	0	0	1	0
		D	1	3	0	0	2	1
	7345	G	1	3	0	0	2	1
		D	2	3	1	0	2	1
9-21 ans								
	B4 29	G	2	3	1	0	2	0
		D	3	3	1	0	2	1
	7360	G	2	3	1	0	2	0
		D	2	3	1	0	2	0
	B2 24	G	2	3	1	0	2	0
		D	2	3	1	0	2	0
	24857	G	1	3	1	0	2	1
		D	2	3	1	0	2	1
	28196	G	3	3	1	0	2	1
		D	3	3	0	0	2	0
	3602	G	3	3	1	0	2	1
		D	3	3	1	0	2	1
	7321	G	1	2	1	0	2	1
		D	1	2	0	0	2	0
	7325	G	1	3	0	0	1	0
		D	1	3	0	0	1	1
	7984	G	3	3	0	0	2	0
		D	1	3	1	0	2	0
	8007	G	3	3	0	0	2	1
		D	3	3	0	0	2	0
	X3	G	1	3	2	1	2	0
		D	1	3	2	1	2	0

Tableau 1 : Recueil des scores relatifs aux différentes structures de l'area perilingualis chez l'immature.
HOFM : Forme horizontale-ovale du foramen mandibulaire.
AMH : Arche mylo-hyoïdienne.

2- Chez l'adulte.

Mandibule	Côté	Lame lingulaire Morphologie	Développement	Antilingula	HOFM	Sillon MH Développement	AMH
26776	G	3	3	1	0	2	1
	D				2	2	0
2307	G	1	3	1	0	2	1
	D	1	3	0	0	2	1
2308	G	1	3	1	0	2	2
	D	1	3	1	0	2	2
17420	G	2	3	1	0	2	3
	D	2	3	0	0	2	1
17509	G	3	3	1	0	2	0
	D	2	3	1	0	2	1
17508	G	1	3	1	0	2	0
	D	2	3	1	0	2	1
17506	G	3	3	1	1	2	3
	D				2	2	3
17458	G	1	3	1	0	2	1
	D	1	3	1	0	2	1
17455	G	1	2	0	0	1	1
	D	1	2	0	0	1	0
4442	G	1	2	0	0	1	0
	D	1	2	0	0	2	0
4443	G	2	3	1	0	2	1
	D	3	3	1	0	2	0
17698	G	1	3	1	0	2	1
	D	1	3	1	0	2	1
17464	G	1	3	1	0	2	1
	D	1	3	1	0	2	1
17575	G	1	2	0	0	1	0
	D	1	2	0	0	1	0
19234	G	1	2	1	0	2	1
	D	1	2	0	0	1	1
4966	G	1	3	0	0	2	1
	D	1	3	0	0	1	0
22931	G	1	3	1	0	2	1
	D	1	3	1	0	2	1
9595	G	2	3	1	0	2	1
	D	2	3	1	0	2	2
2902	G	2	3	2	0	2	3
	D	2	3	2	1	2	1
2317	G	2	3	1	0	2	3
	D	1	3	1	0	2	1
2337	G	1	3	1	0	2	1
	D	2	3	2	0	2	1
2338	G	1	3	1	0	2	2
	D	2	3	1	0	2	0
2339	G	2	2	2	0	2	0
	D	1	2	2	0	2	2
20500	G	1	2	1	0	2	1
	D	1	2	0	0	2	1
20501	G	1	3	0	0	2	1
	D	1	3	0	0	2	0
20509	G	3	3	2	0	2	2
	D	2	3	1	0	2	3
20510	G	1	3	1	0	1	0
	D	1	3	0	0	1	0
20511	G	1	2	0	0	2	0
	D	1	3	0	0	2	0
17884	G	1	3	2	0	2	1

	D	1	3	1	0	2	1
20392	G	1	3	0	0	2	1
	D	1	3	0	0	2	0
20413	G	2	3	0	0	2	0
	D	1	3	0	0	2	1
1457	G				2	2	3
	D	3	3	2	1	2	1
28410	G	3	3	1	0	2	0
	D	3	3	1	0	2	0
28419	G	3	3	2	2	2	2
	D	3	3	2	2	2	2
17559	G	3	3	1	0	1	1
	D	3	3	1	1	2	1
17560	G	2	3	2	0	2	1
	D	2	3	0	0	2	1
1507	G	3	3	0	0	2	0
	D	3	3	2	0	2	1
6555	G	1	3	0	0	2	1
	D	1	3	1	0	2	1
6857	G	3	3	0	0	2	0
	D	3	3	0	0	2	1
9229	G	2	3	0	0	2	0
	D	1	3	1	0	2	0
9240	G	3	3	1	0	2	1
	D	3	3	0	0	2	1
9274	G	3	3	1	0	2	1
	D	2	3	1	0	2	0
9204	G	1	3	0	0	2	1
	D	3	3	1	0	2	2
9205	G	1	3	1	0	2	0
	D	3	3	0	0	2	0
569	G	1	2	0	0	2	1
	D	1	2	0	0	1	0
9981	G	3	3	0	0	1	1
	D	3	3	0	0	1	0
9978	G	2	3	1	0	2	1
	D	2	3	0	0	2	0
4791	G	2	3	1	0	2	0
	D	2	3	1	0	2	0
24669	G	1	3	1	0	2	1
	D	1	3	1	0	2	1
24705	G	1	2	0	0	1	1
	D	1	2	1	0	2	1
9848	G	3	3	2	1	2	2
	D	3	3	2	1	2	2
24625	G	3	3	2	1	2	1
	D	3	3	1	0	2	2
21393	G	1	3	0	0	2	1
	D	1	3	0	0	2	1
17695	G	2	3	1	0	2	0
	D	3	3	1	0	2	0

Tableau 2 : Recueil des scores relatifs aux différentes structures de l'area perilingualis chez l'adulte.
HOFM : Forme horizontale-ovale du foramen mandibulaire.
AMH : Arche mylo-hyoïdienne.

ANNEXE 15 : Résultats des tests du Chi 2 d'indépendance.

Développement lame lingulaire / développement antilingula :

- Valeur du Chi 2 : 17, 436
- Valeur de p : 0,0016

Table post-hoc de contribution par cellule (verticale : Développement lame lingulaire ; horizontale : développement antilingula) :

	0	1	2
1	2,115	-1,317	-1,258
2	3,111	-2,303	-1,228
3	-4,047	2,854	1,838

Développement lame lingulaire / développement sillon mylo-hyoïdien :

- Valeur du Chi 2 : 62,671
- Valeur de p : <0,0001

Table post-hoc de contribution par cellule (verticale : développement lame lingulaire / horizontale : développement sillon mylo-hyoïdien) :

	0	1	2
1	1,950	3,774	-4,464
2	2,753	4,641	-5,642
3	-3,626	-6,389	7,697

Développement lame lingulaire / développement arche mylo-hyoïdienne :

- Valeur du Chi 2 : 26, 388
- Valeur de p : 0,0002

Table post-hoc de contribution par cellule (verticale : développement lame lingulaire / horizontale : développement arche mylo-hyoïdienne) :

	0	1	2	3
1	3,461	-2,869	-1,009	-,639
2	3,146	-2,236	-1,223	-1,226
3	-4,845	3,678	1,692	1,483

Développement lame lingulaire / Morphologie lame lingulaire :

- Valeur du Chi 2 : 48, 236
- Valeur de p : <0,0001

Table post-hoc de contribution par cellule (verticale : développement lame lingulaire / horizontale : morphologie lame lingulaire) :

	1	2	3
1	1,264	,447	-2,008
2	6,359	-3,745	-3,850
3	-6,527	3,165	4,660

Morphologie lame lingulaire / développement antilingula :

- Valeur du Chi 2 : 15,699
- Valeur de p : 0,0035

Table post-hoc de contribution par cellule (verticale : morphologie lame lingulaire / horizontale : développement antilingula) :

	0	1	2
1	3,071	-1,538	-2,465
2	-2,481	2,158	,429
3	-1,158	-,375	2,559

Morphologie lame lingulaire / développement sillon mylo-hyoïdien :

- Valeur du Chi 2 : 21,251
- Valeur de p : 0,0003

Table post-hoc de contribution par cellule (verticale : morphologie lame lingulaire / horizontale : développement antilingula) :

	0	1	2
1	1,874	3,810	-4,466
2	-,760	-1,732	1,991
3	-1,492	-2,840	3,370

Morphologie lame lingulaire / développement arche mylo-hyoïdienne :

- Valeur du Chi 2 : 22,684
- Valeur de p : 0,0009

Table post-hoc de contribution par cellule (verticale : morphologie lame lingulaire / horizontale : développement arche mylo-hyoïdienne) :

	0	1	2	3
1	1,299	,297	-1,578	-2,519
2	,651	-1,024	-1,292	3,002
3	-2,263	,706	3,273	-,059

Développement antilingula / développement sillon mylo-hyoïdien :

- Valeur du Chi 2 : 20,519
- Valeur de p : 0,0004

Table post-hoc de contribution par cellule (verticale : développement antilingula / horizontale: développement sillon mylo-hyoïdien) :

	0	1	2
0	2,210	2,973	-3,807
1	-1,599	-1,262	1,900
2	-,935	-2,773	3,066

Développement antilingula / développement arche mylo-hyoïdienne :

- Valeur du Chi 2 : 34,652
- Valeur de p : <0,0001

Table post-hoc de contribution par cellule (verticale : développement antilingula / horizontale: développement arche mylo-hyoïdienne) :

	0	1	2	3
0	2,659	-,748	-2,796	-1,770
1	-,816	,528	-,189	1,242
2	-3,014	,338	4,953	,815

Développement HOFM / développement arche mylo-hyoïdienne :

- Valeur du Chi 2 : 37,704
- Valeur de p : <0,0001

Table post-hoc de contribution par cellule (verticale : développement HOFM / horizontale: développement arche mylo-hyoïdienne) :

	0	1	2	3
0	2,335	,682	-3,415	-3,532
1	-1,662	,361	1,854	1,107
2	-1,615	-1,652	3,170	4,408

Développement sillon mylo-hyoïdien / développement arche mylo-hyoïdienne :

- Valeur du Chi 2 : 40,833
- Valeur de p : <0,0001

Table post-hoc de contribution par cellule (verticale : développement sillon mylo-hyoïdien / horizontale: développement arche mylo-hyoïdienne) :

	0	1	2	3
0	2,590	-2,107	-,744	-,560
1	5,392	-3,862	-2,201	-1,658
2	-6,286	4,610	2,432	1,832

Bibliographie

Abe S, Ouchi Y, Ide Y, Yonezu H. Perspectives on the role of the lateral pterygoid muscle and sphenomandibular ligament in temporomandibular joint function. Cranio., 1997 ; 15(3) : 203-207.

Aiello L, Dean C. Human evolutionnary evolution. London, San Diego : Academic press. 1990.- 596 p.

Aktekin M, Celik H.M, Celik H.H, Aldur M.M, Aksit M.D. Studies on the location of the mental foramen in turkish mandibles. Morphologie. 2003 ; 87(277) : 17-9.

Al-Jasser N.M, Nwoku A.L. Radiographic study of the mental foramen in a selected Saudi population. Dentomaxillofac.Radiol. 1998 ; 27(6) : 341-3.

Alpagut B, Andrews P, Fortelius M, Temizsoy I, Celebi H, Lindsay W. A new specimen of *Ankarapithecus meteai* from the Sinap formation of central Anatolia. Nature, 1996 ; 382(6589) : 349-351.

Arey L.B. Developmental anatomy. 7th éd. Philadelphia : W.B. Saunders. 1965. - 695 p.

Ashley-Montagu M. The direction and the position of the mental foramen in the great apes and man. Am. J. Phys. Anthrop., 1954 ; 12 n.s : 503-518.

Bailey W.J, Hayasaka K, Skinner C.G, Kehoe S, Sieu L.C, Slightom J, Goodman M. Reexamination of the african hominoid trichotomy with additionnal sequences from the primate beta-globulin gene cluster. Mol.Phylogenet.Evol. 1992 ; 1 : 97-135.

Balogh K., Csiba A. Les variations anatomo-topographiques de la lingula et de l'orifice du canal dentaire (area perilingualis). Bull. Group. Int. Sci. Stomatol. 1966 ; 9(2) : 145-156.

Begg P.R. Stone age man's dentition with reference to anatomically correct occlusion, the etiology of malocclusion, and a technique for its treatment. Am.J.Orthodont., 1954 ; 40 : 298-312, 373-383, 462-475, 517-531.

Behrents R.G, Johnston L.E. The influence of trigeminal nerve on facial growth and development. Am. J. Orthod. 1984 ; 85 : 199-206.

Belloni D. L'évolution de la mandibule chez les hominidés . Université de la méditerranée-Aix Marseille 2 , Thèse d'université : Médecine. Anthropologie biologique : Aix-Marseille 2 : 2000. - 204 f.

Ben Amor F, Selmi J, Ben Amor A, Nacef A. Contribution à l'étude de la situation du foramen mentonnier par rapport aux dents. Actual.Odontostomatol. 1996 ;196 : 617-24.

Bérard A. Mémoire sur le rapport qui existe entre la direction des conduits nourriciers des os longs et l'ordre suivant lequel les épiphyses se soudent au corps de l'os. Arch. Gén. Med. 1835 ; 2(7) : 176.

Bérillon G, Bacon A.M, Marchal F, Deloison Y. (1999). Les australopithèques. Paris : Ed Artcom'. 1999. - 252 p.

Bermudez de Castro JM *et al* . The atapuerca sites and their contribution to the knowledge of human evolution in Europe. Evol. Anthropol. 2004 ; 13(1) : 25-41.

Bertelli D. Foramini mentonieri nell'uomo ed altri mammiferi. Monitore. Zool. Italiano, 1892 ; 8.

Billy G, Vallois H.V. La mandibule pré-rissienne de Montmaurin. L'anthropologie. 1977 ; 81(2) : 273-312 et 81(3) : 441-458.

Björk A. Prediction of mandibular growth. Am. J. Orthod. 1969 ; 55 : 585-599.

Björk A. Facial growth rotation- Reflections on definition and cause. Proceedings of the Finnish Dental Society. 1991 ; 87 :51-58.

Björk A, Skieller V. Postnatal growth and development of the maxillary complex. In : factors affecting the growth of the midface. J.A. Mc Namara. 1976 ; p 61-99. Ann Arbor : Center for human growth and development, the university of michigan press.

Björk A, Skieller V. Normal and abnormal growth of the mandible : a synthesis of longitudinal cephalometric implant studies over a period of 25 years. Eur.J.Orthod. 1983 ; 5 : 1-46.

Bland J.M, Altman D.G. Statistical method for assessing agreement between two methods of clinical measurement. Lancet, 1986 ; 1(8476) : 307-310.

Bolender C. (1972). Etude comparative du développement mandibulaire chez le fœtus du rat et chez le fœtus humain. Thèse d'université : sciences odontologiques : Strasbourg I : 1972. - 136 p.

Bollobas E. Embryonic development of the mandibular canal. Acta. Morphologica. Acad. Sci. Hung., 1982 ; 30(3-4) : 233-239.

Bookstein F.L. A statistical method for biological shape comparisons. J. Theoret. Biol. 1984 ; 107 : 475-520.

Bourdelle E, Bennejeant C, Wicart . Anatomie et physiologie bucco-dentaires. Paris : Baillière, 1937. - 614 p.

Bräuer G. *Homo erectus* features used in cladistics and their variability in Asian and African hominids. J. Hum. Evol. 1992 ; 22(2) : 79-108.

Brooks M. The blood supply of bones. London : Butterworth, 1971

Broom R. et Robinson J.T. Note on the skull of the Swartkrans ape-man *Paranthropus crassidens*. Am. J. Phys. Anthrop., 1950 ; 8 : 295-298.

Brunet M, Picq P. (2001). La grande expansion des australopithèques, *in* : Aux origines de l'humanité. Sous la direction de Yves Coppens et Pascal Picq. Paris : éditions France loisirs, 2001 : 200-261.

Burch J.G. The cranial attachment of the sphenomandibular ligament. Anat. Rec., 1966 ; 156 : 433-437.

Caix P.H. L'ATM et son vrai-faux ménisque. Approche morphologique fonctionnelle, clinique et chirurgicale. Thèse doctorat : Médecine. Biologie humaine : Amiens, 1971.

Carré Y. A propos de la biométrie d'une collection de mandibules de français adultes. Thèse : Odontologie : Paris 7 : 1978. - 81 p.

Carter R.B, Keen E.N. The intramandibular course of the inferior alveolar nerve. J. Anat., 1971 ; 108 : 433-440.

Chanderot A. Comment interpréter la présence de plusieurs orifices mentonniers chez l'homme adulte ? Actual. Odontostomatol., 1972 ; 99 : 379-388.

Château M. Orthopédie dento-faciale. T. 1 : bases scientifiques ; croissance, embryologie, histologie, occlusion, physiologie. Paris : Julien prélat édit, 1993. - 346 p.

Chen X. The instantaneous center of rotation during human jaw opening and its signifiance in interpreting the functional meaning of condylar translation. Am. J. Phys. Anthropol., 1998 ; 106 : 35-46.

Choquet J. Anatomie dentaire. 2e ed. Paris : Lamarre-Poinat, 1926. - 428 p.

Ciochon R, Larick R. Early *Homo erectus* tools in China. Archeology, 2000 ; 53(1).

Clarke R.J. De nouveaux genres de fossiles. Recherche, 2001 ; 345 : 29-33.

Clauzade M.A, Darraillans B. L'homme, le crâne, les dents. Perpignan : SEOO, 1992. - 189 p.

Coqueuniot H. La position du foramen mentonnier chez l'enfant : révision ontogénétique et phylogénétique. Bull. Mém. Soc. Anthropol. Paris. 2000 ; 12(3-4) : 227-246.

Conroy G.C, Pickford M, Senut B, Van couvering J, Mein P. *Otavopithecus namibiensis*, first miocene hominoid from southern africa. Nature, 1992 ; 356 : 144-147.

Couly G, Jacquier A, André J.M. Crêtes neurales céphaliques et troubles de la morphogénèse cranio-faciale : neurocristopathies. Rev. Stomatol. Chir. Maxillofac.,1980 ; 81 : 332-348.

Cruveilhier J. Traité d'anatomie descriptive. Paris : Béchet et Labé, 1843 ; 1. 452 p

Cutright B, Quillopa N, Schubert W. An anthropometric analysis of the key foramina for maxillofacial surgery. J.Oral.Maxillofac.Surg., 2003 ; 61(3) : 354-357.

Dambricourt Malassé. Continuity and discontinuity during hominization. Quaternary international., 1993 ; 19 : 85-98.

Darling A.I, Levers B.G.H. The pattern of eruption. In : The eruption and occlusion of teeth. Londres : Poole et Stack, 1976. p 80-96.

De Freitas V, Madeira M.C, Toledo Filho J.L, Chagas C.F. Absence of the mental foramen in dry human mandibles. Acta. Anat. (Basel), 1979 ; 104 : 353-355.

Delachapelle C. Morphogénèse cranio-mandibulaire. Orthod. Fr., 1978 ; 49 : 85-121.

Delachapelle C. , Laude M. Contribution à l'étude structurale de la mandibule . Orthod. Fr., 1974 ; 45(1) : 427-432.

Delachapelle C, Laude M, Thilloy G. Etude céphalométrique tridimensionnelle des unités structurales de la mandibule humaine. Bull. Group. Int. Rech. Sc. Stomatol. Odontol., 1981 ; 24 : 171-191.

Delaire J. Le rôle du condyle dans la croissance de la mâchoire inférieure et dans l'équilibre de la face. Rev. Stomatol. Chir. Maxillofac., 1990 ; 91(3) : 179-192.

Delattre A., Fenart R. L'hominisation du crâne. Paris : du CNRS., 1960. - 418 p.

Della Serra O. Topographia do canal mandibular . Estudo anatomo-radiologico. Thèse : Odontologie : Sao Paulo : 1945.

Depreux R. Variations topographiques et morphologiques de l'épine de Spix chez l'adulte. Arch. Anat. Path., 1958 ; 6(1) : 92-95.

Dupont E. Etude sur les fouilles scientifiques exécutées pendant l'hiver de 1865-1866 dans les cavernes des bords de la Lesse. Bull. Acad. R. Sci. Lett. B. Arts. Belg., 1866 ; 22 : 31-54.

Engel M. Le maxillaire inférieur des néo-calédonniens ; étude anthropologique. Bull. Mém. Soc. Anthrop. Paris è, 1965 ; sér. 11 : 419-440.

Enlow D.H. The problem of muscle tension and the stimulation of bone growth. Anat. Rec., 1965 ; 151 : 451.

Enlow D.H. Handbook of facial growth. Philadelphia : W.B Saunders company, 1975. - 423 p.

Enlow D.H, Hans M.G. Essentials of facial growth. W.B. Saunders, Philadelphia, 1996. - 303 p.

Fishel D, Buchner A, Herschkowith A, Kaffe I. Roentgenologic study of the mental foramen. Oral.Surg. Oral. Med. Oral Pathol., 1976 ; 41 : 682-686.

Fleagle J.G. Primate adaptation and evolution. San Diego : academic press. 2nd edition., 1998.- 596 p

Fraipont J, Lohest M. La race humaine de Néanderthal ou de Cannstadt en Belgique. Recherches ethnographiques sur les ossements humains découverts dans les dépôts quaternaires d'une grotte de Spy et détermination de leur âge géologique. Note préliminaire. Bull. Acad. R. Sci. Lett. B. Arts. Belg., 1886 ; 12 : 741-784.

Franciscus R.G, Trinkaus E. Determinants of retromolar space presence in Pleistocene Homo mandibles. J. Hum. Evol., 1995 ; 28 : 577-595.

Freeman P.W. Frugivorous and animalivorous bats (Microchiroptera) : dental and cranial adaptations. Biol. J. Linn. Soc., 1988 ; 33 : 249-272.

Garg A., Townsend G. Anatomical variation of the sphenomandibular ligament. Aust. Endod. J., 2001 ; 27(1) : 22-24.

Gaspard M. L'appareil manducateur et la manducation . Tome 1, Anatomie descriptive, ontogénèse et phylogénèse de la mandibule humaine . Paris : J. prélat, 1978.- 307 p.

Gaspard M. L'appareil manducateur et la manducation . Tome 2, Anatomie descriptive, ontogénèse et phylogénèse de la mandibule humaine . Paris : J. prélat, 1979.- p 302-500.

Gauthier R, Morin A. Anatomie appliquée à l'implantologie. Association universitaire d'implantologie. Saint-Etienne : impressions Dumas, 1998.- 224 p.

Genet-Varcin E. Eléments de primatologie. I : les singes actuels et fossiles. Paris : Boubée, 1963.- 239 p.

Genet-Varcin E. Eléments de primatologie.II : A la recherche du primate ancêtre de l'homme. Paris : Boubée, 1969.- 337 p.

Godard B, Ducasse D. L'examen radiologique en ODF. L'analyse de Gudin. Rev. Orthop. Dento Faciale., 1973 ; 7 : 373-392.

Godinot M. L'évolution des primates. Dossier pour la science, 1997 ; 14 : 68-73.

Goodman M. Man's place in the phylogeny of the primates as reflected in serum proteins. *In* Washburn S.L. Classification and human evolution. Chicago : Aldine., 1963 ; 204-234.

Goodman M, Bailey W.J, Hayasaka K, Stanhope M.J, Czelusniak J. Molecular evidence on primate phylogeny from DNA sequences. Am.J.Phys.Anthropol., 1994 ; 94 : 3-24.

Goodman M, Porter C.A, Czelsniak J, Page S.L, Schneider H, Shoshani J, Gunell G, Groves C.P. Towards a phylogenetic classification of primates based on DNA evidences complemented by fossil evidence. Mol.Phylogenet.Evol., 1998 ; 9 : 585-598.

Goudot P. The mandibular canal of a Neanderthal : the La Chapelle-aux-Saints man anatomical-radiological study. J. Craniomaxillofac Surg., 1999 ; 27(2) : 134-139.

Gould S.J, Lewontin R.C. The spandrels of San Marco and the Panglossian paradigme : a critique of the adaptationist programme. Proc. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci., 1979 ; 205 : 581-598.

Green R.M. The position of the mental foramen : a comparison between the southern (Hong Kong) Chinese and other ethnic and racial groups. Oral.Surg.Oral.Med.Oral.Pathol., 1987 ; 63(3) :287-90.

Grimaud-Hervé D, Marchal F, Vialet A, Détroit F. Le deuxième homme en Afrique. Paris : Artcom, 2002.- 259 p.

Grooves C.P, Lahr M.M. A bush not a ladder : speciation and replacement in human evolution. Perspect. Hum. Biol., 1994 ; 4 : 1-11.

Gruber W. Bemerkungen über das foramen mental. Arh. Anat. Physiol.Wiss. Med, 1872 ; p 738.

Grüneberg H. The pathology of development, A study of inherited skeletal disorders in animals. Oxford : Blackwell, 1963.

Hall H.D, McKenna S.J, Further S.J. Further refinement and evaluation of intraoral vertical ramus osteotomy. J. Oral. Maxillofac. Surg., 1987 ; 45 : 684-688.

Hayward J. *et al.* The mandibular foramen : its anteroposterior position. Oral Surg. Oral Med. Oral pathol.,1977 ; 44(6) : 837-43

Heim J.L. Les fossiles de la Ferrassie. 1. Le gisement . les squelettes adultes. Paris : Masson, 1976.- 331 p. (Archives de l'Institut de paléontologie humaine ; 35).

Hetson *et al.* Statistical evaluation of the position of the mandibular foramen. Oral surg. Oral med. Oral pathol., 1988 ; 65 : 32-4.

Hildyard L.T, Moore W.J, Corbett M.E. Logarithmic growth of the hominoid mandible. Anat. Rec., 1986 ; 183(3) : 405-411.

Hoffstetter R. Les primates simiiformes (=anthropoidea) (compréhension, phylogénie, histoire biogéographique). Ann. Paléontol., 1982 ; 68(3) : 241-290.

Hovelacque A, Virenque M. les formations aponévrotiques de la région ptérygo-maxillaire chez l'homme et chez quelques mammifères. Anat. Phys., 1913 ; 49 : 427-488 et 618-699

Hublin J.J. Some comments on the diagnostic features of *Homo erectus.* Anthropos (Brno), 1986 ; 23 : 175-187.

Hublin J.J. La conquête des vieux continents, *in* : Aux origines de l'humanité. Sous la direction de Yves Coppens et Pascal Picq. Paris : France loisirs, 2001 : 348-377.

Hublin J.J. Origine et évolution des néanderthaliens, *in* : Aux origines de l'humanité. Sous la direction de Yves Coppens et Pascal Picq. Paris : France loisirs, 2001 : 378-416.

Hylander W.L. Mandibular function and biomechanical stress and scaling. Am. Zool., 1985 ; 25 : 315-330.

Ikeda K, Ho K.C, Nowicki B.H, Haughton V.M. Multiplanar MR and anatomic study of the mandibular canal. Am. J. Neuroradiol., 1996 ; 17 : 579-584.

Inke G. von. Partieller verschluss des mandibularkanals mit fehlen des foramen mentale am unterkiefer eines africaners. Anat. Anz., 1968 ; 123 : 111-113.

Kane A.A, Lo L.J, Chen Y.R, Hsu K.H, Noordhoff M.S. The course of the inferior alveolar nerve in the normal human mandibular ramus and in patients presenting for cosmetic reduction of the mandibular angles. Plast. Reconstr. Surg., 2000 ; 106(5) : 1162-1174.

Kaul SS, Pathak RK. The mylohyoid bridge in four population samples from India, with observations on its suitability as a genetic marker. Am J Phys Anthropol. 1984 ; 65(2):213-8.

Kjaer I. Formation and early prenatal location of the human mental foramen. Scand.J.Dent.Res., 1989 ; 97(1) : 1-7.

Kocsis A.G. Adatok a regio pterygoidea tajbonctananak stomatologiai tunalsagaihoz. Mathé Dénes emlékkonyv. Budapest, 1945.

Koski K., Varrela J. The medial axis branch point in the human mandible. Anat. Anz.,1997 ; 179(3) : 273-276.

Kramer A. Human taxonomic diversity in the pleistocene : does *Homo erectus* represent multiple hominid species ? Am. J. Phys. Anthropol., 1993 ; 91(2) : 161-171.

Laison F., Gaudy JF. Anatomie cranio-faciale. Paris : Masson, 1993.- 292 p.

Langston J.R, Tebo H.G. The incidence and relationship of the lateral ramus prominence to the mandibular foramen. Oral surg. Oral med. Oral pathol., 1977 ; 44 : 190-196.

Laude M *et al* . Introduction à l'analyse cranio-mandibulaire. Orthod.Fr., 1978 ; 49 : 1-120.

Laude M, Thilloy G, Delachapelle C. Introduction à l'analyse cranio-mandibulaire. Orthod.Fr., 1978 ; 49 : 1-120.

Leakey R.E.F, Wood B.A. New evidence of the genus *Homo* from east rudolf, Kenya. Am. J. Phys. Anthropol., 1973 ; 39 : 355-368.

Le Double A.F. Traité des variations des os de la face et de leur signification au point de vue de l'anthropologie zoologique. Paris : Vigot, 1906.- 471 p.

Le Gros Clark W.E, Leakey L.S.B. The miocene *hominoïdea* of east Africa. London : printed by order of the Trustees of the British Museum, 1951. (Fossil mammals of Africa ; no. 1).

Lenhossek M. Das innere relief des unterkieferastes. Arch. Anthropol., 1920 ; 18 : 49-59.

Libersa J.C. *et al.* L'épine de Spix : étude anatomique sur une population homogène (50 cas). Arch. Anat. Pathol (Paris)., 1975 ; 23 : 295-297.

Lieberman D.E. Another face in our family tree. Nature, 2001 ; 410 : 419-420.

Low A. Further observations on the ossification of the human lower jaw. J. anat., 1909 ; 44 : 83-95.

Lundy J.K. The mylohyoid bridge in the Khoisan of Southern Africa and its unsuitability as a mongoloid genetic marker. Am.J.Phys.Anthropol., 1980 ; 53(1) : 43-8.

Manjunath KY. Mylohyoid bridging in South Indian mandibles. Indian J Dent Res., 2003 ;14(4):206-9.

Martin R., Sallers K. Lehrbuch der anthropologie. Fischer édit., Stuttgart : Fischer, 1957.

Martone C.H, Ben Joseph A.M, Wolf S.M, Mintz S.M. Dimorphic study of surgical anatomic landmarks of the lateral ramus of the mandible. Oral surg. Oral med. Oral pathol., 1993 ; 75 : 436-438.

Mbajiorgu E.F. A study of the position of the mandibular foramen in adult black Zimbabwean mandibles. Cent. Afr. J. Med., 2000 ; 46 : 184-190.

Mjör I.A, Fejerskov O. Human oral embryology and Histology. Copenhagen : Munksgaard, 1986.- 336 p.

Moiseiwitsch J.R. Position of the mental foramen in a north american, white population. Oral. Surg. Oral. Med. Oral. Pathol. Oral. Radiol. Endod., 1998 ; 85(4) : 457-60.

Moore W.J. The mammalian skull. Cambridge : Cambridge university press, 1981.- 369 p.

Morant G.M. A biometric study of the human mandible. Biometricka, 1936 ; 28 : 84-122.

Moscovici M. Contribuçào ao estudo do ramo ascendente da mandibula. Rio de Janeiro. Thèse : Odontologie : Rio de Janeiro : 1952.

Moss M.L. Functionnal anatomy of the temporomandibular joint. In : Schwartz L. Disorders of the temporomandibular joint. Philadelphia : W.B. Saunders, 1959.

Moss M.L. Functionnal analysis of human mandibular growth. J. Prosthet. Dent., 1960 ; 10 : 1149-1159.

Moss M.L. The functionnal matrix ; in Kraus and Reidel, Vistas in orthodontics. Philadelphia : Lea and Febiger, 1962.

Moss M.L. Functionnal cranial analysis of mammalian mandibular ramal morphology. Acta. Anat. (Basel), 1968 ; 71 : 423-447.

Moss M.L, Rankow R.M. The role of the functionnal matrix in facial growth. Angle Orthod., 1968 ; 38 : 95-102.

Moss M.L, Salentijn L. The primary role of the functionnal matrix in facial growth. Angle Orthod., 1969 ; 55 : 566-74.

Moss M.L, Salentijn L. The unitary logarithmic curve descriptive of human mandibular growth. Acta. Anat.(Basel), 1971 ; 78 : 532-542.

Mugnier A. Embryologie et développement bucco-facial : introduction à la stomatologie infantile. Paris : Masson et Prélat, 1964.- 302 p.

Nara T. Etude de la variabilité de certains caractères métriques et morphologiques des Néandertaliens. Thèse de doctorat : Anthropologie : Bordeaux 1 : 1994.- 221 p.

Narayana K, Nayak U.A, Ahmed W.N, Bhat J.G, Devaiah B.A. The retromolar foramen and canal in south indian dry mandibles. Eur.J.Anat., 2002 ; 6 : 141-146.

Narayana K, Prashanthi N. Incidence of large accessory mandibular foramen in human mandibles. Eur.J. Anat, 2003 ; 7(3) : 139-141.

Ngeow W.C, Yuzawati Y. The location of the mental foramen in a selected Malay population. J.Oral.Sci., 2003 ; 45(3) : 171-5.

Obradovic O, Todorovic L, Pesic V, Pejkovic B, Vitanovic V. Morphometric analysis of mandibular canal : clinical aspects. Bull. Group. Int. Rech. Sci. Stomatol. Odontol., 1993 ; 36(3-4) : 109-113.

Olivier E., Raison P. Anatomie de la tête et du cou. Paris : Legrand, 1949.- 321 p. (Bibliothèque de l'étudiant en chirurgie dentaire).

Olivier G. Anatomie anthropologique. Paris : Vigot, 1965.- 487 p.

Osaka N. Studies on the position of the mandibular foramen. Shoni Shikagaku Zasshi, 1989, 27 : 9-20.

Osborn J.W. Dental anatomy and embryology. Oxford : Blackwell, 1981.- 447 p. (Companion to dental studies).

Osborn J.W. A model to describe how ligaments may control symmetrical jaw opening movements in man. J. Oral. Rehabil., 1993 ; 80 : 585-604.

Ossenberg N.S. The mylohyoid bridge : an anomalous derivative of Meckel's cartilage. J. Dent. Res., 1974 ; 1 : 77-82. (a).

Ossenberg N.S. The mylohyoid bridge : an anomalous derivative of Meckel's cartilage. Am.J.Phys.Anthropol., 1974 ; 41 : 496. (b).

Ossenberg N.S. An argument for the use of total side frequencies of bilateral nonmetric skeletal traits in population distance analysis : the regression of symetry on incidence. Am.J.Phys.Anthropol., 1981 ; 54(4) : 471-9.

Parant M. Petite chirurgie de la bouche. Paris : Expansion scientif. Franç., 1963 ; p 92-101.

Pastor-Vasquez J.F, Gil-Verona J.A, De Paz-Fernandez F.J, Barbosa-Cachorro M. Atlas de variaciones epigeneticas craneales. Valladolid : Universidad de Valladolid, 2001.- 289 p. (Serie Medicina, Manuales y textos universitarios ; no 22).

Paturet G. Traité d'anatomie humaine. Tome 1 : Ostéologie, arthrologie, myologie. Paris : Masson, 1951.- 394 p.

Pauwels F. Gesammelte Abhandlungen zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates. Berlin, Heidelberg, New-York : Springer, 1965.- 543 p.

Pelletier M. Anatomie maxillo-faciale. Paris : Maloine, 1969.- 559 p.

Périer A.L. (1934-1935). Contribution à l'étude de la région de l'épine de Spix. Bull. Schweiz. Ges. Anthropol. Ethnol., 1934-1935 ; 9-10.

Périer A.L. Documentation anatomique pour la réussite de l'anesthésie à l'épine de Spix. Méd. Hyg., 1955 ; 288 : 1-7.

Phillips J.L, Weller R.N, Kulild J.C. The mental foramen : 1. Size, orientation, and realtionship to the mandibular second premolar. J.Endod., 1990 ; 16 : 221-3.

Phillips J.L, Weller R.N, Kulild J.C. The mental foramen : 2. Size, orientation, and positional relationship to the mandibular second premolar. J.Endod., 1992 ; 18 : 271-4.

Picq P. A la recherche des premiers hommes, *in* : Aux origines de l'humanité. Sous la direction de Yves Coppens et Pascal Picq. Paris : France loisirs, 2001 : 262-299.

Piveteau. Vers la forme humaine. Le problème biologique de l'homme. Les époques de l'intelligence. In : Traité de paléontologie. 7. Paris : Masson, 1957.- 675 p.

Pogrel M.A, Schmidt B.L, Ammar A. The presence of the antilingula and its relationship to the true lingula. Br. J. Oral. Maxillofac. Surg., 1995 ; 33 : 235-238.

Radlanski R.J, Renz H, Müller U, Schneider R.A, Marcucio R.S, Helms J.A. Prenatal morphogenesis of the human mental foramen. Eur. J. Oral. Sci., 2002 ; 110 : 452-459.

Rak Y. Neanderthal : a new look at an old face. J. Hum. Evol., 1986 ; 15 : 151-164.

Ramfjord S.P., Ash M.M. (1966). Occlusion. Philadelphia : W.B. Saunders, 1966.- 396 p.

Rightmire G.P. Les plus anciens *Homo erectus* d'Afrique et leur rôle dans l'évolution humaine. In : Grimaud-Hervé D, Marchal F, Vialet A, Détroit F. Le deuxième homme en Afrique. Paris : Artcom, 2002.- 259 p.

Robinson R. Sur un troisième canal mandibulaire chez l'enfant. C.R. Acad. Sci., 1906 ; p146.

Robinson J.T. The dentition of the Australopithecinae. Transvaal Mus. Mem., 1956 ; 9 : 1-179.

Rodriguez-Vazquez J.F., Merida-Velasco J.R., Jimenez-Collado J. Developpement of the human sphenomandibular ligament. Anat. Rec.,1992 ; 233(3) : 453-460.

Rosas A. Seventeen new mandibular specimens from Atapuerca/Ibeas Middle Pleistocene Hominids sample (1985-1992). J. Hum. Evol., 1995 ; 28(6) : 533-559.

Rosas A. A gradient of size and shape for the Atapuerca sample and middle pleistocene hominid variability. J. Hum. Evol., 1997 ; 33 : 319-331.

Rosas A. Occurrence of Neanderthal features in mandibles from atapuerca-SH site. Am.J.Phys.Anthropol., 2001 ; 114(1) : 74-91.

Rosas A, Bermudez de Castro J.M. The ATD6-5 mandibular specimen from Gran Dolina (Atapuerca, Spain). Morphological study and phylogenetic implication. J. Hum. Evol., 1999 ; 37 : 567-590.

Rouvière H.,Delmas A. Anatomie humaine descriptive, topographique et fonctionnelle. Tome 1 : tête et cou. 15e édition. Paris : Masson, 2002.- 654 p.

Santini A, Land M. A comparison of the mental foramen in Chinese and British mandibles. Acta.Anat., 1990 ; 137 : 208-212.

Sarasin F. Sur les relations des néo-calédoniens avec les groupes de l'*Homo neandertalensis*. Anthropologie, 1924 ; 34 : 193-227.

Sawyer D.R, Allison M.J, Elzay R.P, Pezzia A. The mylohyoid bridge of pre-columbian peruvians. Am.J. Phys. Anthropol., 1978 ; 28 : 9-16.

Sawyer D.R, Kiely M.L. Jugular foramen and mylohyoid bridging in an Asian Indian population. Am J Phys Anthropol., 1987 ; 72 : 473-7.

Sawyer D.R, Gianfortune V, Kiely M.L, Allison M.J. Mylohyoid and jugular foramen bridging in pre-Columbian Chileans. Am J Phys Anthropol., 1990 ; 82 :179-81.

Scott J.H., Dixon A.D. Anatomy for students of dentistry, 3rd ed. Edinburg & London : Churchill Livingstone, 1972.- 606 p.

Shankland W.E. The position of the mental foramen in asian indians. J.Oral.Implantol., 1994 ; 20 : 118-23.

Sicher H, Du Brul E.L. Oral anatomy, 5ème éd. Saint Louis : Mosby, 1970.- 520 p.

Sicher H, Pohl L. Zur entwicklung des menschlichen unterkiefers. Z.Stomatol., 1934 ; 32 : 141.

Simon B, Kömives O. Az allkapocs felhago aganak méreitei. Fogorv. Sz, 1937 ; 30 : 49-76.

Simonton F.V. Mental foramen in the anthropoïds and the man. Am J Phys Anthropol., 1923 ; 6 : 413-421.

Simpson G.G. The principles of classification and a classification of mammals. Bull. Am. Mus. Nat. Hist., 1945 ; 85 : 1-350.

Skelton R.R, Mc Henry H.M. Evolutionary relationships among early hominids. J. Hum. Evol., 1992 ; 23 : 309-349.

Smith B.R, Rajchel J.L. Anatomic considerations in mandibular ramus osteotomies, *in* : Bell W.H (1992). Modern practice in orthognathic and reconstructive surgery. Vol 3. Philadelphia : W.B. Saunders, 1992 ; 2347-2360.

Smith F.H. Evolutionary signifiance of the mandibular foramen area in Neanderthals. Am. J. Phys. Anthropol, 1978 ; 48 : 523-532.

Soikkonen K, Wolf J, Ainamo A, Xie Q. Changes in the position of the mental foramen as a result of alveolar atrophy. J.Oral.Rehabil., 1995 ; 22(11) : 831-3.

Spencer M.A, Demes B. Biomechanical analysis of masticatory function : configuration in Neandertals and Inuits. Am. J. Phys. Anthropol., 1993 ; 91 : 1-20.

Stefan V.H, Trinkaus E. La Quina 9 and Neandertal mandibular variability. Bull. Mém. Soc. Anthropol., 1998 ; 86 : 157-174.

Strait D.S, Grine F.E, Moniz M.A. A reappraisal of early hominid phylogeny. J. Hum. Evol., 1997 ; 32 : 17-82.

Stricker M, Raphael B. Croissance cranio-faciale normale et pathologique. Reims : Morfos, 1993.- 411 p.

Stringer C.B, Hublin J.J, Vandermeersch B. The origin of anatomically modern humans in western asia. In : Smith F.H, Spencer F. (Eds), The origins of modern humans : a world survey of the fossil evidence. New York : Alan R. Liss, 1984 ; 51-135.

Susanne C, Rebato E, Chiarelli B. Anthropologie biologique. Evolution et biologie humaine. Bruxelles : De Boeck université., 2003.- 763 p.

Sutter R.C. Final report : The peopling of the Andes as evaluated using nonmetric dental traits. NSF Grant BCS-9816958, 2002.

Sweet A.P.S. Radiodontic study of the mental foramen. Dent. Radiogr. Photogr., 1959 ; 32(28) : 32-3.

Szolokozy-Syllaba B. Méresi adatok a ligula zsintjének meghatarozasahoz. Fogorv. Sz., 1953 ; 46 : 177-80.

Tattersall I. Species concepts and species identification in human evolution. J. Hum. Evol., 1992 ; 22 : 341-349.

Tebo A.G., Telfort J.R. An analysis of the variations in position of the mental foramen. Anat. Rec., 1950 ; 107 : 61-68.

Testut L, Latarjet A. (1948). Traité d'anatomie humaine. Paris : G. Doin, 1 : 41-46.

Ten cate A.R. (1998). Oral histology : development, structure and function. 5e édition. St Louis : Mosby, 1998.- 497 p.

Thomas H, Senut B. (1999). Les primates, ancêtres de l'hommes. Paris : Artcom', 1999.- 181 p.

Tiemei C, Qi C, Quan Y, Yanqiu H. The problem in ESR dating of tooth enamel of early pleistocene and the age of Longgupo hominid, Wushan, China. Quat. Res., 2001 ; 20 : 1041-1045.

Trinkaus E. Variability in the positon of the mandibular foramen and the identification of the Neandertal apomorphies. Riv. Antropol. (Roma), 1993 ; 71 : 259-274.

Tuli A., Choudhry R., Choudhry S., Raheja S., Agarwal S. Variation in shape of the lingula in the human adult mandible. J. Anat., 2000 ; 197 : 313-317.

Turner A, Chamberlain A. Speciation, morphological change and the status of of african *Homo erectus*. J. Hum. Evol., 1989 ; 18 : 115-130.

Vallois H.V, Bennejeant C. Le développement du canal dentaire et la vascularisation des dents de la mâchoire inférieure aux différents âges. Bull. Mém. Soc. Anthropol., 1913 : 569-585.

Vandermeersch B. (1981). Les hommes fossiles de Qafzeh (Israël). Paris : CNRS, 1981.

Vandermeersch B. L'origine des hommes modernes, *in* : Aux origines de l'humanité. Sous la direction de Yves Coppens et Pascal Picq. Paris : éditions France loisirs, 2001 : 416-463.

Vanneuville G, Sakka M, Goudot P, Viallet J.F, Scheye T, Mondie J.M. Apport des techniques radiologiques dans l'exploration du canal mandibulaire. Application à l'homme fossile et comparaison avec l'homme actuel et les pongidés. Bull. Assoc. Anat. (Nancy), 1986 ; 70(211) :
49-55.

Virchow R. Untersuchung des Neanderthals-schädels. Verh. Berliner. Anthropolog. Ges., 1872 ; 4 : 157-165.

Walker A, Leakey R. (1993). The nariokotome *Homo erectus* skeleton. Cambridge : Harvard university press, 1993.- 457 p. (Springer Verlag).

Wang Q, Tobias P.V. Review of the phylogenetic position of chinese *Homo erectus* in light of midfacial morphology (titre traduit du chinois). Acta Anthropol. Sin., 2000 ; suppl 19 : 26-36.

Wanpo H, Ciochon R, Yumin G, Larick R, Qiren F, Schwarcz H, Yonge C, Vos J. de, Ronk W. Early *Homo* and associated artefacts from Asia. Nature, 1995 ; 378 : 275-278.

Ward S.C, Molnar S. Experimental stress analysis of topographic diversity in early hominid gnathic morphology. Am. J. Phys. Anthropol., 1980 ; 53 : 383-395.

Ward S, Brown B, Hill A, Kelly J, Downs W. *Equatorius* : A new Hominid Genus from the middle Miocene of Kenya. Science, 1999 ; 285(5432) : 1382-6.

Ward C.V, Leakey M.G, Walker A. Morphology of *Australopithecus anamensis* from Kanopoi and Allia Bay, Kenya. J. Hum. Evol., 2001 ; 41 : 255-368.

Watson E, Esteal S, Penny D. (1998). *Homo* genus : a taxonomic revision. *In* Rath A.A, Soodyall H, Barkhan D, Kuykendall K.L, Tobias P.V. Abstract of contributions to the dual congress 1998. Johannesburg : International association for the study of human paleontology, 1998.- p 16.

Weidenreich F. (1936). The mandible of *Sinanthropus pekinensis*. A comparative study. Paleontol. Sini., 1936 ; série D, vol VII, fasc. 3 : 1-150.

White T.D, Suwa G, Asfaw B. (1994). Australopithecus ramidus, a new sepies of early hominid from Aramis, Ethiopia. Nature, 1994 ; 371 : 306-312.

Wildman D, Goodman M, Moffat A.S. (2002). Probing Human origins. T1. Am. Acad. Arts. Sci. 2002.

Williams F.L, Krovitz G.E. Ontogenic migration of the mental foramen in Neanderthals and modern humans. J. Hum. Evol., 2004 ; 47 : 199-219.

Williams M., Lissmer H. Biomechanics of human motion. Philadelphia :W.B. Saunders, 1962.- 147 p.

Wissmer A. (1927). Le développement et l'organisation statique de la mandibule fœtale chez l'homme. Thèse : Médecine : Genève,1927.- 1164 p.

Wolpoff M.H. Paleoanthropology. New-York : Alfred A. Knopf, 1980.- 379 p.

Wood B. Origin and evolution of the genus *Homo*. Nature, 1992 ; 355 : 783-790.

Wood B. (2002). Toumaï : un ancêtre encombrant ? Une preuve de la grande diversité des premiers hominidés. Recherche, 2002 ; 356 : 42-46.

Yates C, Olson D, Guralnick W. The antilingula as an anatomic landmark in oral surgery. Oral surg. Oral med. Oral pathol., 1976 ; 41 : 705-708.

CURIEN (Rémi).- Contribution à l'étude du canal mandibulaire et de ses foramina chez l'homme actuel, les grands singes et les Hominidés fossiles.

Nancy. 2005.

Th.: Chir. Dent.: Nancy : 2005 : 326 f.

Mots clés : Canal mandibulaire
Foramen mentonnier
Foramen mandibulaire
Nerf mandibulaire

MeSH : Mandible
Alveolar Nerve, Inferior
Mandibular Nerve

CURIEN (Rémi).- Contribution à l'étude du canal mandibulaire et de ses foramina chez l'homme actuel, les grands singes et les Hominidés fossiles.

Th.: Chir. Dent.: Nancy : 2005 : 326 f.

La littérature montre une particularité du canal mandibulaire : par son déterminisme neural, il semble plus stable que les structures mandibulaires périphériques. La morphologie et la position de ses deux foramina obéissent à des mécanismes complexes, parfois obscurs.
Une méthode de mesure numérique nous a permis de démontrer la stabilité du canal mandibulaire ainsi que ses remarquables particularités d'un point de vue ontogénique et phylogénique. L'étude de la position du foramen mentonnier par rapport aux dents montre qu'elle dépend d'abord des dimensions de l'arcade dentaire et non du canal mandibulaire, confirmant ainsi la stabilité de ce dernier. Enfin, nous avons pu étudier la morphologie et le développement de la région du foramen mandibulaire et montrer l'indépendance entre ses structures périphériques, liées à la fonction, et le foramen mandibulaire dont la morphologie semble invariable au cours de l'ontogenèse.
Au final, ce travail individualise une structure dont les caractéristiques fournissent un riche objet d'étude en anthropologie et anatomie.

JURY :

M.M. PANIGHI	Professeur des universités	Président
Mlle.C. STRAZIELLE	Professeur des universités	Juge
M.M. WEISSENBACH	Maître de Conférences	Juge
M.E. GERARD	Praticien hospitalier	Juge

ADRESSE DE L'AUTEUR : Rémi CURIEN
1 Rue Girardet
54000 NANCY

université HENRI POINCARÉ
NANCY 1

BIBLIOTHÈQUE PHARMACIE ODONTOLOGIE NANCY

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE

Jury : Président : M. PANIGHI – Professeur des Universités
Juges : C. STRAZIELLE – Professeur des Universités
M. WEISSENBACH – Maître de Conférences des Universités
E. GERARD – Praticien Hospitalier

Thèse pour obtenir le diplôme D'Etat de Docteur en Chirurgie Dentaire

---

présentée par : **Monsieur CURIEN Rémi**

né(e) à: **NANCY (Meurthe-et-Moselle)** le **01 avril 1978**

et ayant pour titre : **«Contribution à l'étude du canal mandibulaire et de ses foramina chez l'homme actuel, les grands singes et les hominidés fossiles»**

Le Président du jury,
Pr. M. PANIGHI

Le Doyen,
de la Faculté de Chirurgie Dentaire
Dr. P. BRAVETTI

FACULTE DE CHIRURGIE DENTAIRE 96, avenue de Lattre de Tassigny BP 50208 - 54004 NANCY CEDEX UNIVERSITE HENRI POINCARE NANCY I
Le Doyen
Dr P. BRAVETTI

Autorise à soutenir et imprimer la thèse N° 2232

NANCY, le 1er juin 2005

Le Président de l'Université Henri Poincaré, Nancy-1

UNIVERSITE HENRI POINCARE NANCY I LE PRESIDENT

J.P. FINANCE

UNIVERSITÉ HENRI POINCARÉ, Nancy 1
24-30 rue Lionnois - BP 3069 - 54013 Nancy Cedex France
Tél : 33.(0)3.83.68.20.00 - Fax : 33.(0)3.83.68.21.00

CURIEN (Rémi).- Contribution à l'étude du canal mandibulaire et de ses foramina chez l'homme actuel, les grands singes et les Hominidés fossiles.

Nancy. 2005.

Th.: Chir. Dent.: Nancy : 2005 : 326 f.

Mots clés : Canal mandibulaire
Foramen mentonnier
Foramen mandibulaire
Nerf mandibulaire

MeSH : Mandible
Alveolar Nerve, Inferior
Mandibular Nerve

CURIEN (Rémi).- Contribution à l'étude du canal mandibulaire et de ses foramina chez l'homme actuel, les grands singes et les Hominidés fossiles.

Th.: Chir. Dent.: Nancy : 2005 : 326 f.

La littérature montre une particularité du canal mandibulaire : par son déterminisme neural, il semble plus stable que les structures mandibulaires périphériques. La morphologie et la position de ses deux foramina obéissent à des mécanismes complexes, parfois obscurs.
Une méthode de mesure numérique nous a permis de démontrer la stabilité du canal mandibulaire ainsi que ses remarquables particularités d'un point de vue ontogénique et phylogénique. L'étude de la position du foramen mentonnier par rapport aux dents montre qu'elle dépend d'abord des dimensions de l'arcade dentaire et non du canal mandibulaire, confirmant ainsi la stabilité de ce dernier. Enfin, nous avons pu étudier la morphologie et le développement de la région du foramen mandibulaire et montrer l'indépendance entre ses structures périphériques, liées à la fonction, et le foramen mandibulaire dont la morphologie semble invariable au cours de l'ontogenèse.
Au final, ce travail individualise une structure dont les caractéristiques fournissent un riche objet d'étude en anthropologie et anatomie.

JURY :

M.M. PANIGHI	Professeur des universités	Président
Mlle.C. STRAZIELLE	Professeur des universités	Juge
M.M. WEISSENBACH	Maître de Conférences	Juge
M.E. GERARD	Praticien hospitalier	Juge

ADRESSE DE L'AUTEUR : Rémi CURIEN
1 Rue Girardet
54000 NANCY