

Article original / Original Article

Les sutures crâniennes ont-elles encore une place dans l'évaluation de l'âge au décès ?

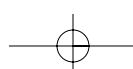
J.-P. BEAUTHIER^{1,3*},^{}, PH. LEFÈVRE^{1,2,3},
J.-P. WERQUIN^{1,4}, G. QUATREHOMME⁵, M. MEUNIER³,
C. POLET⁶, R. ORBAN⁶**

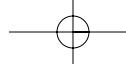
RÉSUMÉ

L'anthropologie médico-légale devant exploiter toutes les pièces osseuses mises à sa disposition, il nous est apparu logique d'investiguer diverses sutures crâniennes peu ou pas explorées. Nous nous sommes ainsi penchés sur quelques sutures viscérocérébrales. D'une part, nous avons étudié les sutures palatines en adaptant la méthodologie proposée par Mann [25-27] en y introduisant une observation semi-quantitative en cinq degrés d'oblitération des segments suturaux, rejoignant en cela la classification habituellement utilisée en la matière [1, 7, 38, 47]. D'autre part, quelques sutures faciales ont fait l'objet d'une approche plus simple, basée sur quatre degrés tels que définis notamment par Meindl et Lovejoy [34]. Outre l'appréciation de l'évolution par l'obtention de coefficients moyens d'oblitération suturale, nous proposons quelques équations de régression linéaire pouvant s'avérer utiles, quoique conscients des limites de ces méthodes suturales en matière de détermination de l'âge au décès.

Mots-clés : Anthropologie médico-légale, Sutures crâniennes, Âge au décès, Âge osseux, Os maxillaire, Os de la face, Palais osseux, Sutures faciales.

1. Laboratoire de médecine légale et d'anthropologie médico-légale, Faculté de Médecine, Université Libre de Bruxelles (ULB), Campus Érasme, CP 629, route de Lennik 808, B – 1070 BRUXELLES (Belgique).
 2. Laboratoire d'anatomie, biomécanique et organogenèse, Faculté de Médecine, Université Libre de Bruxelles (ULB), Campus Érasme, CP 619, route de Lennik 808, B – 1070 BRUXELLES (Belgique).
 3. H.E. Charleroi Europe, B – 6000 CHARLEROI (Belgique).
 4. Stomatologie et odontologie médico-légale, BRUXELLES (Belgique).
 5. Laboratoire de Médecine Légale et Anthropologie médico-légale, et CNRS (UMR 6235, GEPITOS), Faculté de Médecine, Université de Nice Sophia Antipolis, Avenue de Valombrose, 06107 NICE cedex (France).
 6. Laboratoire d'Anthropologie, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, rue Vautier 29, B – 1000 BRUXELLES (Belgique).
- * Correspondance : Centre de médecine légale de Charleroi – Pr Jean-Pol Beauthier, 112, rue de Masses-Diarbois B – 6043 CHARLEROI (Belgique). E-mail : jean-pol.beauthier@ulb.ac.be
- ** Collaborateur scientifique à l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique.





SUMMARY

Should Cranial Sutures Still Be Considered in the Evaluation of the Age at Death?

As forensic anthropologists should study all the skeletal remains he receives, it is interesting to investigate various and little or not at all explored craniofacial sutures.

Firstly, we studied the palatine sutures by adapting the methodology suggested by Mann [25-27]. We introduced an appreciation by sutural segments, based on a semi-quantitative observation in five degrees of obliteration, following the traditional classification of Broca, Nemeskéri or Perizonius [1, 7, 38, 47].

In addition, some viscerocranial sutures were the subject of a simplified approach, based on four degrees as defined by Meindl and Lovejoy [34].

Finally, we propose some mean coefficients of sutural obliteration but also some multiple linear equations of regression, in order to appreciate this particular sutural evolution and to prove their usefulness, though knowing the limits of the cranial sutures as regards of the age at death determination.

Key-words: Forensic anthropology, Cranial sutures, Age at death, Osseous age, Maxilla, Facial bones, Bony palate, Facial sutures.

1. INTRODUCTION

L'intérêt de l'estimation de l'âge au décès n'est plus à démontrer et devient une des recherches de base en anthropologie médico-légale, les publications se succédant en ce domaine. C'est par ailleurs ce critère majeur qui nous différencie de la pratique de l'anthropologie physique. Nous avons, dans notre démarche en expertise de pièces osseuses, deux orientations autres à savoir la recherche des éléments criminels éventuels et celle des éléments d'identification [4].

Dans ce cadre identificatoire, l'examen des sutures crâniennes présente-t-il encore une certaine valeur ?

Les situations rencontrées peuvent s'avérer problématiques et ce, à la fois en démarches médico-légales et en démarches anthropologiques ou paléontologiques. En effet, il est fréquent de rencontrer des crânes isolés ou des restes osseux tellement fragmentés (que ce soit dans les collections ostéologiques modernes ou pour

les pièces osseuses anciennes) qu'il nous paraît essentiel d'en tirer le maximum d'informations. Il serait dès lors regrettable d'en soustraire les sutures crâniennes [11], malgré leur imprécision et leur caractère évolutif (voire involutif) considéré comme assez aléatoire

Il est également bon d'ajouter l'intérêt croissant vis-à-vis des sutures crâniennes (notamment des sutures de voûte) dans le cadre de l'**identification des personnes** et ce, grâce au développement des techniques d'imagerie médicale.

En effet, si les techniques radiologiques présentaient leurs limites dans de telles observations suturales comparatives [8, 9, 53, 59, 60], les techniques tomodensitométriques et IRM s'avèrent très prometteuses [2, 48, 62].

C'est dans cette optique que nous avons abordé non seulement les sutures classiquement étudiées et bien répertoriées depuis plus d'un siècle, mais également des sutures plus rarement utilisées telles les sutures

palatines voire des sutures jamais encore utilisées dans ce but, à savoir les sutures faciales citées *infra*.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Matériel

L'effectif initial (172 crânes) provient essentiellement de deux collections (Nice et Schoten) auxquelles nous avons ajouté quelques crânes issus d'expertises médico-légales (collection de Charleroi) et d'une toute nouvelle collection de squelettes modernes (Châtelet).

La collection de Nice (N) a débuté en 1998 au laboratoire d'anthropologie médico-légale dirigé par le Professeur G. Quatrehomme. Elle est constituée à partir des dons de corps, dans le cadre du laboratoire d'anatomie de l'Université de Nice. L'âge au décès des crânes retenus s'échelonne de 48 à 101 ans.

La collection de squelettes identifiés de Schoten (S) (province d'Anvers, Belgique) a été élaborée par le Professeur F. Twiesselmann et est constituée de 51 squelettes issus du cimetière de ce petit village de Flandre, toutes ces personnes étant décédées en 1931 [43-46]. Elle est accessible au laboratoire d'anthropologie de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique. L'âge au décès s'étale de 19 à 89 ans.

Depuis 2006, ce laboratoire se dote d'une nouvelle collection de squelettes identifiés : la série de Châtelet (CH) (province de Hainaut, Belgique), constituée de squelettes destinés à être dispersés et détruits, car issus de tombes dont les concessions sont épuisées.

Enfin, quelques crânes (CBC) sont issus d'expertises anthropologiques menées dans le cadre de travaux médico-légaux d'identification. L'âge au décès de ces personnes s'étend de 47 à 89 ans.

Au départ d'un total de 172 individus européens, il s'est avéré indispensable d'éliminer les crânes dou-

teux sur le plan des informations intéressant le sexe et l'âge au décès. Nous avons également écarté les crânes trop dégradés (lésions *ante mortem* et/ou *post mortem* rendant la lecture suturale difficile).

C'est ainsi qu'*in fine*, nous avons retenu 134 crânes repris au tableau I. La répartition de l'effectif par classes d'âge est mentionnée au tableau II. Cet échantillon est assez remarquable par son importante proportion de personnes fort âgées (46 femmes et 52 hommes de 70 ans et plus, soit 73,1 % des 134 sujets).

L'effectif de notre étude peut être considéré comme moyen parmi ceux repris au sein de la littérature et intéressant les sutures crâniennes en général [1, 17, 18, 20, 25, 26, 30, 34-36, 47], à l'exception de travaux magistraux tels que l'étude de 963 crânes par Galera [15], l'étude de 3636 sutures sagittales par Hershkovitz [19] et le travail de Wang [64] sur les 28 sutures neurocrâniennes et viscérocraîniennes de 438 *Macaca Mulatta*.

2.2. Classes d'âge

Les classes d'âge classiquement utilisées [6] ont été adaptées par nos soins, étant donné la répartition assez particulière voire inhabituelle de notre échantillon, pauvre en sujets très jeunes et par contre, très bien représenté en sujets très âgés. Les premières classes habituelles (embryon, fœtus, périodes périnatale et néonatale, stades infantiles précoce et tardif) ont donc été regroupées et la classe senior complétée par une classe d'individus plus âgés encore.

Nos classes deviennent celles reprises au tableau II.

Les classes d'âge IV et V sont les mieux représentées et il apparaît évident que d'un point de vue statistique, les classes I et II ne soient pas exploitables, étant donné la faiblesse de l'effectif. Ceci n'est pas réellement problématique dès lors que pour ces classes jeunes, d'autres méthodes plus fiables que les nôtres sont d'application (voir *infra*).

Tableau I : Ensemble des crânes retenus et répartition en fonction du sexe.

Provenance	F	M	Total
Nice (N)	44	51	95
Schoten (S)	10	19	29
Châtelet (CH)	2	3	5
Médecine légale – Charleroi (CBC)	0	5	5
Total	56	78	134

Tableau II : Classes d'âge utilisées dans cette étude et répartition de l'échantillon.

Classes de I à V	Âge	Appellations adoptées	Sexe		Total
			F	M	
I	≤ 20 ans	Enfant et adolescent [65] (juvénile)	1	1	2
II	De 21 à 39 ans	Adulte jeune	1	2	3
III	De 40 à 59 ans	Adulte mature	6	15	21
IV	De 60 à 79 ans	Adulte senior ou âgé	10	27	37
V	≥ 80 ans	Adulte très âgé	38	33	71
Total			56	78	134

D'autre part, l'exploitation des données pour les trois dernières classes d'âge s'avère intéressante car à ce stade, en pure théorie, la présence de dents, éléments susceptibles d'estimer l'âge au décès, est sensée faire de plus en plus défaut.

2.3. Méthodes d'observation des sutures

Deux approches (en 4 et 5 stades évolutifs) ont été utilisées. Elles sont cependant fort semblables l'une par rapport à l'autre (tableau III).

2.3.1. Étude des sutures palatines

Les sutures palatines ont été étudiées en reprenant le schéma général utilisé par Mann dans ses travaux

de thèse [25-27], à savoir l'observation de la progression de l'oblitération suturale en cinq phases classiques [1, 7, 28, 30, 38].

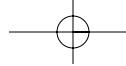
Nous détaillons ainsi ces quelques sutures en accord avec la terminologie anatomique internationale [13, 37].

La **suture incisive** (*sutura incisiva*) (IN), autrefois appelée suture incisivo-canine, se situe entre le processus palatin de l'os maxillaire (lame horizontale formant la plus grande partie du palais dur) et le prémaxillaire (l'os incisif ou prémaxillaire de l'embryon).

Elle est uniquement visible au cours du développement et s'étend d'ordinaire depuis le foramen incisif jusqu'à l'espace compris entre la canine et l'incisive latérale.

Tableau III : Correspondance des deux méthodes d'évaluation suturale et pourcentage d'oblitération par stade.

Sutures palatines		Degré d'oblitération suturale exprimé en %	Sutures fronto-naso-maxillaires et zygomatiques	
Stade 0	Suture ouverte ou diastatique	0 %		
Stade 1	Suture complète, mais non diastatique – quelques rares ponts peuvent être observés	0 % à 25 %	Stade 0	Suture complètement ouverte et/ou totalement visible
Stade 2	Suture visible, fine dont l'oblitération peut atteindre 50 %	Jusque 50 %	Stade 1	Oblitération minimale à modérée, soit inférieure ou égale à 50 %
Stade 3	Suture quasi complètement émoussée, mais que l'on devine encore – soit nettement supérieure à 50 %	De l'ordre de 75 %	Stade 2	Oblitération très avancée, soit nettement supérieure à 50 %
Stade 4	Suture totalement disparue	100 %	Stade 3	Suture totalement disparue



La **suture palatine médiane** (*sutura palatina mediana*) est visible dans la cavité orale, entre les deux moitiés du palais dur. Elle se situe en regard de la crête nasale visible en localisation endocrânienne de l'os maxillaire.

Nous la divisons en une **partie antérieure (AMP)** (correspondant à l'union sur la ligne médiane, de chaque processus palatin des os maxillaires et s'étendant du foramen incisif au staurion, ce dernier étant le point situé à l'union de la suture palatine médiane et de la suture palatine transverse) et une **partie postérieure (PMP)** (correspondant à l'union de la lame horizontale de l'os palatin avec son homologue contralatéral ; elle s'étend du staurion à l'épine nasale postérieure).

La **suture palatine transverse** (*sutura palatina transversa*) (**TP**) se localise entre le processus palatin de l'os maxillaire et la lame horizontale de l'os palatin. Les deux parties de cette suture rejoignent la suture palatine médiane au staurion. Latéralement, elle plonge dans le foramen grand palatin.

Nous avons adapté la méthode de Mann (méthodes dites originale et révisée) et de ceux qui l'ont appli-

quée et testée [16-18], en divisant chaque suture en segments destinés à l'observation morphologique.

Ces divisions présentées sur la figure 1, nous ont permis de détailler non seulement l'évolution suturale avec l'âge mais également le sens de cette progression de fusion suturale (voir *infra*, figure 8).

Nous divisons ainsi chaque hémisuture incisive en un segment médial et un segment latéral.

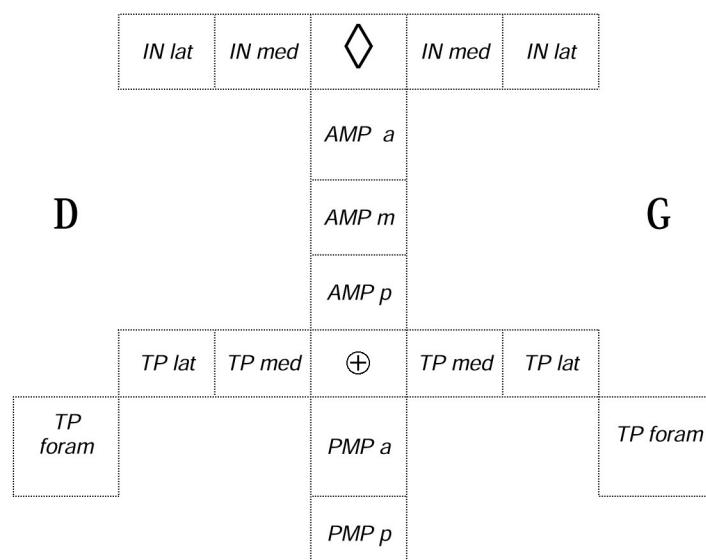
La suture palatine médiane en sa partie antérieure, est divisée en trois segments : un segment antérieur, un segment moyen et un segment postérieur.

La suture palatine médiane en sa partie postérieure, est divisée en deux segments : un segment antérieur et un segment postérieur.

Nous divisons chaque hémisuture transverse en un segment médial, un segment latéral et un segment foraminal, ce dernier pénétrant dans le foramen grand palatin et exploré plus avant dans la méthode révisée de Mann [17, 26].

Quinze scores (ou valeurs brutes) sont ainsi calculés, pouvant varier de 0 à 24 en fonction des sutures concernées (tableau IV).

Figure 1 : Schéma pratique de répartition des segments suturaux palatins étudiés.
Les abréviations sont reprises dans le texte et dans le tableau IV.



◊ : Foramen incisif

⊕ : Staurion

Tableau IV : Sutures palatines et cotation segmentaire.

Suture	Abréviation	Paire/impaire	Nombre de segments suturaux étudiés	Degré d'oblitération suturale (DOS) par segment	Valeur brute obtenue par suture (min → max)
Suture incisive	IN	Sutures paires	2 x 2	0 → 4	0 → 16
Suture palatine médiane, partie antérieure	AMP	Suture impaire	3	0 → 4	0 → 12
Suture palatine transverse	TP	Sutures paires	2 x 3	0 → 4	0 → 24
Suture palatine médiane, partie postérieure	PMP	Suture impaire	2	0 → 4	0 → 8
Total			15	0 → 4	0 → 60

2.3.2. Étude des sutures fronto-naso-maxillaires et zygomatiques

Les quelques sutures faciales retenues (figure 2) appartiennent à deux groupes, dépendant d'une part de l'os frontal et d'autre part de l'os zygomaticque (anc. os malaire) [5].

La **suture internasale** (*sutura internasalis*) (INAS) est située entre les deux os nasaux.

La **suture intermaxillaire** (*sutura intermaxillaris*) (IM) est médiane et antérieure, entre les deux os maxillaires.

La **suture naso-maxillaire** (*sutura nasomaxillaris*) (NM) se localise entre l'os nasal et le processus frontal de l'os maxillaire.

La **suture fronto-nasale** (*sutura frontonasalis*) (FN) est antérieurement disposée, sur l'axe parasagittal, entre l'os frontal et l'os nasal.

La **suture fronto-maxillaire** (*sutura frontomaxillaris*) (FM) est localisée au côté latéral de l'os nasal, entre le processus frontal de l'os maxillaire et la partie nasale de l'os frontal.

La **suture zygomatico-maxillaire** (*sutura zygomaticomaxillaris*) (ZM) se situe au plancher de l'orbite, entre les os zygomaticque et maxillaire.

La **suture fronto-zygomatique** (*sutura frontozygomatica*) (FZ) est visible au bord latéral de l'orbite, entre les os frontal et zygomaticque.

La **suture temporo-zygomatique** (*sutura temporozygomatica*) (TZ) est observée sur l'arcade zygomaticque, entre l'os zygomaticque et le processus zygomaticque de l'os temporal.

Ces sutures ont été étudiées en utilisant des critères plus simples d'oblitération, soit quatre stades (tableau V) [23, 34]. Nous avons également tenu compte d'une valeur moyenne d'oblitération pour les sutures paires.

Deux grandes orientations sont proposées, l'une basée sur la détermination de coefficients moyens d'oblitération suturale et l'autre sur l'introduction des valeurs brutes d'oblitération de chaque suture dans des équations de régression linéaire multiple.

Les coefficients moyens d'oblitération suturale ont été calculés selon la méthodologie reprise au tableau VI.

Leur évolution est comparée à celle d'un coefficient moyen d'oblitération ectocrânien (C_{ec}) déterminé par analogie avec la méthode décrite par Acsádi et Nemeskéri pour l'observation suturale endocrânienne [1]. La progression suturale a également été traduite en pourcentage d'oblitération, permettant une comparaison aisée entre tous ces groupes suturaux.

La méthode basée sur la régression linéaire a été comparée à celle de Masset [30-32].

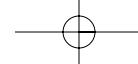


Figure 2 : Détails des sutures fronto-naso-maxillaires et zygomatiques utilisées, selon Feneis [14].
Les abréviations sont celles reprises dans le texte et dans le tableau V.

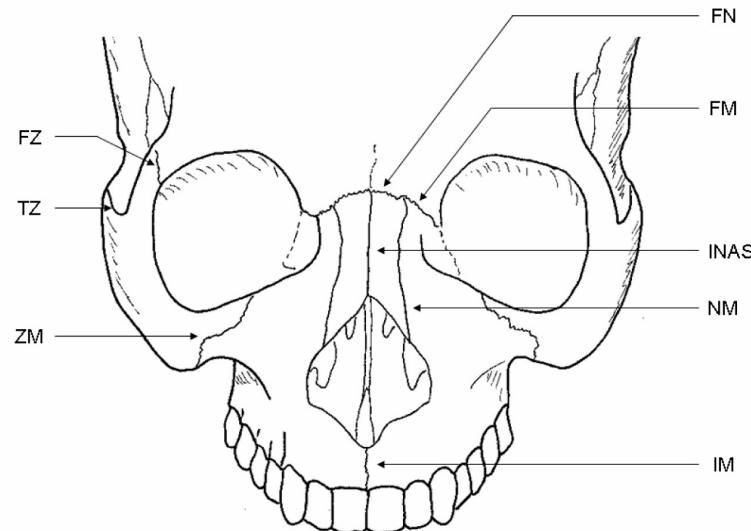


Tableau V : Sutures faciales utilisées et méthodologie de cotation.

Appellation	Abréviation	Paire/impaire	Nombre de segments étudiés	Degré d'oblitération suturale (DOS)	Valeur brute obtenue par suture (min → max)
Suture internasale	INAS	Sutures impaires	1	0 → 3	0 → 3
Suture intermaxillaire	IM				
Suture naso-maxillaire	NM	Sutures paires	Évaluation moyenne entre la droite et la gauche	0 → 3	0 → 24
Suture fronto-nasale	FN				
Suture fronto-maxillaire	FM				
Suture zygomatico-maxillaire	ZM				
Suture fronto-zygomatique	FZ				
Suture temporo-zygomatique	TZ				
Total			8	0 → 3	0 → 24

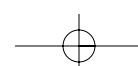


Tableau VI : Coefficients moyens d'oblitération (DOS : degré d'oblitération suturale – voir tableaux IV et V).

Coefficients	Équations	Étendue	
Coefficient moyen d'oblitération palatine	$C_p = \frac{\sum (\text{DOS sutures palatines})}{15}$	0 → 4	[Éq. 1]
Coefficient moyen d'oblitération faciale	$C_{fz} = \frac{\sum (\text{DOS sutures faciales utilisées})}{8}$	0 → 3.	[Éq. 2]
Coefficient moyen d'oblitération ectocrânienne	$C_{ec} = \frac{\sum (\text{DOS sutures coronale + sagittale + lambdoïde})}{16}$	0 → 4	[Éq. 3]

3. RÉSULTATS

3.1. Coefficients moyens d'oblitération

Les résultats figurent aux tableaux VII et VIII respectivement pour les sutures palatines et les sutures faciales.

Les classes I et II ne sont pas représentatives et ne peuvent dès lors entrer dans le cadre de notre discussion.

La comparaison des états d'oblitération palatine et faciale permet de mettre en évidence une lente et relativement constante progression, s'atténuant quelque peu chez les individus très âgés (figure 3). Nous notons également une oblitération plus avancée dans le sexe

masculin bien qu'il n'y ait strictement pas de différence entre les moyennes lors de l'application du test t pour valeurs appariées. Il en est de même du test d'égalité des variances (test de Levene) ne révélant aucune différence significative en fonction du sexe (valeur de p = 0,566).

3.2. Étude de l'évolution suturale par le pourcentage d'oblitération

Traduire les coefficients étudiés plus haut en pourcentage d'oblitération permet de comparer selon les mêmes critères, l'évolution des coefficients C_p , C_{fz} et C_{ec} . L'évolution de ces pourcentages est présentée dans la figure 4. L'évolution en pourcentage permet également l'estimation de l'âge au décès lorsque l'on est

Tableau VII : Coefficient moyen d'oblitération suturale palatine (C_p) par classes d'âge et par sexe.

Classes	Âges (années)	n	Moyenne C_p	Écart-type	
Femmes					
(I)	≤ 20	1	(1,53)	-	
(II)	21 – 39	1	(2,40)	-	
III	40 – 59	6	2,63	0,57	
IV	60 – 79	10	3,20	0,49	
V	≥ 80	38	3,37	0,30	
Hommes					
(I)	≤ 20	1	(2,80)	-	
(II)	21 – 39	2	(2,47)	(0,19)	
III	40 – 59	15	3,00	0,44	
IV	60 – 79	27	3,39	0,31	
V	≥ 80	33	3,47	0,28	
Sexes confondus					
					ESM (*)
(I)	≤ 20	2	(2,17)	(0,90)	(0,63)
(II)	21 – 39	3	(2,44)	(0,14)	(0,08)
III	40 – 59	21	2,90	0,50	0,11
IV	60 – 79	37	3,34	0,37	0,06
V	≥ 80	71	3,42	0,29	0,03

Tableau VIII. Coefficient moyen d'oblitération suturale faciale (C_{fz}) par classes d'âge et par sexe.

Classes	Âge (années)	n	Moyenne C_{fz}	Écart-type
Femmes				
(I)	≤ 20	1	(0,25)	-
(II)	21 - 39	1	(0,38)	-
III	40 - 59	6	0,90	0,18
IV	60 - 79	10	1,33	0,62
V	≥ 80	38	1,48	0,47
Hommes				
(I)	≤ 20	1	(0,25)	-
(II)	21 - 39	2	(0,25)	(0,18)
III	40 - 59	15	1,10	0,43
IV	60 - 79	27	1,51	0,42
V	≥ 80	33	1,64	0,39
Sexes confondus				
(I)	≤ 20	2	(0,25)	(0)
(II)	21 - 39	3	(0,29)	(0,14)
III	40 - 59	21	1,04	0,38
IV	60 - 79	37	1,46	0,48
V	≥ 80	71	1,55	0,44
ESM (*)				
(I)	≤ 20	2	(0,25)	(0)
(II)	21 - 39	3	(0,29)	(0,08)
III	40 - 59	21	1,04	0,08
IV	60 - 79	37	1,46	0,08
V	≥ 80	71	1,55	0,05

$$(*) \text{ Erreur standard de la moyenne (erreur standard) : } \text{ESM} = \frac{\text{Ecart - type}}{\sqrt{n}}$$

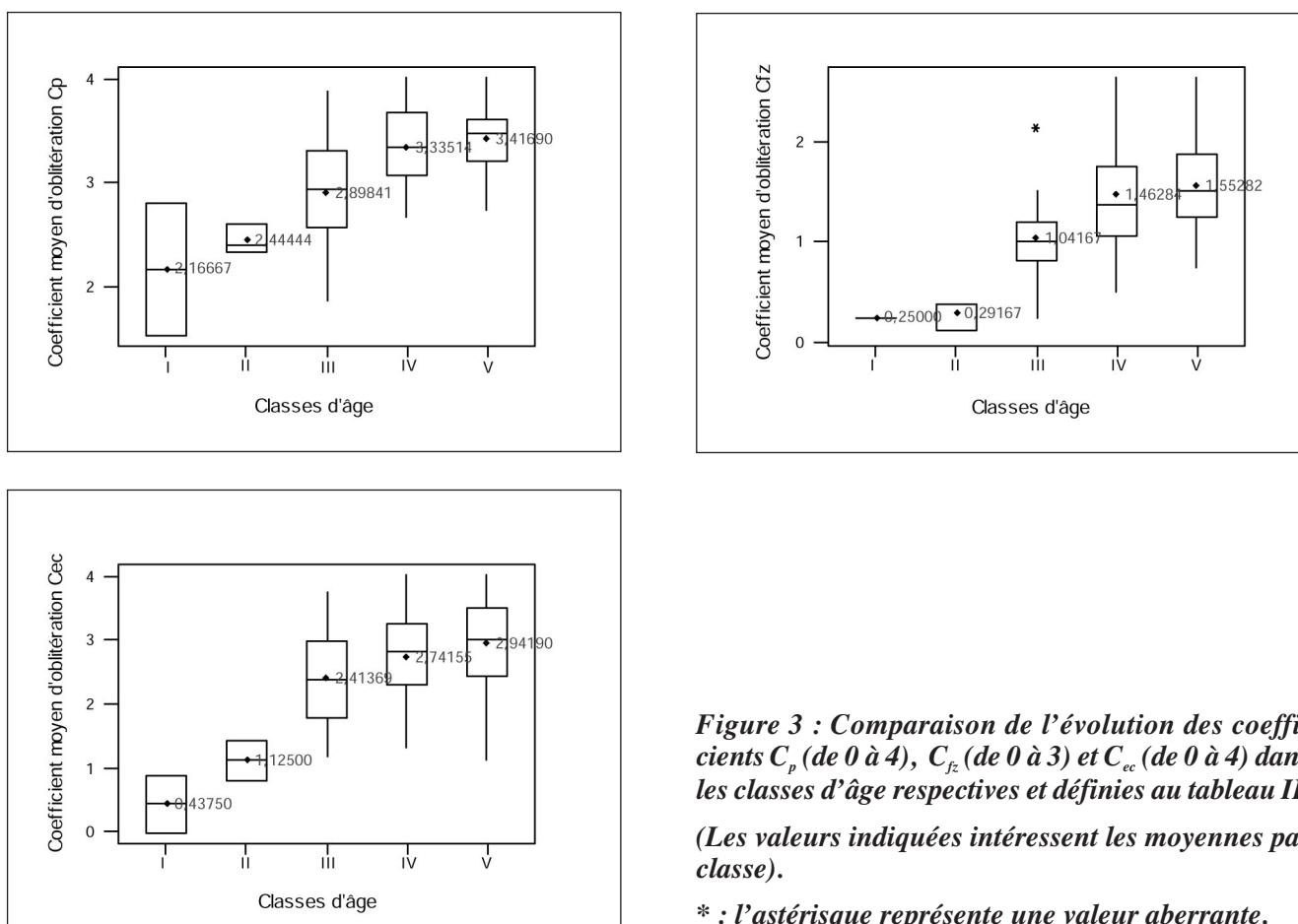


Figure 3 : Comparaison de l'évolution des coefficients C_p (de 0 à 4), C_{fz} (de 0 à 3) et C_{ec} (de 0 à 4) dans les classes d'âge respectives et définies au tableau II.

(Les valeurs indiquées intéressent les moyennes par classe).

* : l'astérisque représente une valeur aberrante.

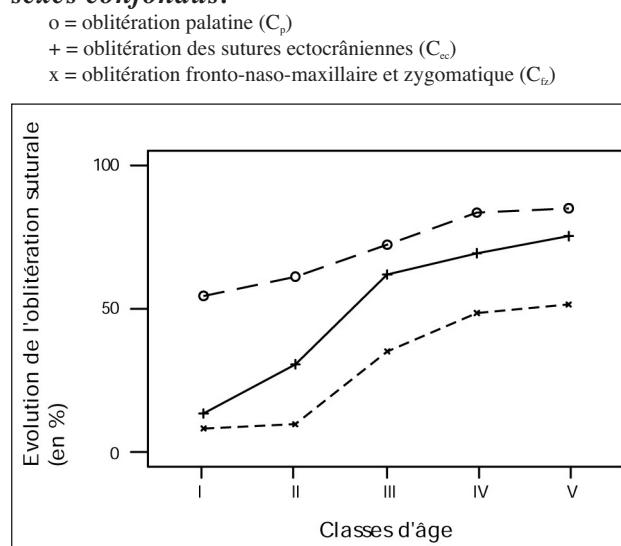
confronté à des groupes suturaux incomplets, situation fréquemment rencontrée en pratique.

Outre l'appréciation du pourcentage dans les cinq classes utilisées dans l'étude, il nous a paru utile de montrer l'évolution de ces pourcentages par décennies (tableau IX et figure 5).

Il est donc aisé d'utiliser – à partir de l'oblitération suturale d'un crâne non identifié – les cinq classes d'âge ou les classes par décennies, afin de répondre aux questions soumises par les autorités judiciaires dans les situations de ce genre.

Dans toutes les tranches d'âge étudiées (en écartant de notre raisonnement les tranches 1, 2 et 3 en raison du nombre insuffisant d'individus), l'on observe à nouveau ce progrès constant de l'oblitération suturale.

Figure 4 : Évolution suturale exprimée en pourcentages pour les cinq classes d'âge et les deux sexes confondus.



3.3. Étude de l'évolution suturale par régression linéaire multiple

Préalablement à l'étude de la régression, nous avons procédé à divers tests statistiques.

Nous avons testé l'égalité des variances (âge au décès par rapport au sexe) en utilisant le test de Levene : $p = 0,566$ et le test F : $p = 0,919$.

Par contre, les mêmes tests (Levene : $p < 0,001$ et test F : $p < 0,001$) ont révélé une inégalité des variances entre les données de Schotens et celles de Nice, à propos de l'âge au décès. Une telle observation était prévisible, dès lors que l'échantillon niçois est nettement plus âgé et que la distribution des âges au décès adopte ainsi une allure à «double bosse».

Figure 5 : Pourcentage d'évolution suturale par évolution des coefficients au cours des décennies.

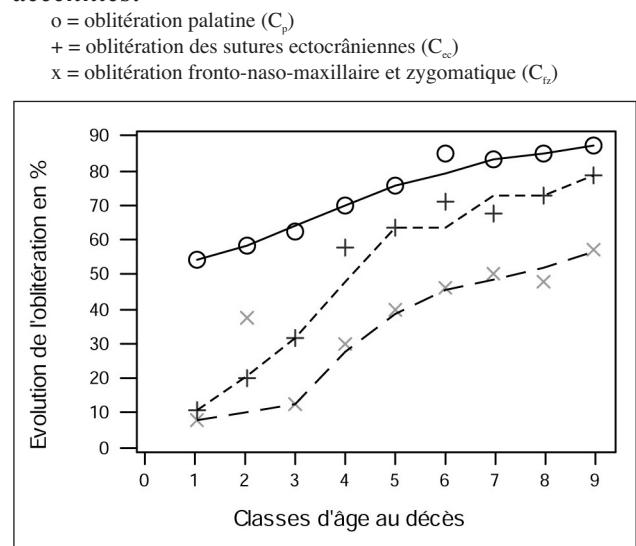


Tableau IX : Évolution suturale en pourcentages par décennies.

Classes d'âge	Âge (années)	Effectif $n =$	Oblitération palatine (C_p) en %	Oblitération fronto-naso-maxillaire et zygomatique (C_{fz}) en %	Oblitération ectocrânienne (C_{ec}) en %	Coefficient « s » (*) en %
1	≤ 19	2	54,2	8,3	11,0	13,3
2	20-29	1	58,3	4,2	20,3	20,0
3	30-39	2	62,5	12,5	32,1	35,6
4	40-49	11	69,7	30,0	57,8	60,5
5	50-59	10	75,5	40,0	63,2	64,3
6	60-69	10	84,7	45,8	71,1	72,8
7	70-79	27	82,9	49,9	67,6	68,5
8	80-89	40	84,6	48,1	71,4	73,1
9 et +	≥ 90	31	86,5	56,5	76,5	77,9
total		134				

(*) Coefficient « s » de Masset : voir *infra*

Nous avons également recherché les valeurs influentes voire aberrantes (via les effets de levier, DFITS et la distance de Cook), tout en estimant ne pas devoir ôter ces quelques sujets de notre effectif, sous peine de fausser nos travaux.

Par le calcul du facteur d'influence de la variance (VIF) nous avons pu tester l'absence de toute éventuelle colinéarité entre les variables explicatives.

En étudiant le diagramme des probabilités normales en fonction des données (droite de Henry), nous observons par moments, que les données s'écartent de la droite d'ajustement aux extrêmes. La valeur de p du

test de Anderson – Darling indique ainsi qu'à certains niveaux, les données ne suivent plus une loi normale (notamment en ce qui concerne les sutures faciales parmi le sexe féminin).

Nous avons effectué le test d'indépendance de Durbin et Watson et avons confirmé l'absence d'autocorrélation.

Les valeurs brutes d'oblitération de chaque suture permettent d'obtenir des équations de régression linéaire multiple.

Dans le tableau X, figurent ces équations de régression intéressant les sutures palatines (équations 4 à 6),

Tableau X : Équations de régression linéaire multiple à partir des sutures palatines et faciales.

- Les abréviations correspondent aux sutures détaillées aux tableaux IV et V.
- R correspond au coefficient de corrélation multiple.

Sexe	Équations	R	Valeur de p	
Âge estimé en années (y) à partir des sutures palatines				
F	$y = - 77,8 + (7,4 \times IN) - (0,5 \times AMP) + (1,84 \times TP) + (0,79 \times PMP)$	0,72	< 0,001	[Éq. 4]
M	$y = - 81,9 + (5,94 \times IN) - (1,53 \times AMP) + (2,37 \times TP) + (3,86 \times PMP)$	0,62	< 0,001	[Éq. 5]
F+M	$y = - 63,6 + (5,65 \times IN) - (0,139 \times AMP) + (1,6 \times TP) + (3,11 \times PMP)$	0,59	< 0,001	[Éq. 6]
Âge estimé en années (y) à partir des sutures faciales utilisées				
F	$y = 57,7 + (3,31 \times INAS) + (6,11 \times IM) + (2,48 \times NM) + (3,32 \times FN) - (6,23 \times FM) + (3,57 \times ZM) + (1,24 \times FZ) + (2,33 \times TZ)$	0,60	< 0,001	[Éq. 7]
M	$y = 39,5 + (3,14 \times INAS) + (3,32 \times IM) + (4,45 \times NM) + (9,69 \times FN) - (5,15 \times FM) + (4,87 \times ZM) - (4,29 \times FZ) + (5,09 \times TZ)$	0,68	< 0,001	[Éq. 8]
F+M	$y = 47,9 + (2,33 \times INAS) + (3,69 \times IM) + (3,54 \times NM) + (8,12 \times FN) - (4,58 \times FM) + (3,13 \times ZM) - (1,64 \times FZ) + (4,53 \times TZ)$	0,59	< 0,001	[Éq. 9]
Âge estimé en années (y) à partir des sutures palatines et des sutures faciales utilisées				
F	$y = - 97,0 + (3,08 \times INAS) + (2,38 \times IM) + (3,08 \times NM) - (4,04 \times FN) + (0,35 \times FM) - (1,73 \times ZM) + (0,51 \times FZ) - (0,47 \times TZ) + (9,02 \times IN) + (0,22 \times AMP) + (1,67 \times TP) + (0,01 \times PMP)$	0,74	< 0,001	[Éq. 10]
M	$y = - 12,2 + (1,61 \times INAS) + (1,43 \times IM) + (4,60 \times NM) + (8,80 \times FN) - (4,96 \times FM) + (2,64 \times ZM) - (2,25 \times FZ) + (4,59 \times TZ) + (1,75 \times IN) - (1,78 \times AMP) + (1,87 \times TP) + (1,60 \times PMP)$	0,77	< 0,001	[Éq. 11]
F+M	$y = - 36,4 + (0,84 \times INAS) + (1,35 \times IM) + (4,19 \times NM) + (6,06 \times FN) - (3,15 \times FM) + (0,73 \times ZM) - (1,39 \times FZ) + (3,54 \times TZ) + (4,07 \times IN) - (0,741 \times AMP) + (1,10 \times TP) + (2,33 \times PMP)$	0,60	< 0,001	[Éq. 12]
Âge estimé en années à partir des sutures de voûte : équations de Masset				
F	Âge estimé (années) = $- (2,9 \times s^2) + (12,3 \times s) + 60,7$			[Éq. 13]
M	Âge estimé (années) = $- (5,6 \times s^2) + (26,3 \times s) + 40,9$			[Éq. 14]

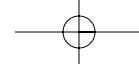
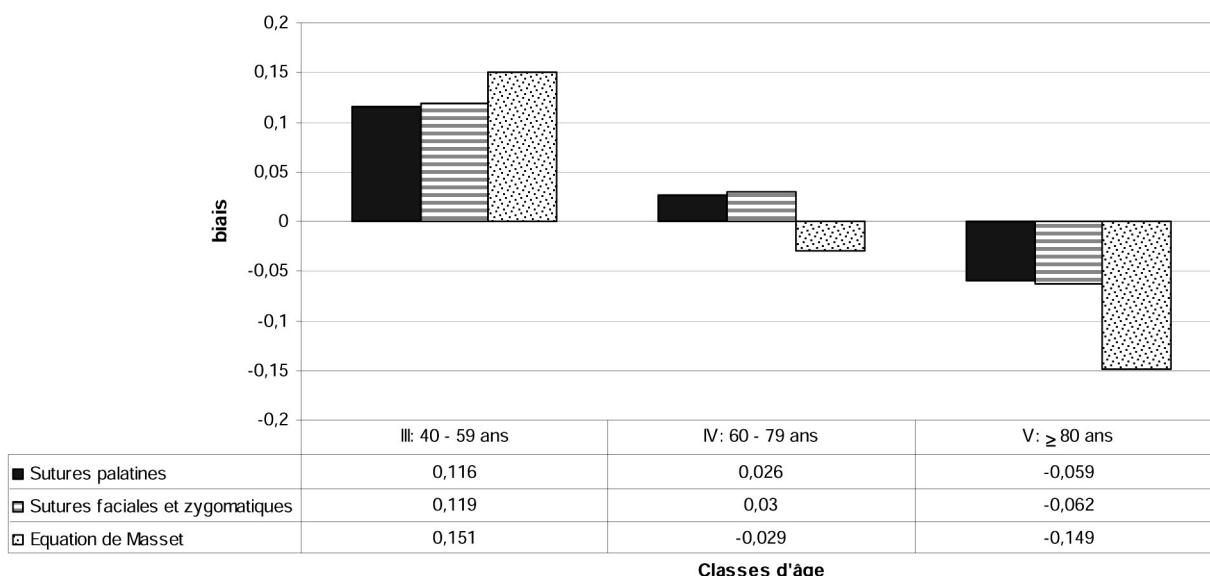


Figure 6 : Évaluation de la moyenne du biais en fonction des équations de régression utilisées dans l'estimation de l'âge sutural, deux sexes confondus, pour les trois classes d'âge significativement représentatives.



les sutures faciales (équations 7 à 9) mais également la combinaison des deux ensembles suturaux (équations 10 à 12).

Enfin, nous avons utilisé à titre comparatif, les équations de Masset (équations 13 et 14) se rapportant aux populations modernes (espérance de vie à la naissance $e_0 = 60$).

Notons que les valeurs du coefficient C_{ec} (figures 3, 4 et 5) évoluent de manière identique au coefficient «s» de Masset [30] (tableau X : équations 13 et 14). La seule différence réside chez Masset, dans l'appréciation moyenne de l'oblitération des sutures paires (coronale et lambdoïde) par rapport à la méthode de Acsádi et Nemeskéri [1, 15, 38].

En ce qui concerne le dimorphisme sexuel, l'oblitération suturale semble plus avancée dans le sexe masculin rejoignant ainsi les constatations classiquement tirées de la littérature. Il faut cependant souligner que la différenciation sexuelle n'est pas significative dans notre échantillon (cf. *supra*).

3.4. Étude du biais

Un biais global [\sum (âge estimé – âge réel) / N] – c'est-à-dire rapporté à $N = 134$ – a été calculé entre les résultats obtenus par les équations de régression pala-

tines, faciales et ectocrâniennes et ce, afin d'évaluer graphiquement les écarts rencontrés par rapport aux cinq classes d'âge. La nuance en est, par rapport au biais classique, que seul l'ordre de grandeur comparatif peut être apprécié (figure 6).

Il apparaît que les trois équations de régression linéaire multiple (équations 6 et 9 d'une part et équations de Masset d'autre part) ont tendance à vieillir considérablement les classes jeunes (I et II) et la classe moyenne (III), et que l'équation de Masset (sutures ectocrâniennes de voûte) est la moins performante des trois. Par contre, les équations palatine et faciale se rapprochent de manière plus satisfaisante de l'âge réel pour les individus âgés, particulièrement de la classe IV. Enfin, l'âge des plus âgés (classe V) est sous-estimé par les trois équations.

Nous ne faisons qu'observer ici un phénomène assez classique dans l'appréciation de l'âge au décès, par les méthodologies d'approche qualitative (ou ici semi-quantitative), où une certaine subjectivité peut s'insinuer dans la lecture et donc dans la cotation d'une variable.

3.5. Évolution suturale globale

La suture palatine médiane dans sa partie antérieure (AMP) s'avère parfois fort difficile à observer, à la

suite de la formation des *minitorii*, enfonçant littéralement la suture entre deux grandes berges masquant celle-ci. Par contre d'autres sutures révèlent une bonne correspondance entre l'oblitération et l'âge au décès,

notamment les sutures incisive (chez les sujets jeunes), palatine médiane dans sa partie postérieure (PMP), transverse (TP) [26], ainsi que les sutures crâniennes (figure 7).

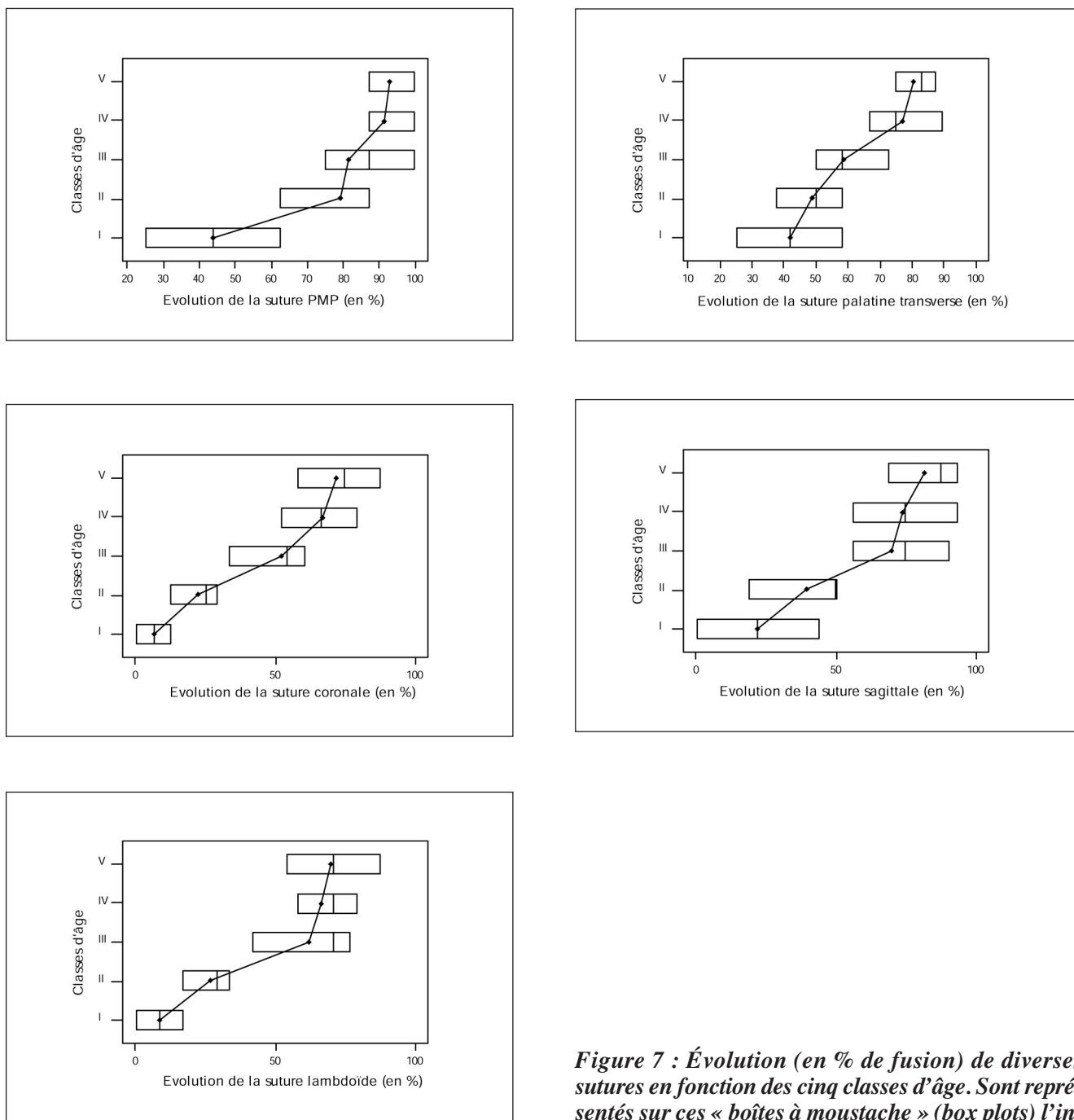


Figure 7 : Évolution (en % de fusion) de diverses sutures en fonction des cinq classes d'âge. Sont représentés sur ces « boîtes à moustache » (box plots) l'intervalle interquartile (Q1-Q3) et la médiane (barre verticale). Un segment de droite relie les valeurs moyennes représentées en losanges noirs.

Pour le surplus, ces sutures semblent peu soumises à l'influence de contraintes environnementales extérieures, bien que ceci soit en contradiction avec certains auteurs [61, 62, 64].

Il n'est pas exclu que certains traitements orthodontiques récents [et notamment la distraction maxillaire [10, 21, 22, 24, 33, 39, 49, 50, 54, 55, 63]] soient responsables de modifications notables dans l'observation palatine. Nous laisserons le soin aux générations futures d'apprécier cette éventualité.

Nous noterons comparativement que Wang [64] décrit – à propos du neurocrâne chez *Macaca Mulatta* – les séquences successives d'oblitération comme suit :

suture métopique → suture sagittale →
suture lambdoïde → suture coronale

Ceci est en relative contradiction avec d'autres auteurs décrivant un processus d'ossification suturale survenant :

- ✓ pour la suture coronale au minimum vers 20-30 ans,
- ✓ pour la suture sagittale vers 30-40 ans,
- ✓ et pour la suture lambdoïde vers 40-50 ans [51, 57, 58].

Nos résultats se rapprochent plutôt de cette succession proposée, quoique la prudence reste de mise, l'évolution restant fort aléatoire.

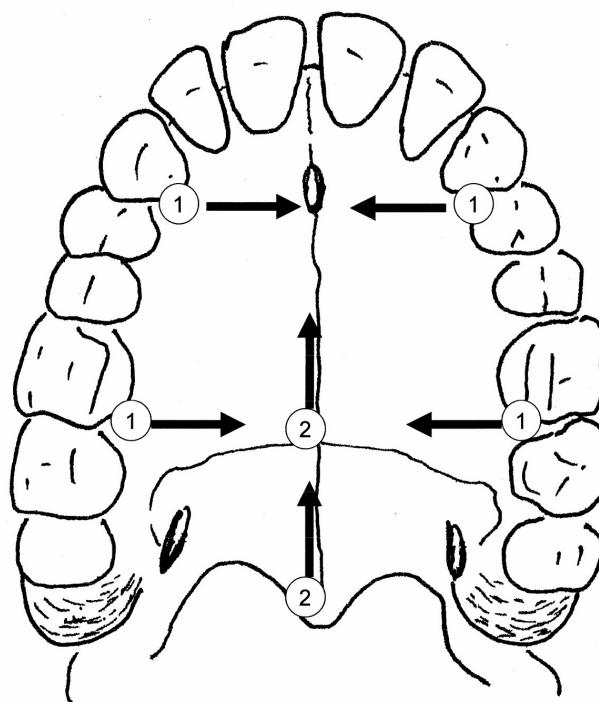
3.6. Progression segmentaire palatine

Nous avons étudié la progression directionnelle de l'oblitération palatine grâce aux systèmes de segmentations proposées en rubrique « méthode ».

Nous avons pris comme hypothèse de travail, celle décrite par Mann [25] : la progression centri-

Figure 8 : Progression suturale :

- 1 = progression centripète des sutures incisive et transverse.
2 = progression dorso-ventrale des deux parties de la suture palatine médiane.



pète des sutures incisive et transverse et la progression dorso-ventrale des segments la suture palatine médiane (figure 8).

Le tableau XI confirme ce type d'évolution suturale. Nous n'avons observé qu'un seul cas douteux à propos de la suture incisive, dont la progression est indiscutablement centripète. Il en est de même pour la suture transverse, dont certains segments médiaux ont présenté quelques variations.

La suture palatine médiane, partie postérieure (PMP), révèle que son segment dorsal (soit celui joux-

Tableau XI : Progression des segments suturaux palatins avec l'âge.

Évolution des sutures palatines		Progression des segments suturaux		
		Correcte	Douteuse	Incorrecte
Évolution centripète	Incisive	133	1	0
	Transverse	128	6	0
Évolution dorso-ventrale	Suture palatine médiane, partie postérieure	134	0	0
	Suture palatine médiane, partie antérieure	107	23	4

tant l'épine nasale postérieure) est toujours en avance d'au moins un degré d'oblitération par rapport à son segment ventral (rejoignant le staurion).

Quant à la suture palatine médiane, partie antérieure (AMP), ses segments ventraux sont la plupart du temps, de degrés inférieurs d'évolution par rapport à son segment dorsal. Cette suture s'avère cependant moins fiable et il s'agit de la suture la plus difficile à étudier (cf. *supra*).

Quant à la chronologie de la fermeture des sutures, nos observations confirment également celles de Mann [25] : la fusion de la suture incisive survient en premier, puis celle de la suture palatine médiane partie postérieure, suivie de la suture transverse (figure 7).

Les travaux de Wang [64] font mention d'une succession de fusion commençant par le neurocrâne, suivi du basicrâne pour terminer par le viscérocrâne. Seuls 10 % des individus étudiés (*Macaca Mulatta*) achèvent la fusion maximale au cours de leur existence.

Nous n'avons observé que deux individus présentant une oblitération ectocrânienne complète. Dans ces deux cas, l'oblitération faciale n'était pas terminée (tant au niveau palatin qu'au niveau fronto-naso-maxillaire et zygomatique).

Seuls quatre individus ont révélé une disparition suturale palatine et par contre, aucun sur les 134 crânes étudiés ne présentait une oblitération fronto-naso-maxillaire et zygomatique complète. Le score maximum observé pour ce groupe sutural facial étant de 65,6 % d'oblitération.

4. DISCUSSION

L'évolution des sutures palatinas et faciales peut-elle venir en aide en tant que méthode complémentaire dans la détermination de l'âge au décès ?

a) Intérêt de l'échantillon – personnes âgées

L'échantillon observé dans cette étude est constitué d'un nombre important d'individus d'âge avancé et a permis une approche assez intéressante, voire utile dès lors qu'en pratique, le médecin légiste sera de plus en plus souvent confronté à des squelettes de personnes âgées. Les méthodes traditionnelles perdant petit à petit leur intérêt au fur et à mesure de cet avancement de l'âge au décès, ces sutures particulières apportent une

vision complémentaire de l'estimation de l'âge au décès. L'exploitation de ces données s'est réalisée à partir de ces échantillons particuliers de par leurs caractéristiques précitées, tenant compte de la simple observation de ces oblitérations tardives.

b) Progression globale de l'évolution suturale avec l'âge

Les problèmes liés à l'utilisation des sutures crâniennes ont été soulevés à plusieurs reprises : évolution aléatoire des sutures crâniennes et non liée aux processus classiques de vieillissement, lecture difficile pouvant être sujette à diverses interprétations par les observateurs... Toutefois, notre étude a révélé une progression assez constante de l'oblitération au niveau de la plupart des sutures étudiées, tout en sachant – notamment par l'application de la régression pas-à-pas – que certaines s'avèrent plus faibles que d'autres. Les sutures les plus fiables se sont avérées les sutures incisive, transverse, palatine médiane postérieure, internasale, intermaxillaire.

De plus, notre approche palatine a spontanément et fort heureusement (en raison de leur fiabilité) induit une pondération « naturelle » d'un facteur 2 des sutures paires (incisive et palatine transverse) qui à elles deux, peuvent atteindre une valeur brute maximale de 40 sur un total palatin général de 60.

Au niveau palatin, nous avons confirmé la chronologie d'oblitération décrite par Mann, soit les oblitérations successives des sutures incisive, palatine médiane partie postérieure et transverse. La suture palatine médiane partie antérieure reste fort inconstante dans sa progression et fort difficile dans son observation.

c) Oblitération tardive des sutures faciales

Les sutures palatinas et faciales s'oblitèrent plus tardivement que les sutures de voûte. Très peu d'individus présentent une oblitération complète. Nous rejoignons en cela les diverses observations dont la littérature fait état [25, 57, 58, 64].

d) Direction et progression segmentaires

Notre observation a également permis de confirmer le mode d'oblitération suturale au niveau du palais osseux, à savoir une progression centripète pour les sutures incisive et transverse, et une progression dorso-ventrale pour la suture palatine médiane, rejoignant en cela les travaux de Mann [25].

e) Caractères aléatoires de la croissance suturale

Si dans le développement embryonnaire, foetal et infantile, on peut aisément comprendre que l'absence de fusion puisse permettre le développement endocrânien et la constitution morphologique faciale, rien ne permet à ce stade de nos connaissances, d'envisager une explication valable à la progression de l'oblitération suturale.

Car en ces régions osseuses particulières, il n'y a pas d'usure, de frottement, de compétition articulaire et d'arthrose.

Faut-il incriminer certaines influences et répartitions de forces musculaires ? L'on peut répondre affirmativement pour certaines sutures, si l'on tient compte des observations zoologiques [61, 64].

Ajoutons en outre le développement considérable des études basées sur les facteurs de croissance et leurs récepteurs membranaires [12, 40-42]. Ces observations récentes permettront probablement de mieux cerner dans le futur, cette progression suturale.

f) Les écueils

Enfin, nous avons constaté les mêmes écueils souvent décrits en matière de détermination de l'âge au décès, à savoir la tendance au vieillissement des sujets jeunes par rapport à leur âge réel (quoiqu'il nous soit impossible de le démontrer, étant donné le peu d'individus jeunes dans notre effectif), et la tendance au rajeunissement des sujets fort âgés [31, 56].

5. CONCLUSION

Nous avons proposé l'étude de l'évolution suturale dans une approche plus complexe et plus large que celle de l'estimation de l'âge au décès.

Cette évolution, du moins au niveau ectocrânien, s'avère cependant assez aléatoire et dès lors d'une précision souvent insuffisante pour les exigences de l'enquête judiciaire [52].

Malgré de telles restrictions, nous ne pouvons écarter définitivement cette observation de nos méthodologies d'approche de l'âge au décès, cette notion entrant dans le cadre général de l'identification des personnes, démarche capitale en anthropologie médico-légale.

De plus, face à des têtes osseuses isolées (parfois sans mandibule), telles que régulièrement transmises

à l'expert, l'approche suturale peut apparaître comme la seule démarche accessible à l'investigation, hormis l'expertise odontologique pour les crânes non édentés, tout en témoignant d'une grande prudence voire en démontrant aux magistrats que nous ne pouvons pas nécessairement répondre à toutes les questions ni apporter toutes les précisions souhaitées.

Comme le soulignait brillamment Claude Michaux, procureur général près la Cour d'appel de Mons (Belgique) : « l'expert a le droit de ne pas savoir, mais il a le devoir de le dire ».

Force est de constater qu'en présence de squelettes plus complets, les autres approches s'avèrent nettement plus efficaces, du moins chez les personnes de moins de 60 ans.

L'investigation des sutures palatines et de certaines sutures faciales reste selon nous, une source d'exploration intéressante supplémentaire, notamment chez les personnes âgées, à plus forte raison lorsque les conclusions formulées à l'examen de celles-ci corroborent les conclusions émises à l'examen des autres structures tant crâniennes que post-crâniennes ainsi que – *a fortiori* – lors d'application des méthodes combinées, vivement recommandées [3, 29].

La prudence reste cependant la mère de la « sagesse anthropologique », dès lors que l'évolution suturale, qu'elle soit neurocrânienne ou viscérocrânienne, n'est pas synchrone avec d'autres signes de vieillissement. ■

BIBLIOGRAPHIE

- [1] ACSÁDI GY, NEMESKÉRI J. – *History of human life span and mortality*. Budapest : Akadémiai Kiadó, 1970.
- [2] ANDERSON PJ, NETHERWAY DJ, DAVID DJ, SELF P. – Scanning electron microscope and micro-CT evaluation of cranial sutures in health and disease. *J Craniofac Surg*, 2006, 17, 909-919.
- [3] BACCINO E, UBELAKER DH, HAYEK LA, ZERILLI A. – Evaluation of seven methods of estimating age at death from mature human skeletal remains. *J Forensic Sci*, 1999, 44, 931-936.
- [4] BEAUTHIER J-P. – *Traité de médecine légale*. Bruxelles, Paris : De Boeck Université, 2007.
- [5] BEAUTHIER J-P, LEFÈVRE P, WERQUIN JP, et al. – Sutures faciales et estimation de l'âge au décès chez l'adulte. *Biom Hum Anthropol*, 2008, 26.
- [6] BEAUTHIER JP, LEFÈVRE P, ORBAN R, POLET C, GRÉVIN G, QUATREHOMME G. – L'anthropologie et la personne

- décédée. In : Beauthier JP, ed. *Traité de médecine légale*. Bruxelles, Paris : De Boeck Université ; 2007 : 423-482.
- [7] Broca P. – Instructions craniologiques et craniométriques. *Mém. Soc. Anthropol. Paris*, 1875, 2, 1-208.
- [8] BROGDON BG. – Radiologic identification of individual remains. In : Brogdon BG, ed. *Forensic radiology*. New York : CRC Press ; 1998 : 149-187.
- [9] CHANDRA SEKHARAN P. – Identification of skull from its suture pattern. *Forensic Sci Int*, 1985, 27, 205-214.
- [10] CHO BC, HWANG SK, UHM KI. – Distraction osteogenesis of the cranial vault for the treatment of craniofacial synostosis. *J Craniofac Surg*, 2004, 15, 135-144.
- [11] DORANDEU A, COULIBALY B, PIERCECHI-MARTI MD, et al. – Age-at-death estimation based on the study of frontosphenoidal sutures. *Forensic Sci Int*, 2008, 177, 47-51.
- [12] DUCY P. – Contrôle génétique de la squelettogenèse. *Médecine/sciences*, 2001, 17, 1242-1251.
- [13] FEDERATIVE COMMITTEE ON ANATOMICAL TERMINOLOGY – *Terminologia anatomica*. Stuttgart : Thieme, 1998.
- [14] FENEIS H, DAUBER W. – *Pocket atlas of human anatomy : based on the international nomenclature*. 3rd ed. Stuttgart : G. Thieme, 1994.
- [15] GALERA V, UBELAKER DH, HAYEK LA. – Comparison of macroscopic cranial methods of age estimation applied to skeletons from the Terry Collection. *J Forensic Sci*, 1998, 43, 933-939.
- [16] GINTER JK. – Maxillary suture obliteration : a test of its effectiveness in predicting age at death. *Can Soc Forensic Sci J*, 2003, 36, 49-50.
- [17] GINTER JK. – A test of the effectiveness of the revised maxillary suture obliteration method in estimating adult age at death. *J Forensic Sci*, 2005, 50, 1303-1309.
- [18] GRUSPIER KL, MULLEN GJ. – Maxillary suture obliteration : a test of the Mann method. *J Forensic Sci*, 1991, 36, 512-519.
- [19] HERSHKOVITZ I, LATIMER B, DUTOUR O, et al. – Why do we fail in aging the skull from the sagittal suture ? *Am J Phys Anthropol*, 1997, 103, 393-399.
- [20] KEY CA, LESLIE CA, MOLLESON TI. – Cranial Suture closure. *Int J of Osteoarcheology*, 1994, 4, 193-207.
- [21] KIM YO, CHOI JW, KIM DS, et al. – Cranial growth after distraction osteogenesis of the craniosynostosis. *J Craniofac Surg*, 2008, 19, 45-55.
- [22] KLUEMPER GT, SPALDING PM. – Realities of craniofacial growth modification. *Atlas Oral Maxillofac Surg Clin North Am*, 2001, 9, 23-51.
- [23] LEFÈVRE P, BEAUTHIER J-P, MEUNIER M, ORBAN R, POLET C, ROOZE M. – Comparaison et fiabilité de la région du ptérior par rapport aux sutures ectocrâniennes classiques dans l'estimation de l'âge osseux. *Biom. Hum. et Anthropol*, 2005, 23, 15-22.
- [24] LIOU EJ, CHEN PK, HUANG CS, CHEN YR. – Interdental distraction osteogenesis and rapid orthodontic tooth movement : a novel approach to approximate a wide alveolar cleft or bony defect. *Plast Reconstr Surg*, 2000, 105, 1262-1272.
- [25] MANN RW – *Maxillary suture obliteration : a method for estimating skeletal age*. [Master of Arts Degree]. Knoxville, the University of Tennessee ; 1987.
- [26] MANN RW, JANTZ RL, BASS WM, WILLEY PS. – Maxillary suture obliteration : a visual method for estimating skeletal age. *J Forensic Sci*, 1991, 36, 781-791.
- [27] MANN RW, SYMES SA, BASS WM. – Maxillary suture obliteration : aging the human skeleton based on intact or fragmentary maxilla. *J Forensic Sci*, 1987, 32, 148-157.
- [28] MARTIN R, SALLER K. – *Lehrbuch der Anthropologie in systematischer Darstellung mit besonderer Berücksichtigung der anthropologischen Methoden*. 3., völlig umgearb. und erw. Aufl. ed. Stuttgart : Fischer, 1957.
- [29] MARTRILLE L, UBELAKER DH, CATTANEO C, SEGURET F, TREMBLAY M, BACCINO E. – Comparison of four skeletal methods for the estimation of age at death on white and black adults. *J Forensic Sci*, 2007, 52, 302-307.
- [30] MASSET C. – *Estimation de l'âge par les sutures crâniennes*. Paris : Bibliothèque du Musée de l'Homme, Thèse – Université de Paris VII ; 1982.
- [31] MASSET C. – Age estimation on the basis of cranial sutures. In : ISCAN MY, ed. *Age markers in the human skeleton*. Springfield, Illinois USA : Charles C. Thomas ; 1989 : 71-101.
- [32] MASSET C, DE CASTRO E ALMEIDA ME. – Estimation de l'âge par les sutures crâniennes. *Atti dell'Accademia Mediterranea delle Scienze*, 1989.
- [33] MATTEINI C, MOMMAERTS MY. – Posterior transpalatal distraction with pterygoid disjunction : a short-term model study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2001, 120, 498-502.
- [34] MEINDL RS, LOVEJOY CO. – Ectocranial suture closure : a revised method for the determination of skeletal age at death based on the lateral-anterior sutures. *Am J Phys Anthropol*, 1985, 68, 57-66.
- [35] MOLLESON T, COX M, WALDRON HA, WHITTAKER DK, COUNCIL FOR BRITISH ARCHAEOLOGY. – *The Spitalfields project*. York : Council for British Archaeology, 1993.
- [36] MOLLESON TI. – L'échantillon de population de Spitalfields : indications pour le taux de vieillissement ou indice de sélection ? *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 1993, 5, 283-292.
- [37] MOORE KL, DALLEY AF, MILAIRE J, DHEM A, BEAUTHIER J-P. – *Anatomie médicale, aspects fondamentaux et applications cliniques*. Bruxelles : De Boeck Université, 2001.
- [38] NEMESKÉRI J, HARZANYI L, ACSÁDI GY. – Methoden zur Diagnose des Lebensalters von Skelettfunden. *Anthropol Anzeiger*, 1960, 24, 70-95.

- [39] NEYT NM, MOMMAERTS MY, ABELOOS JV, DE CLERCQ CA, NEYT LF. – Problems, obstacles and complications with transpalatal distraction in non-congenital deformities. *J Craniomaxillofac Surg*, 2002, 30, 139-143.
- [40] OPPERMAN LA. – Cranial sutures as intramembranous bone growth sites. *Dev Dyn*, 2000, 219, 472-485.
- [41] OPPERMAN LA, FERNANDEZ CR, SO S, RAWLINS JT. – Erk1/2 signaling is required for Tgf-beta 2-induced suture closure. *Dev Dyn*, 2006, 235, 1292-1299.
- [42] OPPERMAN LA, GALANIS V, WILLIAMS AR, ADAB K. – Transforming growth factor-beta3 (Tgf-beta3) down-regulates Tgf-beta receptor type I (Tbeta r-I) during rescue of cranial sutures from osseous obliteration. *Orthod Craniofac Res*, 2002, 5, 5-16.
- [43] ORBAN R, LEPAGE Y, ROELS D, VANDOORNE K. – Schoten A collection of Skeletons of Known Age and Sex. *Collegium Antropologicum*, 2002, 26 (suppl), 148-149.
- [44] ORBAN R, POLET C. – Diagnostic de l'âge au décès et détermination du sexe. In : Susanne C, Rebato E, Chiarelli AB, eds. *Anthropologie biologique : évolution et biologie humaine*. Bruxelles : De Boeck Université ; 2003 : 763.
- [45] ORBAN R, POLET C, SCHUBERT-ELDRIDGE J. – Potentialités de la collection de squelettes identifiés de Schoten (Belgique, 1837 – 1931). Conférence présentée au XXVIII^e colloque du Groupement des Anthropologues de Langue Française (GALF) – résumé de communication disponible sur : <http://anthro.unige.ch/galf2007/resume/081, 2007> ; Genève, 31 mai, 1-2 juin 2007.
- [46] ORBAN R, VANDOORNE K. – Les squelettes humains de Koksijde (Coxyde) et Schoten : deux collections remarquables conservées à l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique. In : Ardagna Y, Bizot B, Boëtsch G, Delestre X, eds. *Les collections ostéologiques humaines : gestion, valorisation et perspectives. Actes de la table ronde de Carry-le-Rouet (Bouches-du-Rhône, France), 25-26 avril 2003* : Bulletin Archéologique de Provence, 4 (suppl) ; 2006 : 79-84.
- [47] PERIZONIUS WRK. – Closing and non-closing sutures in 256 crania of known age and sex from Amsterdam (A.D. 1883-1909). *J Human Evol*, 1984, 13, 201-216.
- [48] PFAEFFLI M, VOCK P, DIRNHOFER R, BRAUN M, BOLLIGER SA, THALI MJ. – Post-mortem radiological CT identification based on classical ante-mortem X-ray examinations. *Forensic Sci Int*, 2007, 171, 111-117.
- [49] PINTO PX, MOMMAERTS MY, WREAKES G, JACOBS W. – Posterior transpalatal distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg*, 2002, 60, 606.
- [50] PINTO PX, MOMMAERTS MY, WREAKES G, JACOBS WV. – Immediate postexpansion changes following the use of the transpalatal distractor. *J Oral Maxillofac Surg*, 2001, 59, 994-1000 ; discussion 1001.
- [51] PROFF P, WEINGARTNER J, BAYERLEIN T, REICHENEDER C, FANGHANEL J, BILL J. – Histological and histomorphometric study of growth-related changes of cranial sutures in the animal model. *J Craniomaxillofac Surg*, 2006, 34, 96-100.
- [52] RITZ-TIMME S, CATTANEO C, COLLINS MJ, et al. – Age estimation : the state of the art in relation to the specific demands of forensic practice. *Int J Legal Med*, 2000, 113, 129-136.
- [53] ROGERS TL, ALLARD TT. – Expert testimony and positive identification of human remains through cranial suture patterns. *J Forensic Sci*, 2004, 49, 203-207.
- [54] SASAKI A, SUGIYAMA H, TANAKA E, SUGIYAMA M. – Effects of sutural distraction osteogenesis applied to rat maxillary complex on craniofacial growth. *J Oral Maxillofac Surg*, 2002, 60, 667-675.
- [55] SAYEGH-GHOUSSOUB M, RIZK-MOUSSA A. – Distraction osseuse craniofaciale – directives d'avenir en orthodontie. *Leb J Dent Med*, 2004, 39-46.
- [56] SCHMITT A. – Estimation de l'âge au décès des sujets adultes à partir du squelette : des raisons d'espérer. *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris*, 2002, 14.
- [57] SCHUMACHER GH. – Bemerkungen zu den «Experimentell-morphologischen Untersuchungen» über die Bedeutung der Kaufunktion bei der Gestaltbildung des Säugertierschädels. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl Gesamte*, 1968, 50, 480-484.
- [58] SCHUMACHER GH. – Zur Problematik der Schädelmorphogenese. *Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd Zentralbl Gesamte*, 1973, 60, 145-157.
- [59] SEKHARAN PC. – The individual characteristics of ectocranial sutures. *Ind J Forensic Sci*, 1987, 1, 75-91.
- [60] SEKHARAN PC. – Personal identification from skull suture pattern. *Can Soc Forensic Sci J*, 1989, 22, 27-34.
- [61] SHIBAZAKI R, DECHOW PC, MAKI K, OPPERMANN LA. – Biomechanical strain and morphologic changes with age in rat calvarial bone and sutures. *Plast Reconstr Surg*, 2007, 119, 2167-2178 ; 2179-2181.
- [62] SMITH DR, LIMBIRD KG, HOFFMAN JM. – Identification of human skeletal remains by comparison of bony details of the cranium using computerized tomographic (CT) scans. *J Forensic Sci*, 2002, 47, 937-939.
- [63] TUNG TH, ROBERTSON BR, WINOGRAD JM, MULLICK T, MANSON PN. – Successful distraction osteogenesis across a growing cranial suture without an osteotomy. *Plast Reconstr Surg*, 1999, 103, 362-370.
- [64] WANG Q, STRAIT DS, DECHOW PC. – Fusion patterns of craniofacial sutures in rhesus monkey skulls of known age and sex from Cayo Santiago. *Am J Phys Anthropol*, 2006, 131, 469-485.
- [65] WORKSHOP OF EUROPEAN ANTHROPOLOGISTS. – Recommendations for Age and Sex Diagnoses of Skeletons. *J Hum Evol*, 1980, 9, 517-549.