

Bulletins et mémoires
de la
Société d'Anthropologie de Paris

Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris

14 (3-4) | 2002
2002(3-4)

Les processus de conservation différentielle du squelette des individus immatures

Implications sur les reconstitutions paléodémographiques

*Differential state of preservation of sub-adult skeletons implications for
palaeodemographic reconstitutions*

S. Bello, M. Signoli, E. Rabino Massa et O. Dutour



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/bmsap/187>
ISSN : 1777-5469

Éditeur

Société d'Anthropologie de Paris

Édition imprimée

Date de publication : 1 décembre 2002
ISSN : 0037-8984

Référence électronique

S. Bello, M. Signoli, E. Rabino Massa et O. Dutour, « Les processus de conservation différentielle du squelette des individus immatures », *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* [En ligne], 14 (3-4) | 2002, mis en ligne le 23 avril 2010, consulté le 19 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/bmsap/187>

**LES PROCESSUS DE CONSERVATION DIFFÉRENTIELLE DU
SQUELETTE DES INDIVIDUS IMMATURES. IMPLICATIONS
SUR LES RECONSTITUTIONS PALÉODÉMOGRAPHIQUES**

**DIFFERENTIAL STATE OF PRESERVATION OF SUB-ADULT SKELETONS
IMPLICATIONS FOR PALAEODEMOGRAPHIC RECONSTITUTIONS**

S. BELLO^{1, 2}, M. SIGNOLI¹, E. RABINO MASSA², O. DUTOUR¹

RÉSUMÉ

Les restes osseux des collections ostéologiques ne constituent pas un reflet de la population vivante, mais seulement un échantillon de la population d'origine. Des processus de conservation différentielle en fonction de l'âge peuvent entraîner une sous-représentation de certaines catégories d'individus (notamment des très jeunes enfants), ce qui constituerait un biais pour la reconstruction des structures des populations anciennes.

La présente étude anthropologique a été développée sur trois collections ostéologiques modernes, représentant un total de 341 squelettes. L'étude de la conservation, tant sur le plan anatomique que sur le plan individuel, a été effectuée à l'aide du calcul de l'Indice de Conservation Anatomique (ICA).

L'étude anatomique a évalué l'effet des processus de conservation différentielle sur l'analyse des paramètres paléodémographiques dépendants de l'âge. L'étude individuelle a permis de mettre en évidence de fortes disparités entre les différentes catégories d'âge, l'ICA des individus immatures étant toujours inférieur à celui des individus adultes. De plus, l'ICA moyen des individus immatures semble être en relation avec l'âge de ceux-ci.

Bien que la relation directe entre conservation générale et âge des immatures soit patente, elle ne semble avoir que peu influencé les résultats paléodémographiques concernant les trois échantillons analysés.

Mots-clés : État de conservation, paléodémographie, individus immatures, Indice de Conservation Anatomique (ICA).

-
1. UMR 6578 du CNRS, Unité d'Anthropologie, Université de la Méditerranée, Faculté de Médecine, 27 boulevard Jean Moulin, 13385 Marseille CEDEX 05, France, e-mail : bellosilvi@hotmail.com
 2. Dipartimento di Biologia Animale e dell'Uomo, Università degli Studi di Torino, Turin, Italie.

ABSTRACT

Bone remains in osteological collections are not a reflection of a living population, only a sample of the original population. Differential states of preservation related to the individuals' age can result in under-representation of certain categories (especially very young children). Such under-representation produces a bias in the reconstruction of past populations.

The present anthropological study was carried out on 341 skeletons from three modern osteoarchaeological collections. The state of preservation of these collections has been evaluated by the "Anatomical Preservation Index" (API).

The anatomical study took into account the effect of differential preservation on the analysis of age-dependent palaeodemographic parameters. The individual study demonstrates strong disparities between the different age categories, the API of the sub-adult always being lower than that of the individual adults. Moreover, the average API of sub-adult individuals appears to be in relation to age.

Although the direct relation between the general state of preservation and the age of sub-adults is clear, it does not appear to have much influence on the palaeodemographic results of the three samples analysed.

Key words: State of preservation, palaeodemography, sub-adult individuals, Anatomical Preservation Index (API).

INTRODUCTION

L'état de conservation des restes osseux humains constitue, habituellement, seulement un aspect marginal dans l'étude d'une collection ostéologique. Son analyse représente pourtant un préalable indispensable à toute étude anthropologique puisqu'il est le bilan de la conservation et de la destruction de la fraction minérale des os qui détermine la qualité et l'existence même d'un échantillon ostéo-archéologique.

Par ailleurs, un matériel ostéologique, si vaste soit-il, représente seulement un échantillon, reflet approximatif de la population d'origine. Une structure paléodémographique manifestement incompatible avec des courbes de mortalité historiques peut être due à un choix délibéré des fossoyeurs, avec une spécialisation du site funéraire associée à une exclusion sociale, sexuelle ou par classe d'âge des individus inhumés (Masset, 1986 ; Tillier, Duda, 1990 ; Sansilbano-Collilieux, 1990 ; Dedet *et al.*, 1991 ; Perrin, 2000 ; Tranoy, 2000). Elle peut aussi avoir pour origine une destruction partielle du site ou un processus de conservation différentielle privilégiant les os plus minéralisés (Bouchud, 1977 ; Zeitoun *et al.*, 1996).

Une conservation différentielle des restes osseux en fonction de l'âge a déjà été observée sur les ossements animaux et humains. Plusieurs archéozoologues ont suggéré que les restes ontogénétiquement jeunes des mammifères sont rares dans les sites archéologiques en raison de leur faible densité structurale (Lyman, 1996). Parallèlement,

en anthropologie, il a été mis en évidence que rares sont les fouilles de cimetières qui livrent beaucoup de restes d'enfants très jeunes (Angel, 1969 ; Walker *et al.*, 1988 ; Guy, Masset, 1997, Guy *et al.*, 1997). Des processus de conservation différentielle en fonction de l'âge pourraient entraîner une sous-représentation de certaines catégories d'individus, ce qui constituerait un biais dans la reconstruction des structures des populations anciennes.

Afin d'évaluer l'importance du biais taphonomique, nous avons tout d'abord évalué l'état de conservation des individus immatures de trois collections ostéologiques françaises et, ensuite, nous avons observé de quelle manière un processus de conservation différentielle en fonction de l'âge pouvait influencer les reconstitutions paléodémographiques.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'étude a porté sur trois collections ostéologiques représentées par un total de 341 squelettes.

Les trois échantillons proviennent de sites provençaux où furent inhumées des victimes d'épidémies de peste, au cours des XVI^e et XVIII^e s. Les études d'archives ont permis de préciser le contexte épidémiologique et chronologique de chacun de ces sites (Dutour *et al.*, 1994 ; Signoli *et al.*, 1995 ; Reynaud, 1996 ; Signoli, 1998 ; Signoli, Dutour, 1998).

Le cimetière des Fédons (1590, Lambesc, Bouches-du-Rhône, France) était essentiellement constitué de sépultures individuelles et de quelques tombes à inhumations multiples de profondeur comprise entre 15 et 40 cm (Reynaud, 1996). Le sédiment était d'origine calcaire. Depuis la fin du XVI^e s., cet espace a été utilisé comme terrain agricole, ceci ayant pu influencer la valeur du pH. L'augmentation de l'acidité liée aux racines et à l'utilisation massive des produits chimiques employés depuis un demi-siècle a provoqué une forte altération des surfaces corticales (Signoli, 1998 ; Bello, 2001 ; Bello *et al.*, sous presse). La collection des Fédons comprend 133 individus dont 62 adultes (29 de sexe masculin et 33 de sexe féminin) et 71 immatures (dont 9 de catégorie d'âge indéterminée).

Le site de Délos (commune de Martigues, Bouches-du-Rhône, France) était constitué par trois tranchées qui furent utilisées pour l'inhumation de victimes de l'épidémie de peste de 1720-1721 (Signoli *et al.*, 1995). La découverte du site s'est faite alors que la construction d'un ensemble immobilier avait déjà très largement débuté. De ce fait, seule une surface de 300 m² a pu être fouillée dans le cadre d'une opération de sauvetage, sur une surface totale de 2769 m². L'étude stratigraphique a permis de

reconnaître : une partie supérieure constituée de terre arable, d'une coloration brun clair, sur à peu près un mètre d'épaisseur ; une couche de cailloux et de galets pris dans un sédiment fin de couleur noirâtre, dont l'origine reste indéterminée ; enfin, une couche de dépôts plus au moins fins de coloration jaune-orangé, composée de gravillons et de galets d'aspect divers. Cette dernière couche, vraisemblablement formée par des dépôts glaciaires de ruissellement, constituait le substrat. La fouille a permis de mettre en évidence trois tranchées parallèles séparées par des intervalles d'environ 5 m, et creusées dans la terre arable, sur environ 1 m de profondeur et 1 m de largeur. Les tranchées I et II ont pu être fouillées sur une longueur d'environ 6 m, alors que la fouille de la tranchée III n'a été réalisée que sur 2 m. L'étude paléodémographique fait apparaître un nombre total de 39 individus dont 24 adultes (10 de sexe masculin, 7 de sexe féminin et 7 individus adultes dont le sexe n'a pu être déterminé du fait d'un état de conservation médiocre des os coxaux) et 15 immatures (Signoli, 1998).

Le site de l'Observance (1722, Marseille, Bouches-du-Rhône, France) se présente sous la forme d'une fosse de grande dimension (30 m sur 10 m, pour une profondeur d'environ 3 m), comblée d'un sédiment argileux. Au XIX^e s., une savonnerie s'est installée au-dessus de cette fosse. Les eaux usées (chargées de cendres), jetées en pleine terre, ont teinté une partie des squelettes sans les endommager. La collection de l'Observance comprend 216 individus dont 179 en connexion anatomique. L'étude paléodémographique de ceux-ci a permis l'individualisation de 128 sujets adultes (59 de sexe masculin et 58 de sexe féminin) et 51 immatures (Signoli *et al.*, 1997 ; Signoli, 1998).

Afin de quantifier l'état de conservation des séries, nous avons utilisé, en l'adaptant, la méthode mise au point par Dutour (1989) pour le calcul de l'Indice de Conservation Anatomique (ICA ; *API, Anatomical Preservation Index*). Cet indice donne une idée de la conservation anatomique après les opérations de reconstitution, ce qui quantifie la conservation générale des éléments osseux disponibles pour l'étude et est donc sensiblement différent du degré de fragmentation observé sur le terrain. L'ICA traduit le rapport entre la somme des scores de conservation (en pourcentage) attribués à chaque élément ou groupe d'éléments osseux constitutifs du squelette (44 au total) et le nombre total d'os du squelette selon la formule :

$$ICA = 100 \times \sum C [1, N] / N$$

L'état de conservation de chaque pièce osseuse est évalué de la façon suivante :

- 0 : pièce non conservée ;
- 0-25 % : conservation inférieure ou égale au quart de la pièce ;
- 25-50 % : entre un quart et la moitié ;
- 50 % : conservation de la moitié de l'os ;

- 50-75 % : entre la moitié et trois quarts ;
- 75-100 % : entre trois quarts et la totalité ;
- 100 % : pièce intacte.

Pour les 32 éléments dentaires, la valeur en pourcentage est donnée par le rapport entre le nombre de dents présentes et le nombre théorique fois 100 (Bello, 2001).

Cet indice donne principalement une idée de la masse osseuse présente, en faisant toutefois mal la distinction entre un squelette quasi complet mais fragmentaire et un squelette incomplet mais dont les os présents sont intacts. Cependant, son utilisation se justifie car il permet, de manière relativement simple, de quantifier l'état de conservation tant au niveau anatomique (la conservation des différents os), qu'au niveau individuel (la conservation de chaque individu). De plus, dans la présente recherche, l'évaluation de la masse osseuse des individus constitue un paramètre suffisant pour reconnaître les éventuelles différences dans le mode de conservation des squelettes en fonction de leur âge. L'effet de la conservation sera ainsi pris en compte dans la détermination des paramètres d'âge, qui ont été établis à partir de l'observation de trois indicateurs :

- l'étude des différents stades d'éruption dentaire telle qu'elle a été décrite par Ubelaker (Ubelaker, 1978, 1989), la plus utilisée malgré ses imperfections (Guillon, 1997) ;
- l'étude des longueurs diaphysaires des os longs (Martin, Saller, 1957 ; Stloukal, Hanakova, 1978 ; Sundick, 1978 ; Fazekas, Kosa, 1978) ;
- enfin l'observation des différents stades de fusion épiphysaire du squelette post-crânien (Birkner, 1980 ; White, Folkens, 1991).

Les individus immatures ont été répartis dans les cinq classes d'âge suivantes : 0-4 ans, 5-9 ans, 10-14 ans et 15-19 ans.

RÉSULTATS

Étude anatomique : la conservation différentielle des éléments osseux et les paramètres paléodémographiques

Toutes les méthodes couramment employées en anthropologie biologique, afin d'obtenir des reconstitutions paléodémographiques, ont comme limite commune l'état de conservation du matériel ostéologique. La faible représentation de certains éléments dentaires et/ou la forte fragmentation des os sont des caractères impondérables dans les études paléodémographiques.

Afin de montrer l'influence de l'état de conservation sur les paramètres paléodémographiques, les valeurs moyennes de l'ICA ont été calculées d'une part pour l'ensemble crâne-mandibule-dents et, d'autre part, pour l'ensemble des os longs des membres supérieur et inférieur (humérus, radius, ulna, fémur, tibia et fibula ; *tabl. I*).

	Indice de Conservation Anatomique (ICA)		
	<i>Fédons</i>	<i>Délos</i>	<i>Observance</i>
Crâne	39,76	50,0	45,10
Mandibule	50,17	63,97	49,26
Dents	52,95	47,06	37,50
Humérus	50,00	67,65	58,33
Radius	43,32	51,47	49,26
Ulna	38,54	33,09	47,06
Fémur	48,61	66,18	61,64
Tibia	34,81	39,34	54,19
Fibula	14,15	24,27	42,88

Tabl. I - Valeurs moyennes de l'ICA calculées pour chaque os des individus immatures des collections des Fédons, de Délos et de l'Observance.

Table I - Average API values calculated for each bone of sub-adult individuals in the collections of Fédons, Délos and Observance.

L'ensemble crâne, mandibule et dents se révèle être généralement bien conservé. Le crâne est le plus souvent représenté chez les très jeunes enfants par des fragments de taille réduite des os temporaux. Le maxillaire est généralement mal conservé, limitant ainsi les observations d'ordre paléodémographique sur les stades d'éruption dentaire.

En revanche, la bonne conservation de la mandibule, associée généralement à une bonne conservation de la région alvéolaire, s'avère être très importante pour la détermination de l'âge des individus immatures. La bonne représentativité des dents déciduales et définitives incluses permet ainsi l'estimation de l'âge selon la méthode d'Ubelaker (Ubelaker, 1978, 1989).

Les éléments diaphysaires constituent les éléments les mieux conservés des os longs. Cette observation a déjà été faite par Willey et ses collaborateurs à propos de la collection de Crow Creek (Willey *et al.*, 1997). Les études conduites sur le rapport existant entre la densité osseuse et la conservation indiqueraient une corrélation positive pouvant expliquer la meilleure conservation et la meilleure représentativité des éléments diaphysaires des os longs.

L'analyse des longueurs diaphysaires représente un aspect crucial dans la reconstitution des profils démographiques des immatures, particulièrement dans les inhumations collectives où les dents ne restent pas nécessairement en place dans les maxillaires et sont souvent moins représentées que les os longs (Hoppa, Gruspier, 1996). La bonne conservation de la région diaphysaire permet la détermination de l'âge à partir des longueurs diaphysaires (selon les méthodes de Martin, Saller, 1957 ; Stloukal, Hanakova, 1978 ; Sundick, 1978 ; Fazekas, Kosa, 1978) et à partir des différents stades de fusion épiphysaire des os longs (Birkner, 1980 ; White, Folkens, 1991). Il convient toutefois de préciser que des études comparatives indiqueraient l'âge dentaire comme le

plus stable, alors que l'âge osseux serait plus sensible aux stimuli environnementaux (Saunders *et al.*, 1993 ; Lampl, Johnston, 1996).

La comparaison des valeurs moyennes de l'ICA, calculées pour le complexe crâne-mandibule-dents et pour les os longs, montre un mode de conservation différent des individus immatures âgés de moins de 5 ans et de ceux âgés de plus de 5 ans :

– Fédons : pour le complexe crâne-mandibule-dents, l'ICA moyen est égal à 36,84 % pour les enfants âgés de moins de 5 ans. Pour les enfants âgés de 5 à 19 ans, il est égal à 51,49 %. Pour les os longs, l'ICA moyen est égal à 10,63 % pour les enfants âgés de moins de 5 ans, alors qu'il est égal à 48,13 % pour les enfants âgés de 5 à 19 ans ($t = 7,09$ pour $p < 0,001$).

– Délos : pour le complexe crâne-mandibule-dents, l'ICA moyen est égal à 46,43 % pour les enfants âgés de moins de 5 ans. Pour les enfants âgés de 5 à 19 ans, il est égal à 58,75 %. Pour les os longs, l'ICA moyen est égal à 49,40 % pour les enfants âgés de moins de 5 ans, alors qu'il est égal à 44,11 % pour les enfants âgés de 5 à 19 ans.

– Observance : pour le complexe crâne-mandibule-dents, l'ICA moyen est égal à 26,79 % pour les enfants âgés de moins de 5 ans. Pour les enfants âgés de 5 à 19 ans, il est égal à 46,68 %. Pour les os longs, l'ICA moyen est égal à 23,81 % pour les enfants âgés de moins de 5 ans, alors qu'il est égal à 56,68 % pour les enfants âgés de 5 à 19 ans ($t = 3,20$ pour $p < 0,01$).

Ceci permet l'utilisation de méthodes d'estimation de l'âge différentes chez les individus immatures âgés de moins de 5 ans et chez ceux âgés de plus de 5 ans. Dans le cas des individus immatures les plus jeunes, la détermination de l'âge sera obtenue exclusivement à partir des stades d'éruption dentaire, alors que pour les individus immatures d'âge supérieur à 5 ans, les méthodes d'estimation qui prennent en compte les stades d'éruption dentaire et de fusion épiphysaire des os longs ainsi que longueurs diaphysaires pourront être associées. Par exemple, en ce qui concerne les 51 individus immatures de la collection de l'Observance, l'âge des individus de moins de 5 ans a pu être établi à partir de l'unique observation des stades d'éruption dentaire pour 71,43 % des sujets alors que, dans 28,57 % des cas seulement, il a été évalué à partir de l'ensemble des observations dentaires et osseuses. En revanche, chez les individus immatures de plus de 5 ans la détermination de l'âge a été faite, pour 25 % des sujets, à partir des stades d'éruption dentaire et, pour 75 %, à partir de l'ensemble des observations dentaires et osseuses (Bello, 2001).

Étude individuelle : la conservation différentielle par catégorie d'âge

L'étude individuelle des valeurs de l'ICA a permis de mettre en évidence de fortes disparités entre les différentes catégories d'âge, l'ICA des individus immatures étant toujours inférieur à celui des individus adultes, dans les trois séries (*fig. 1*).

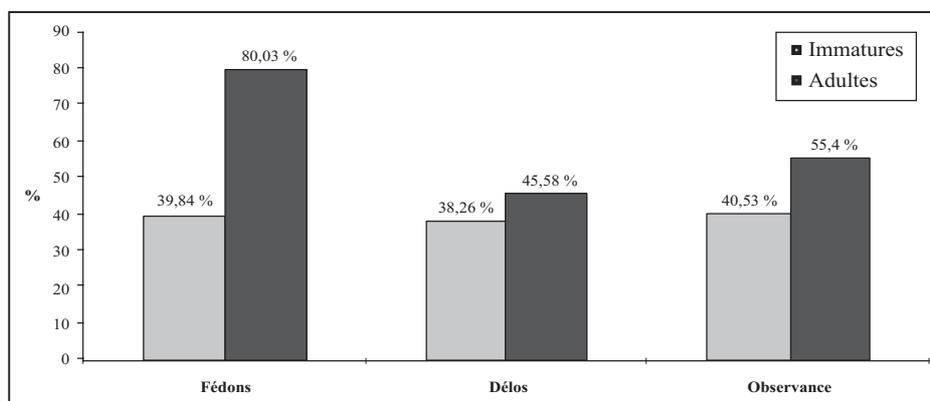


Fig. 1 - Valeurs en pourcentages des Indices de Conservation Anatomique (ICA) chez les sujets immatures et adultes des trois sites.

Fig. 1 - API percentage values for sub-adults and adults from the three sites.

Les différences se sont révélées être significatives sur le plan statistique dans le cas des Fédons ($t = 7,09$ pour $p < 0,001$) et de l'Observance ($t = 2,39$ pour $p < 0,001$).

L'existence d'une relation directe entre l'âge et la conservation serait à mettre en rapport avec la fragilité des ossements des sujets immatures, notamment pour les très jeunes enfants, qui les rendrait plus sensibles aux agents taphonomiques (Masset, 1973 ; Henderson, 1987 ; Dutour, 1989 ; Bello, 2001). Selon Guthrie (cité par Bouchud, 1977), la conservation des divers segments osseux tient d'abord à leur résistance mécanique, mais celle-ci dépend de l'âge : les os jeunes, non épiphysés, riches en moelle et en tissu spongieux, restent rares car ils sont plus fragiles et plus sensibles aux agents de la putréfaction.

De plus, l'ICA moyen des individus immatures semble être en relation avec l'âge de ceux-ci. Selon Guy et Masset (1997), les os d'enfants se conserveraient mal entre 0 et 4 ans, et tout spécialement entre 0 et 1 an. Après 4 ans, il existerait un effet de seuil, les os réagissant beaucoup mieux face aux différents agents qui participent à leur dégradation. Dans les séries des Fédons et de l'Observance, les valeurs les plus faibles sont celles des très jeunes enfants (âgés de 0 à 4 ans), les indices les plus élevés revenant aux adolescents, âgés de 15 à 19 ans, (*fig. 2*).

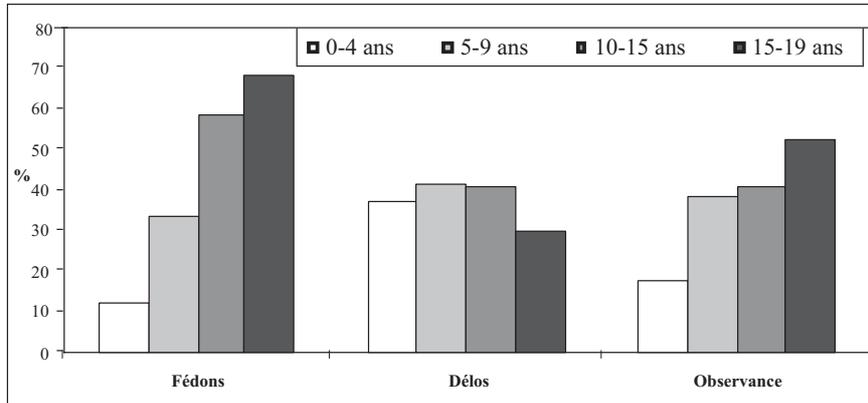


Fig. 2 - Indices de conservation chez les sujets immatures selon les différentes catégories d'âge.

Fig. 2 - Preservation indices for sub-adults according to different age categories.

La série de Délos présente un profil différent des deux autres échantillons, vraisemblablement dû au faible effectif paléodémographique (ICA moyen calculé sur 6 enfants de 0-4 ans, 5 enfants de 5-9 ans, 2 individus immatures d'âge compris entre 10 et 14 ans et 2 individus âgés de 15 à 19 ans).

Le constat d'une relation directe entre l'ICA moyen des individus immatures et la catégorie d'âge à laquelle ils appartiennent se retrouve également pour les pourcentages de conservation de chaque pièce osseuse (à titre d'exemple nous présentons ici les résultats obtenus pour la série des Fédons, fig. 3).

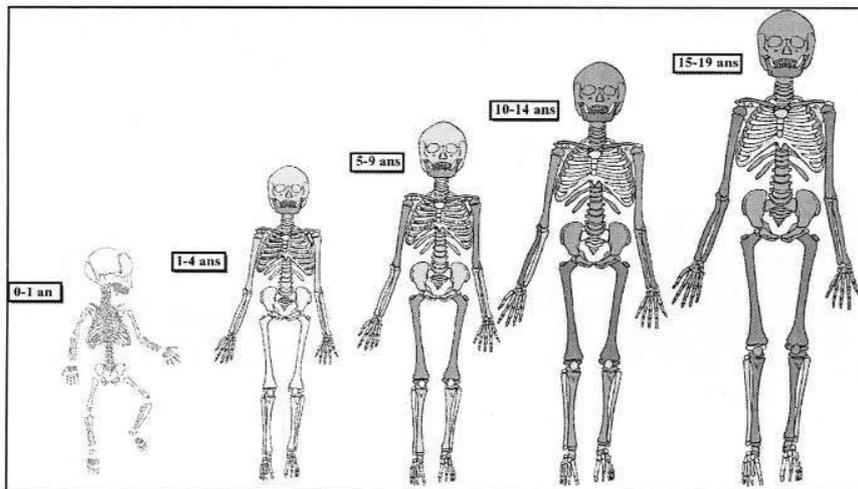


Fig. 3 - État de conservation moyen des individus immatures pour les principaux éléments osseux étudiés, selon les différentes catégories d'âge (collection des Fédons).

Fig. 3 - Average state of preservation of sub-adult individuals for the main bone elements studied according to different age categories (Fédons collection).

DISCUSSION

L'utilisation de restes osseux issus de sites archéologiques afin de réaliser des reconstitutions paléodémographiques est basée sur l'hypothèse selon laquelle la distribution par sexe et par âge de l'échantillon de squelette serait le reflet de la population inhumée d'origine. Mais, pour obtenir la reconstitution de cette population d'origine, deux précautions doivent être prises en rapport avec les restes osseux : tout d'abord la « lecture » du matériel ostéologique doit permettre une détermination exacte de l'âge et du sexe des individus inhumés et, ensuite, toutes les catégories d'individus (d'âge et de sexe différents) doivent avoir la même possibilité d'être représentées dans le site.

En ce qui concerne le premier des deux points, il a été reconnu qu'aucune méthode de détermination d'âge ou de sexe à partir du matériel ostéologique ne permet d'obtenir des résultats fiables à 100 %. Selon Lovejoy *et al.* (1985), aucune méthode ne peut être considérée comme fiable si elle n'a pas été testée en aveugle sur une population autre que celle qui a servi pour la mettre au point. L'estimation de l'âge et du sexe est basée sur la corrélation existante entre ces deux paramètres et leur expression biologique (qui constitue l'« indicateur paléodémographique »). Une diagnose correcte peut être limitée par des problèmes méthodologiques intrinsèques (fiabilité de la méthode, choix du « bon » indicateur paléodémographique) ainsi que par des problèmes extrinsèques (conservation différentielle des différentes portions anatomiques, conservation différentielle en fonction de l'âge et du sexe).

Dans la recherche d'estimateurs paléodémographiques dépendants de l'âge, le premier stade de l'étude est la reconnaissance du caractère adulte d'un squelette. À moins d'une médiocre conservation des os, le risque de confusion entre un squelette adulte et un squelette non adulte est très faible (Bocquet, Masset, 1977 ; Bello, 2001). Dans les collections fragmentaires et, en particulier dans les sépultures collectives, il reste néanmoins des difficultés de reconnaissance pour les sujets adolescents appartenant à la classe d'âge 15-19 ans, auquel les cartilages de conjugaison des os longs sont en voie d'ossification. En l'absence des épiphyses, généralement moins bien conservées que les diaphyses, l'analyse de ces dernières peut être trompeuse et les os d'adolescents seront classés parmi les os adultes.

La détermination de l'âge des enfants se révèle généralement plus sûre, car la croissance osseuse est un processus bien défini et les variations individuelles ne présentent qu'une amplitude assez faible (Bocquet, Masset, 1977). Cependant, une étude comparative conduite par Miles et Bulman (Miles, Bulman, 1994, 1995) indiquerait que l'âge des individus immatures peut être estimé à partir du développement de la dentition pendant la période fœtale et périnatale avec une précision de quelques semaines. La

fiabilité de la diagnose diminue avec l'âge des individus, avec une approximation de 12 mois pour l'âge de 6 ans et de plus de 18 mois pour la tranche d'âge 14-15 ans, alors que la détermination de l'âge des adolescents à partir du développement de la troisième molaire est, ultérieurement, limitée par l'extension des variations individuelles (Miles, Bulman, 1994). L'analyse des stades d'éruption dentaire (malgré la médiocre conservation des dents de lait ; Bouchud, 1977) se révèle particulièrement utile dans le cas des enfants plus jeunes, d'une part parce qu'elle est plus fiable et, d'autre part, parce que cette catégorie d'individus possède rarement des os longs bien conservés.

L'étude conduite sur les échantillons des Fédons, de Délos et de l'Observance a mis effectivement en évidence l'existence de deux modes différents de conservation pour les enfants d'âge supérieur et inférieur à 5 ans. Ces différents modes de conservation agissent sur la détermination de l'âge des individus et permettent, en général, l'utilisation de méthodes d'évaluation à partir des stades d'éruption dentaire pour les enfants plus jeunes, alors que la meilleure conservation des enfants plus âgés permet une estimation de leur âge à partir de la combinaison de plusieurs méthodes dentaires et osseuses. Ainsi, s'il a été démontré par Saunders *et al.* (1993) que la fiabilité dans la détermination de l'âge des individus immatures n'augmente pas en multipliant le nombre des méthodes employées, surtout quand celles-ci concernent des indicateurs comme les longueurs diaphysaires ou la fusion des épiphyses, la meilleure conservation générale des individus d'âge supérieur à 5 ans vraisemblablement une plus grande probabilité de retrouver en bon état de conservation un des éléments anatomiques (dentaire ou osseux) impliqués dans la détermination de l'âge au décès.

Le deuxième point de discussion, dans le cadre d'une reconstitution paléodémographique correcte, concerne les catégories d'individus pouvant être également représentées dans le site. Selon Bocquet et Masset (1977), la paléodémographie ne pourra jamais prouver, pour des raisons tant archéologiques qu'ethnologiques, que les effectifs des squelettes exhumés lors des fouilles représentent la totalité des individus décédés de la population. En anthropologie, bien qu'il soit généralement admis que les processus taphonomiques agissent de manière plus importante sur les os moins calcifiés des individus immatures, on mesure mal l'importance de ces biais.

La sous-représentation des individus immatures s'oppose à la démographie historique qui, s'appuyant sur des textes d'archives, montre des proportions considérables d'enfants morts en bas âge jusqu'au début du XIX^e s. (Ledermann, 1969 ; Masset, 1995). Selon Guy et Masset (1997), ce constat rend douteuse l'hypothèse selon laquelle la rareté des restes de nourrissons et de jeunes enfants pourrait être le reflet d'une réalité démographique. Pour cela, il faudrait admettre que dans notre espèce la

mortalité infantile et enfantine a été, depuis la Préhistoire et jusqu'à la fin du Moyen Âge, proche de la mortalité actuelle, mais qu'elle a connu du XVI^e au XVIII^e s. un épisode épidémiologique de forte augmentation suivi d'un retour progressif à la normalité. Les auteurs attribuent cet épisode de forte mortalité infantile non pas tant à un phénomène épidémiologique qu'à un processus culturel : la mise en place des registres paroissiaux, mieux encore que les archives biologiques, a permis d'enregistrer de façon exhaustive les fluctuations paléodémographiques de l'époque.

La question est de savoir dans quelle mesure la relation directe entre catégories d'âge et état de conservation a pu influencer les reconstitutions paléodémographiques. La situation idéale serait, à ce propos, de pouvoir comparer des profils de mortalité obtenus à partir de restes osseux (les archives biologiques) avec les profils construits à partir de données d'archives (Walker *et al.*, 1988). Nous avons surmonté cet obstacle en étudiant trois collections ostéologiques très particulières dans leur contexte historique et biologique : les charniers de pestiférés. En effet, les séries anthropologiques issues de crises de « mortalité brutale ou catastrophique » constituent un objet d'étude privilégié sur le plan paléodémographique. Si la crise démographique est « non-sélective » (en théorie peste, catastrophe naturelle, massacre systématique), alors le profil paléodémographique sera idéalement le reflet de la population vivante. Dans le cas des trois collections étudiées, on peut supposer que la peste a frappé sans distinction d'âge ni de sexe. De plus, à cause de l'extrême virulence du bacille de Yersin et de l'absence totale de thérapeutique efficace, les victimes sont mortes très rapidement. On a donc, en théorie : un « cliché » de la population au moment de l'épidémie (Signoli, 1998).

Dans ce cas, comme dans d'autres crises à caractère plus sélectif (Signoli, 1998), l'échantillon ne peut pas être assimilé à une courbe de mortalité normale. Aucun des coefficients paléodémographiques classiques établis à partir des tables-types de mortalité n'est donc légitimement applicable dans ce contexte particulier. Nous avons alors comparé, dans cette étude, les profils paléodémographiques des collections des Fédons, de Délos et de l'Observance avec les données démographiques relatives aux épidémies de peste proposées par Signoli (Signoli, 1998 ; Signoli *et al.*, 1999). Ces données ont été obtenues à partir de registres paroissiaux de la ville de Martigues (Bouches-du-Rhône, France) témoignant de l'événement épidémique de 1720 (*fig. 4*).

La répartition par catégorie d'âge des individus immatures des Fédons montrent des tendances relativement similaires avec le profil obtenu à partir des documents d'archives historiques, à la seule exception des valeurs obtenues pour la classe d'âge 5-9 ans. Cette différence est hautement significative (test statistique de $Z = 3,745$ pour $\alpha < 0,000$; Bello *et al.*, 2001).

En revanche, les échantillons immatures de Délos et de l'Observance s'éloignent plus nettement du profil démographique obtenu à partir des données historiques en ce

qui concerne la classe d'âge 0-4 ans, avec une sur-estimation pour la collection de Délos (225,81 ‰) et une sous-estimation pour la collection de l'Observance (42,94 ‰) (Dutour *et al.*, 1994 ; Signoli *et al.*, 1997 ; Signoli *et al.*, 1998 ; Bello *et al.*, 2001).

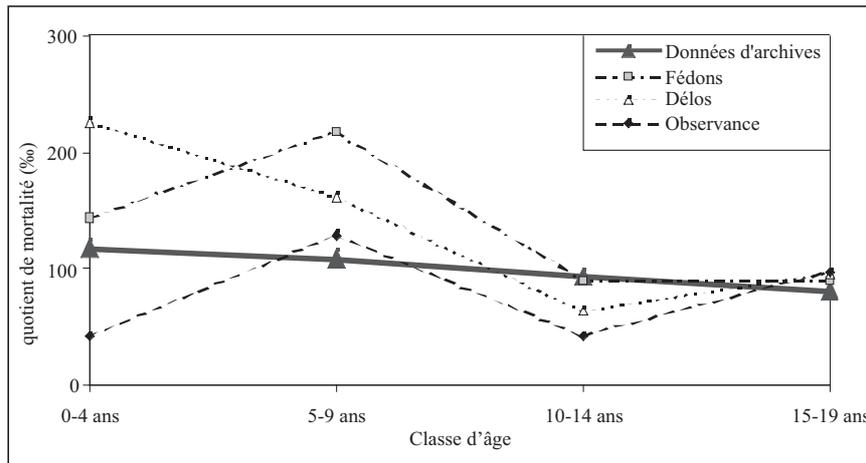


Fig. 4 - Comparaison entre les courbes paléodémographiques des individus immatures des trois échantillons observés et les données démographiques relatives à l'épidémie de peste de 1720 (registres paroissiaux de la ville de Martigues ; Signoli, 1998).

Fig. 4 - Comparison of the palaeodemographic curves for the sub-adult individuals of the three samples studied with the demographic data relative to the plague epidemic of 1720 (parish registers of the city of Martigues; Signoli, 1998).

L'« anomalie » paléodémographique observée pour la collection de Délos, qui n'est toutefois pas statistiquement significative, est vraisemblablement liée au faible nombre d'individus immatures qu'elle comprend.

En revanche, la sous-représentation des très jeunes enfants dans la collection de l'Observance se révèle être hautement significative (test statistique de $Z = 2,948$ pour $\alpha < 0,001$) et elle contraste avec d'autres données historiques et biologiques relatives aux épidémies de peste (El Kordi, 1970 ; Hollingsworth, Hollingsworth, 1971 ; Biraben, 1975 ; Dutour *et al.*, 1994 ; Signoli *et al.*, 1997 ; Signoli, Dutour, 1998 ; Dutour *et al.*, 1999). Cette « atrophie » des classes d'âge immatures dans le charnier de Marseille est particulièrement nette pour les moins d'un an : aucun individu d'âge inférieur à 3 ans n'a été retrouvé.

Plusieurs hypothèses peuvent être envisagées afin de déterminer les raisons de cette sous-représentation des sujets immatures :

– *Une sélection au niveau du recrutement :*

Lors de la première phase épidémique de 1720, les enfants atteints de peste se trouvaient mis à part des adultes, dans des établissements hospitaliers qui leur étaient propres (Signoli, 1998). On pourrait donc penser que ce comportement a été maintenu pendant la rechute épidémique du printemps 1722.

– *L'existence d'un lieu spécial pour l'inhumation des enfants :*

L'existence d'un lieu particulier ou d'une partie circonscrite de la fosse pour l'inhumation des enfants pourrait expliquer le faible nombre d'enfants exhumés dans la zone fouillée de la fosse de l'Observance. À ce propos, il doit être rappelé que la limite est de cette fosse n'est pas connue (Signoli, 1998) et que, par conséquent, la population exhumée ne correspond pas forcément à la population inhumée à l'origine.

– *L'existence d'un processus de conservation différentielle qui a pu entraîner un processus de représentation différentielle des très jeunes individus :*

Comme nous l'avons présenté dans les résultats, la faible robustesse et la moindre calcification des os des individus immatures, par rapport à ceux des adultes, pourraient déterminer la non-conservation d'une partie ou de la totalité du squelette des enfants, notamment des très jeunes. Si l'hypothèse d'un processus de conservation différentielle entraînant un processus de représentation différentielle est valable, les valeurs de l'ICA devraient varier dans le même sens que la représentation par catégories d'âge (*tabl. II*).

	0-4 ans	5-9 ans	10-14 ans	15-19 ans
ICA	17,98 %	38,73 %	41,19 %	53,29 %
Individus	4,29 %	12,88 %	4,29 %	9,82 %

Tabl. II - Comparaison entre les valeurs de l'ICA et la représentation des individus immatures selon les différentes catégories d'âge dans l'échantillon de l'Observance.

Table II - Comparison between the API values and the representation of sub-adult individuals according to different age categories in the sample from Observance.

Le tableau II ne semble pas conforter totalement cette hypothèse car les pourcentages de conservation anatomique et les taux de représentation des individus immatures par classes d'âge ne paraissent pas systématiquement liés. Aucune corrélation statistiquement significative n'a été mise en évidence entre les deux valeurs (Bello *et al.*, 2001).

– *L'existence d'un processus épidémiologique :*

L'hypothèse épidémiologique se révèle être la plus pertinente : si la fosse de l'Observance a été creusée et utilisée lors de la rechute épidémique de 1722, la faiblesse de l'effectif des 0-19 ans peut trouver une explication dans la surmortalité juvénile de la première phase épidémique de 1720-1721 et le manque de temps que ces classes d'âges ont eu pour se reconstituer avant le printemps 1722 (Dutour *et al.*, 1994 ; Signoli *et al.*, 1997 ; Signoli, Dutour, 1998 ; Signoli *et al.*, 1998).

CONCLUSION

L'étude de la conservation, systématiquement entreprise pour les trois séries ostéologiques, a voulu montrer de quelle manière l'état de conservation du matériel ostéologique peut limiter ou biaiser les études paléodémographiques.

Sur le plan anatomique, la conservation des os longs et la présence des dents sont fondamentales pour la détermination de l'âge des sujets immatures. Ainsi, dans les trois collections ostéologiques étudiées, nous avons pu observer l'existence de deux modes de conservation différents pour les enfants d'âge inférieur à 5 ans et pour ceux d'âge supérieur à 5 ans. Ceci pourrait constituer une première limite dans l'utilisation des estimateurs paléodémographiques.

Par ailleurs, la relation directe entre la conservation et l'âge des individus immatures est patente : les valeurs moyennes de l'ICA augmentent avec l'âge, la valeur la plus faible étant celle des très jeunes enfants (0-4 ans), les indices les plus élevés revenant aux adolescents (âgés de 15 à 19 ans). Ce processus de conservation différentielle dépendant de l'âge peut déterminer une sous-représentation des individus immatures les plus jeunes, ce qui constituerait un biais dans les reconstitutions paléodémographiques.

Toutefois, il semble que la distribution par classes d'âge des échantillons des Fédons, de Délos et de l'Observance soit cohérente avec une mortalité de type « épidémie de peste » exprimée par la courbe démographique issue des registres paroissiaux de la ville de Martigues et témoignant de l'épidémie de 1720 (Signoli, 1998). La conservation différentielle mise en évidence pour les immatures, en particulier pour les très jeunes enfants, ne semble donc pas avoir eu une influence réelle sur les reconstitutions paléodémographiques des trois échantillons observés.

BIBLIOGRAPHIE

- ANGEL (J.L.) 1969, The bases of paleodemography, *American Journal of Physical Anthropology* 30: 427-435.
- BELLO (S.) 2001, *Taphonomie des restes osseux humains, Effet des processus de conservation du squelette sur les paramètres anthropologiques*, Thèse d'Anthropologie, Università degli Studi di Torino et Université de la Méditerranée, Marseille.
- BELLO (S.), SIGNOLI (M.), ARDAGNA (Y.), TATILON (C.), DUTOUR (O.) 2001, Osteological collections from a plague charnel house as an interpretative means of age and sex dependant preservation effects, *Pré-actes du ICEPID-4 International Congress, Plague : Epidemics and Societies*, Université de la Méditerranée, Marseille, p. 32.

- BELLO (S.), SIGNOLI (M.), DUTOUR (O.) (sous presse), État de conservation du matériel ostéologique, in B. Bizot, D. Castex, P. Reynaud, M. Signoli (dir.), *La saison d'une peste (avril-septembre 1590) : le cimetière des Fédons à Lambesc*, Monographies du C.R.A., CNRS, Valbonne.
- BIRABEN (J.-N.) 1975, *Les hommes et la peste en France et dans les pays européens et méditerranéens*, E.H.E.S.S., Centre de Recherches Historiques, Mouton, Paris.
- BIRKNER (R.) 1980, *L'image radiologique typique du squelette*, Maloine, Paris.
- BOCQUET (J.-P.), MASSET (C.) 1977, Estimateurs en paléodémographie, *L'Homme XVII*, 4 : 65-90.
- BOUCHUD (J.) 1977, Étude de la conservation différentielle des os et des dents, in H. Laville, J. Renault-Miskovsky (dir.), *Approche écologique de l'homme fossile. Travaux du groupe - Ouest de l'Europe - de la Commission Internationale de l'INQUA Paleocology of Early Man (1973-1977)*, Université Pierre et Marie Curie, Paris, p. 69-73.
- DEDET (B.), DUDAY (H.), TILLIER (A.-M.) 1991, Inhumations de fœtus, nouveau-nés et nourrissons dans les habitats proto-historiques du Languedoc : l'exemple de Gailhan (Gard), *Gallia* 48 : 59-108.
- DUTOUR (O.) 1989, *Hommes fossiles du Sahara : peuplements holocènes du Mali septentrional*, Éditions du CNRS, Paris.
- DUTOUR (O.), SIGNOLI (M.), BELLO (S.), PALFI (Gy.) 1999, The child victims of the plague epidemics of 1590, 1721 and 1722 in southeastern France, *American Journal of Physical Anthropology*, suppl. 28: 123.
- DUTOUR (O.), SIGNOLI (M.), GEORGEON (E.), Da SILVA (J.) 1994, Le charnier de la Grande Peste de Marseille (1720-1722) de la rue Leca : données de la fouille de la partie centrale et premiers résultats anthropologiques, *Préhistoire et Anthropologie Méditerranéennes III* : 191-203.
- EL KORDI 1970, *Bayeux au XVII^e et au XVIII^e siècles*, La Haye, Paris.
- FAZEKAS (I.G.), KOSA (F.) 1978, *Forensic fetal osteology*, Budapest, Akadémiai Kiado.
- GUILLON (M.) 1997, *Anthropologie de terrain et paléodémographie : études méthodologiques sur les grands ensembles funéraires, Applications au cimetière médiéval de Tournedos-Portejoie (Eure)*, Thèse d'Anthropologie, Université de Bordeaux I.
- GUY (H.), MASSET (C.) 1997, Particularités taphonomiques des os d'enfants, in L. Buchet (dir.), *Actes des 7^e Journées Anthropologiques « L'enfant, son corps, son histoire »*, Éditions APDCA, Paris, p. 35-43.
- GUY (H.), MASSET (C.), BAUD (C.-A.) 1997, Infant taphonomy, *International Journal of Osteoarchaeology* 7 : 221-229.
- HENDERSON (J.) 1987, Factors determining the state of preservation of human remains, in A. Boddington, A.N. Garland, R.C. Janaway (eds), *Death, Decay and reconstruction, Approaches to archaeology and forensic science*, Manchester University Press, Manchester, p. 43-44.
- HOLLINGSWORTH (M.F.), HOLLINGSWORTH (T.H.) 1971, Plague mortality rate by age and sex in the parish of St Rotolph's without Bishopsgate, London, 1603, *Population Studies* XXV, 1: 131-146.
- HOPPA (R.D.), GRUSPIER (K.L.) 1996, Estimating diaphyseal length from fragmentary subadult skeletal remains: implication for palaeodemographic reconstructions of a Southern Ontario

- ossuary, *American Journal of Physical Anthropology* 100: 341-354.
- LAMPL (M.), JOHNSTON (F.E.) 1996, Problems in the aging of skeletal juveniles: perspectives from maturation assessments of living children, *American Journal of Archaeology* 101: 345-355.
- LEDERMANN (S.) 1969, *Nouvelles tables-types de mortalité*, Institut national d'études démographiques, Travaux et documents, cahiers 23, Presses Universitaires de France, Paris.
- LOVEJOY (C.O.), MEINDL (R.S.), MENSFORTH (R.P.), BARTON (T.) 1985, Multifactorial determination of skeletal age at death: a method and blind test of its accuracy *American Journal of Physical Anthropology* 68: 1-14.
- LYMAN (R.L.) 1996, *Vertebrate taphonomy*, Cambridge University Press, Cambridge.
- MARTIN (R.), SALLER (K.) 1957, *Lehrbuch der Anthropologie*, tome I, Fisher Verlag, Stuttgart.
- MASSET (C.) 1973, Influence du sexe et de l'âge sur la conservation des os humains, in *L'homme hier et aujourd'hui*, Recueil d'études en hommage à André Leroi-Gourhan, Cujas, Paris, p. 333-345.
- MASSET (C.) 1986, Le « recrutement » d'un ensemble funéraire in H. Duday, C. Masset (dir.), *Anthropologie physique et Archéologie*, Paris, Éditions du CNRS, p. 108-126.
- MASSET (C.) 1995, Paléodémographie : problèmes méthodologiques, *Cahiers d'Anthropologie et Biométrie Humaine* XIII, 1-2 : 27-38.
- MILES (A.E.W.), BULMAN (J.S.) 1994, Growth curves of immature bones from a Scottish Island population of sixteenth to mid-nineteenth century: limb-bone diaphyses and some bones of the hand and foot, *International Journal of Osteoarchaeology* 4: 121-136.
- MILES (A.E.W.), BULMAN (J.S.) 1995, Growth curves of immature bones from a Scottish Island population of sixteenth to mid-nineteenth century: shoulder girdle, ilium, pubis and ischium, *International Journal of Osteoarchaeology* 5: 15-27.
- PERRIN (F.) 2000, Le mort et la mort en Gaule à l'âge du fer (VIII^e-I^{er} s. av. J.-C.), in E. Crubézy, C. Masset, E. Lorans, F. Perrin, L. Tranoy (dir.), *Archéologie funéraire*, Éditions Errance, Paris, p. 86-104.
- REYNAUD (P.) 1996, Présentation du site des Fédons, in *D.F.S. de l'opération archéologique effectuée sur Lambesc dans le cadre des fouilles A.F.A.N. sur le tracé T.G.V. ligne 5 – Secteur : Avignon-Marseille*, p. 4-7.
- SANSILBANO-COLLILIEUX (M.) 1990, Les caractères discrets et le « recrutement » de deux nécropoles du Haut Moyen Âge à Poitiers, *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 2, 3-4 : 179-184.
- SAUNDERS (S.), DEVITO (C.), HERRING (A.), SOUTHERN (R.), HOPPA (R.) 1993, Accuracy tests of tooth formation age estimations for human skeletal remains, *American Journal of Physical Anthropology* 92: 173-188.
- SIGNOLI (M.) 1998, *Étude anthropologique de crises démographiques en contexte épidémique, Aspects paéolo et biodémographiques de la peste en Provence*, Thèse d'Université, Université de la Méditerranée, Marseille.
- SIGNOLI (M.), BELLO (S.), DUTOUR (O.) 1998, Marseille, 1722 : le charnier de l'Observance et la rechute épidémique de la Grande Peste, *Médecine Tropicale* 58 : 7-13.

- SIGNOLI (M.), BELLO (S.), PALFI (G.), DUTOUR (O.) 1999, Evidence of demographic crises in 18th century in urban community (Martigues, France), *American Journal of Physical Anthropology*, suppl. 28: 251.
- SIGNOLI (M.), CHAUSSERIE-LAPRÉE (J.), DUTOUR (O.) 1995, Étude anthropologique d'un charnier de la peste (1720-1721), à Martigues, *Préhistoire et Anthropologie Méditerranéennes IV* : 191-203.
- SIGNOLI (M.), DUTOUR (O.) 1998, Le charnier du couvent de l'Observance : 1722, *Provence Historique* 189 : 469-488.
- SIGNOLI (M.), LEONETTI (G.), DUTOUR (O.) 1997, The Great Plague of Marseille (1720-1722): new anthropological data, *Acta Biologica* 42: 123-133.
- STLOUKAL (M.), HANAKOVA (H.) 1978, Die Länge der Langknochen altslawischer Bevölkerungen unter besonderer Berücksichtigung von Wachstumsfragen, *Homo* 29 : 53-69.
- SUNDICK (R.I.) 1978, Human skeletal growth and age determination, *Homo* 29: 228-249.
- TILLIER (A.-M.), DUDAY (H.) 1990, Les enfants morts en période périnatale, *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 2, 3-4 : 89-98.
- TRANOY (L.) 2000, La mort en Gaule romaine, in E. Crubézy, C. Masset, E. Lorans, F. Perrin, L. Tranoy (dir.), *Archéologie funéraire*, Éditions Errance, Paris, p. 105-154.
- UBELAKER (D.H.) 1978, *Human skeletal remains: excavation, analysis, interpretation*, Aldine, Chicago.
- UBELAKER (D.H.) 1989, *Human skeletal remains*, 2nd ed., Taraxacum press, Washington D.C.
- WALKER (P.L.), JOHNSON (J.R.), LAMBERT (P.M.) 1988, Age and sex biases in the preservation of human skeletal remains, *American Journal of Physical Anthropology* 76: 183-188.
- WHITE (D.T.), FOLKENS (P.A.) 1991, *Human Osteology*, Academic Press, London.
- WILLEY (P.), GALLOWAY (A.), SNYDER (L.) 1997, Bone mineral density and survival of elements and element portions in the bones of the Crow Creek massacre victims, *American Journal of Physical Anthropology* 104: 513-528.
- ZEITOUN (V.), PERSON (A.), BOCHERENS (H.) 1996, Evolution *post-mortem* de la cristallinité de la carbonate hydroxylapatite d'ossements humains, *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 8, 3-4: 289-297.