

## **CROISSANCE ET DEVELOPPEMENT DES POPULATIONS ANCIENNES : PROBLEMES METHODOLOGIQUES.**

González Martín, A. ; Robles Rodríguez F.J. ; García Martín, M.C.. Unidad de Antropología. Departamento de Biología. Universidad Autónoma de Madrid.

28049 - Madrid. Espagne.

### **- ABSTRACT -**

Since the sixties, when the first studies on growth and development on skeletal populations were published (Johnston, 62 & 68), the interest on this aspect has greatly increased. The material from infant and juvenile individuals can amount up to 60% of the total population (Ferembach, 62). All this material has been underestimated for many years with consistent loss of information because it is usually fragmentary and fragile. Modern auxological studies, new archaeological discoveries (Spitalfields, with sex and age known) (Molleson & Cox, 1993) and the greatest care in the excavations of fragile infant remains have allowed new studies that help to understand the ontogenetic processes during childhood and adolescence in ancient populations.

However, the study of these remains presents several methodological problems. The age and sex determination and the application of standard growth curves are essential if they are going to be used as public health indicators (Eveleth & Tanner, 1990). The reliability of the conclusions obtained when comparing different populations, need strict methodological approaches.

In this work, we present some of the most common methodological problems and we also give some solutions that will improve better results when interpreting infant growth both within population and between population.

### **- RESUME -**

Pendant les dernières années, on a vu l'importance des études sur la croissance et le développement des populations squelettiques faites pendant les années '60 (Johnston, 62 et 68). Le matériel représentant les individus subadultes peut aller jusqu'à 60% des effectifs de la population étudiée (Ferembach, 62); tout ce matériel a été méprisé pendant quelques temps pour sa fragilité, avec, en conséquence, une perte d'information. Les études auxologiques modernes, la fouille de nouveaux gisements, surtout Spitalfields, avec des données sur l'âge et le sexe des individus (Molleson & Cox, 93) et l'attention apportée en fouillant des squelettes d'enfants nous permettent

de commencer des nouvelles études pour bien comprendre les phénomènes relatifs à l'enfance et à l'adolescence pendant l'antiquité.

Mais ces travaux présentent des grandes difficultés méthodologiques. La détermination de l'âge et du sexe des individus et l'application des courbes de croissance standard sont importantes si nous voulons donner à ces études l'importance des indicateurs de santé de la population (Eveleth & Tanner, 90). L'importance des conclusions dans les comparaisons entre populations nous oblige à avoir une attention spéciale au moment d'obtenir nos résultats.

Dans notre travail, nous présentons des problèmes méthodologiques communs et nous donnons quelques solutions pour nous permettre les études des populations et la comparaison avec les autres.

### - INTRODUCTION -

Maintenant il est courant de trouver des études sur des restes squelettiques d'enfants dans les populations historiques. C'est normal, surtout parce que le taux d'enfants et de jeunes peut atteindre 60 % de la population totale (Ferembach, 62).

Les études sur la croissance et le développement sont aujourd'hui un domaine de recherche important. On peut arriver à de nouvelles conclusions pour la recherche historique.

On a déjà reconnu une série de problèmes classiques dans ces études (Johnston, 68; Sundick, 78; Johnston & Zimmer, 89; Saunders, 92):

- Fragilité et fragmentarité des squelettes.
- Effectif insuffisant.
- Ignorance de l'âge des individus.
- Ignorance du sexe des individus.
- Les courbes de croissance peuvent ne pas être représentatives des individus sains de la population.
- Sous représentation des individus adolescents.

La comparaison entre les graphiques de croissance réalisés a été utilisée pour évaluer les différences de conditions environnementales -santé et nutrition- vécues par une population parmi les autres. Une petite taille peut être interprétée comme la conséquence des conditions défavorables vécues par la communauté (Johnston & Zimmer, 89).

Dans notre travail nous présentons d'autres problèmes méthodologiques pour les ajouter aux problèmes classiques et nous donnons quelques solutions pour permettre d'améliorer les études des populations et ajuster les comparaisons avec les autres.

#### - LE PROBLEME DE LA DETERMINATION DE L'AGE -

D'abord nous parlerons de la détermination de l'âge parce qu'il est le problème majeur pour l'établissement des standards de croissance sur des populations squelettiques.

Les travaux dans ce domaine présentent le degré de minéralisation des différentes dents comme étant le critère le plus important (Ferembach, 79). C'est un caractère bien contrôlé génétiquement, et il est également bien corrélé avec l'âge. On calcule la minéralisation sur un "atlas method" (Liversidge, 94), dont le plus utilisé est celui d'Ubelaker (78). Cependant, cette méthode n'est pas assez précise pour étudier la croissance.

Nous voulons obtenir un âge le plus précis possible pour nos individus. C'est pour cette raison que nous avons trouvé intéressant d'appliquer la méthode numérique calculée par Liversidge, Dean & Molleson (93) sur la population de Spitalfields de sexe et d'âge connus. Ils ont calculé la régression entre l'âge et la longueur de chaque dent déciduale et définitive des individus entre 0 et 5.4 ans. Nous pouvons voir que le graphique de croissance pour notre population Hispano-Musulmane de San Nicolas (Murcia) est différent selon qu'il est calculé avec le schéma d'Ubelaker (78) ou avec les régressions de Liversidge, Dean et Molleson (93). Avec cette seconde méthode, les individus sont plus âgés qu'avec la première. GRAPHIQUE 1

L'application de ces régressions a un inconvénient : la réabsorption des dents de lait à cause de la croissance des dents définitives.

A l'examen du schéma d'Ubelaker (78), nous pouvons voir que l'apex de la racine est fermé après 2 ans pour les incisives et après 3 ans pour toutes les dents de lait.

Seule une condition est nécessaire pour la bonne application de cette méthode : extraire de l'analyse les dents ayant terminé leur développement.

Nous avons également essayé d'améliorer la détermination de l'âge entre 15 et 21 ans, une époque très importante dans le processus d'atteinte à la taille adulte. Dans cette période le standard d'Ubelaker (78) ne différencie la minéralisation que pour les troisièmes molaires.

Quand on travaille avec ce groupe d'âge, on peut voir qu'il y a des différences continues entre les troisièmes molaires (Moore, Fanning & Hunt, 63 ; Johnston, 69).

Pour résoudre le problème de détermination de l'âge dans ce groupe 15-21 nous avons utilisé une méthode statistique simple, l'interpolation. Nous avons calculé l'équation de la fonction qui passe par nos moyennes de la longueur de la troisième molaire, pour le groupe d'âge que nous pouvons déterminer avec certitude sur le standard : 10, 15 et 21 . La fonction est établie suivant le modèle:  $y = a + bx + cx^2$  (où x = longueur totale 3ème molaire(mm.)) (Liversidge, Dean & Molleson, 93) .

Avec cette fonction, nous avons calculé un âge pour chaque individu dont la 3ème molaire se minéralisait. Après avoir observé que les mesures étaient différentes pour les dents inférieures et supérieures, nous avons donc établi deux fonctions ; on obtient pour chaque adolescent deux résultats : la moyenne de ces valeurs sera l'âge calculé pour l'individu. - TABLEAU A -

C'est clair que cette méthode a des limitations. Il faut prendre en compte que la 3ème molaire est la dent la moins déterminée par le génotype. En plus c'est la dernière dent à se minéraliser, et elle sera la plus influencée par l'ambiance vécue. Il faut également penser qu'il restera toujours un ensemble d'individus qui présentent une agénésie dentaire pour lesquels aucun âge ne pourra être calculé. De plus, comme on ne peut connaître le sexe des adolescents, on ne peut pas établir deux fonctions différentes.

#### - LE PROBLEME DES MESURES -

Il y a quelques études dans ce domaine qui ne sont pas suffisamment claires en ce qui concerne les mesures.

Nous pensons, comme la plupart des auteurs consultés, que l'os parfait pour l'étude de la croissance est le fémur (Israelsohn, 60, cité par Ribot & Roberts, 94), parce qu'il est le plus long des os longs. Il est le principal responsable de la taille et donc des différences de stature.

Dans la littérature sur ce domaine différentes mesures sont proposées pour la longueur du fémur. Les plus courantes sont "maximum length of the diaphysis" (Goode, 93 ; Hummert, 83 ; Merchant & Ubelaker, 77) et "diaphyseal length" (Wall, 91 ; Hoppa, 92). Seulement Sundick (78) différencie les mesures "with and without epiphysis".

Nous avons vu que le fémur pendant son développement passe par deux époques; dans la deuxième époque, la longueur maximum est différente de la longueur oblique.

La position physiologique du fémur humain nous amène à prendre la longueur oblique, parallèle à la stature comme la mesure la plus précise pour l'étude de la taille. Si nous travaillons avec la longueur maximale après la prime enfance, nous commettons une erreur fondamentale, parce que ces longueurs ne sont pas comparables car non parallèles entre individus.

L'angle entre la longueur maximale et la stature déterminé par la largeur de la hanche, n'est pas égal pour tous les individus. On doit le prendre en compte dans notre étude (Fernandez, 94), sinon un erreur sera commise, d'autant plus important à l'adolescence, avec l'apparition des caractères sexuels. Si nous ne pouvons déterminer un sexe pour nos juvéniles, la moyenne de la longueur maximale du fémur nous fera obtenir une taille plus grande que la taille réelle.

### - LA RECONSTRUCTION STATISTIQUE DE L'ECHANTILLON -

Nous pensons que tous les chercheurs dans ce domaine auront souffert de désespoir face à un échantillon fragmentaire et incomplet. Les travaux de nettoyage et de reconstruction ne sont jamais récompensés.

Devant ce problème, nous nous demandons : "peut-on extraire plus d'informations de l'échantillon?", ou mieux encore : "comment faire pour extraire toute l'information?".

Nous avons essayé d'obtenir des informations au sujet des autres os longs pour reconstruire statistiquement la longueur oblique de la diaphyse du fémur (Robles et al., 92), avec laquelle nous voulons faire notre étude.

La reconstruction statique est fait en trois séries de régressions linéaires :

**Phase I** : Régressions entre chaque os gauche et droit. Pendant cette phase, les variables dépendantes sont les longueurs droites, parce que la conservation de ce côté est meilleure dans notre population. Nous avons utilisé les valeurs des os gauches pour calculer les mesures droites quand celles-ci manquaient.

**Phase II** : Régressions linéaires entre chaque os mesuré, sans, avec une épiphyse et avec les deux épiphyses, pour calculer la longueur de la diaphyses de chaque os long de notre population. L'ordre pour ajouter les valeurs calculées à la longueur de la diaphyse du fémur est un ordre ascendant de l'erreur standard de la régression.

**Phase III** : Régressions linéaires entre les longueurs de la diaphyse de chaque os.

A notre avis, la méthode présente certains inconvénients, dont le plus important est qu'il faut faire beaucoup de régressions linéaires. Mais il est impossible de réduire le nombre de régressions linéaires grâce à des régressions multiples, à cause de la multicollinéarité de nos variables indépendantes.

Entre les avantages de cette méthode, il faut souligner :

- toutes les valeurs calculées sont obtenues en fonctions des autres os longs du même individu, sans introduire la moyenne par groupe d'âge ou la moyenne d'une population de référence.

- les valeurs calculées sont indépendantes de la détermination de l'âge faite pour chaque individu. Les méthodes alternatives pour remplir notre matrice (d1 ou substitution de valeurs perdues par la moyenne) sont dépendantes de la détermination de l'âge réalisée.

Avec cette méthode on peut arrêter la reconstruction au moment où l'on considère que l'erreur accumulée est trop grande.

#### - LE PROBLEME DE L'ESTIMATION DE LA STATURE -

Sur tout échantillon infantile non pouvons calculer d'après les longueurs diaphysales des os longs une valeur pour la taille de chaque individu, et ensuite les utiliser pour établir notre étude de croissance. C'est une possibilité pour pouvoir comparer des populations différentes.

Nous pensons que cette estimation n'est pas adéquate aux études de croissance et de développement. Les proportions entre les différentes parties du corps changent :

A - **Pendant le développement** : " la stature est l'addition des longueurs des jambes, du buste et de la tête, chacune de celles-ci a un rythme différent de croissance" (Tanner, 78)<sup>1</sup>.

B - **Entre les sexes**: Les différentes proportions entre femmes et hommes depuis l'adolescence nous obligent de connaître le sexe des individus car différentes régressions doivent être utilisées pour calculer la stature de chacun.

C - **Entre populations**: L'estimation de la stature d'un individu d'après les régressions calculées pour une autre population introduit une erreur évitable. Nous pensons que les régressions calculées sur des enfants finlandais modernes de Telkka,

---

<sup>1</sup>Les seuls travaux à notre disposition qui distinguent des époques de développement pour calculer la stature ont été faits par Telkka, Virtama & Palkama (62). Dans ces travaux des régressions sont proposées pour chaque groupe d'âge, sans faire de différences sexuelles.

Virtama & Palkama (62) ne sont pas applicables aux individus médiévaux Hispano-Musulmans.

**- LE PROBLEME DE LA DETERMINATION GENETIQUE DES TENDANCES DANS LA STATURE.-**

Depuis les premières études de croissance sur des populations historiques, on a reconnu des tendances génétiques différentes vers une taille plus grande ou plus petite (Johnston, 62). De plus, on a donné à la stature une importante composante génétique dans certaines études sur des jumeaux élevés séparément (Newman et al., 37 ; cité dans Morgan, 78).

Notre idée était de déterminer la part de ces tendances génétiques dans la croissance, pour comparer des populations historiques distinctes. C'est un problème extrêmement complexe.

La solution à ce problème proposée par quelques chercheurs (Lovejoy, 90; Wall, 91; Mensforth, 85) a été d'introduire dans les calculs réalisés pour l'étude de la croissance la stature moyenne estimée pour les adultes :

**Moyenne Long. Obl. Fémur groupe d'âge y / Moyenne Long. Oblique Fémur adulte =  $V_i$**

Avec cet index  $V_i$  nous pouvons réduire ou augmenter les différences entre notre population pour la longueur oblique du fémur dans chaque groupe d'âge. Comme nous ne pouvons pas déterminer le sexe des individus, la moyenne adulte doit être calculée avec les deux sexes réunis.

Après cette correction, nous avons trouvé un autre problème : l'index  $V_i$  est calculé pour les adolescents avec des mesures différentes ( sans, avec une ou avec deux épiphyses). Avec cet échantillon il n'est pas possible de faire une ligne continue (Johnston & Zimmer, 89).

Comme la plupart des mesures ont été faites sans épiphyses, nous avons transformé toutes les mesures en "longueur oblique sans épiphyses", qui sera appelée "longueur oblique de la diaphyse". Avec nos individus Hispano-Musulmans de la Nécropole de San Nicolas (Murcia, XI-XIII<sup>e</sup> siècle) pour lesquels nous avons des mesures avec et sans épiphyses, nous avons calculé des régressions linéaires pour effectuer ces transformations. TABLEAU B

Comme on peut le voir sur le GRAPHIQUE 2, la reconstruction est indépendante de la détermination de l'âge. Avec cette méthode nous pouvons calculer une valeur de la

longueur de la diaphyse pour tout fémur disponible, soit avec une ou toutes les épiphyses soudées.

Pour observer les résultats de cette correction, nous avons utilisé une ancienne étude faite dans notre Laboratoire (Robles et al., 92), dans laquelle on comparait les Hispano-Musulmans avec les populations Indian Knoll et Altenerding publiées par Sundick (78). Dans ce travail nous avons conclu que les différences entre les graphiques de croissance étaient le résultat des états nutritionnels des populations étudiées. Avec la correction proposée, on peut voir que les différences entre les trois populations sont réduites d'une façon importante. GRAPHIQUE 3

Comme dans le travail antérieur, nous avons vu quel était le signe des différences trouvées dans chaque groupe d'âge entre les Hispano-Musulmans et les populations de références. A la vue des graphiques avant et après la correction, on peut voir que les valeurs des différences changent de signe dans quelques groupes d'âge. Cela signifie que les conclusions peuvent être différentes selon la méthodologie appliquée. GRAPHIQUE 4

#### - LE PROBLEME DES COURBES DE CROISSANCE. POURQUOI NE PAS ETUDIER LES VITESSES DE CROISSANCE ?-

Pendant notre travail nous avons vu que les résultats des études de croissance et de développement peuvent être influencés par la méthodologie appliquée.

On peut aussi voir que la moyenne par groupe d'âge a une information relative et limitée. Ce qui est appelé "courbe de croissance" dans la littérature n'est pas plus que la moyenne par groupes d'âge représentée dans des axes cartésiens en face de groupes d'âge (comme nous l'avons présenté ici)<sup>2</sup>. Toutes ces représentations n'ont pas, bien entendu, de valeurs prédictives (la "courbe" n'existe pas entre deux moyennes, même si l'ordinateur peut la dessiner).

De la même manière, les courbes de vitesse de croissance calculées avec les différences entre la longueur moyenne d'un groupe d'âge et celle du précédent ne sont pas adéquates.

Nous voulons établir le plus objectivement possible des comparaisons entre populations historiques. A notre avis il y a seulement trois possibilités :

---

<sup>2</sup>Nous parlons des études suivantes (entre parenthèses le nom qu'on donne aux graphiques) : Merchant & Ubelaker, 77 (cross-sectional growth curves) ; Hummert & Van Gerven (83) et Armelagos et al. (92) (distance curves) ; Hoppa (92) et Saunders et al. (93) (skeletal growth profile) ; Buschang (82) (growth status) ; Wall (91), Y'Edynak (76) et Robles et al. (92) (means by age group).

A - Avec les moyennes par groupe d'âge, on peut étudier la signification des différences entre ces moyennes (t Student) pour chaque couple de populations (Johnston, 62). Deux aspects doivent être pris en compte :

- Les moyennes par groupe d'âge doivent être corrigées avec la moyenne adulte.
- Dans chaque groupe d'âge, les variables doivent être gaussiennes pour que la tendance centrale soit correctement estimée par la valeur moyenne des observations.

B - Avec un étude de référence, on peut mettre nos observations sur la courbe de croissance de la population de comparaison, et étudier la distribution d'une population par rapport à l'autre (Molleson & Cox, 93). GRAPHIQUE 5

Les deux méthodes décrites ont l'inconvénient de permettre seulement les comparaisons entre couples de populations.

C - On peut fixer les moyennes par groupe d'âge à une vraie courbe de croissance, c'est à dire une fonction. Cette possibilité nous permettra aussi d'étudier la vitesse de croissance (la première dérivé de la fonction).

On a déjà essayé de fixer la longueur des os longs aux modèles standard de croissance. Jantz & Owsley (84), Mensforth (85) et Lovejoy et al.(90) nous proposent une fonction logarithmique; Saunders & Hoppa (93) nous porposent un modèle quadratique et Hunt & Hatch (81) travaillent avec la fonction logistique double.

On peut voir que l'application des modèles pour décrire la croissance (Bogin, 88) aux populations squelettiques est problématique:

-Des problèmes proviennent de la nature de l'échantillon. Les données transversales donnent une image différente de celle que procure la courbe de croissance de chaque individu constituant la moyenne. Les données transversales ne peuvent jamais montrer les différences individuelles de vitesse de croissance ni l'âge de la poussée de croissance pubertaire (Tanner, 78).

-Les effectifs sont insuffisants pour quelques groupes d'âge. Il y a un nombre minimum pour qu'une donnée transversale soit un bon indicateur des phénomènes longitudinaux.

-Les conditions vécues par chaque groupe d'âge et par chaque sexe peuvent avoir été différentes (Zemel & Johnston, 94).

Nous pouvons voir que dans toutes les fonctions il y a des ressemblances:

- Une première époque à peu près logarithmique.
- Une deuxième époque à peu près logistique.

Nous avons essayé de fixer notre échantillon dans les fonctions les plus courantes pour expliquer la croissance. Pendant la première époque précitée c'est possible de trouver un modèle auquel nos individus soient bien fixés, mais à l'adolescence c'est impossible (les travaux de Hunt & Hatch (81), Jantz & Owsley (84), Mensforth (85), Lovejoy et al. (90) et Saunders & Hoppa (93) n'arrivent qu'à 12 ans). Deux raisons peuvent être à l'origine de ce problème:

-Il y a des moyennes pour un groupe d'âge que sont inférieures que la moyenne du groupe antérieur. Avec ces données, une courbe de croissance est difficilement fixable. C'est le problème général du nombre d'effectif. Est-ce que nous avons un échantillon suffisant pour faire l'étude de la croissance des populations anciennes?.

-Dans le groupe 15-21, les deux sexes sont mélangés et la détermination de l'âge est quelquefois incertaine avec la seul critère de la troisième molaire. En plus, ce groupe d'âge n'est pas bien représenté. Il en résulte que la moyenne calculée peut être différente de la tendance centrale du groupe.

#### **- CONCLUSIONS -**

"Les valeurs moyennes de la stature et du poids d'enfants sont un reflet fidèle de l'état de santé publique d'un peuple et de l'état nutritionnel moyen de ses citoyens..." (Eveleth & Tanner, 90).

Cette affirmation nous a fait penser aux différents problèmes, présentés ici, que nous avons rencontrés dans l'étude de la croissance des populations historiques à partir des os longs des individus en développement.

Les conclusions sur l'état nutritionnel des populations obtenues par ces études peuvent être modifiées selon la méthodologie suivie. Etant donnée l'importance de ces conclusions dans la recherche de notre passé, nous sommes obligés d'être prévoyants au moments de l'analyse des résultats.

#### **- PERSPECTIVES -**

Evidemment, il reste encore beaucoup à faire dans ce terrain d'étude. Il y a trois domaines qui pourront nous aider:

-L'auxologie. De nouveaux modèles doivent être appliqués à des populations, pour apprécier leur capacité à expliquer la croissance. Il faut développer l'application des fonctions de croissance aux données transversales. L'auxologie est l'outil parfait pour nos études.

-La détermination du sexe. Nous avons besoin de séparer les garçons et les filles. Heureusement il y a des chercheurs que travaillent dans ce domaine.

-La fouille de nouveaux sites doit être faite avec le maximum de précautions pour le prélèvement total des informations. Il faut exploiter les populations d'âge et de sexe connus ainsi que celles dont l'effectif est important.

#### - REMERCIEMENTS -

Nous remercions les personnes suivantes pour leurs conseils et leur aide:  
Francisca Blanco Moreno (Departamento de Métodos y Técnicas de Investigación Social y Teoría de la Comunicación. Facultad de CC. Políticas y Sociología. Universidad Complutense de Madrid); Magali C.C. Tavier (Université Libre de Bruxelles); Dr. Jaroslav Bruzek (Laboratoire d'Anthropologie. Université Bordeaux Y) et Dr. Francis E. Johnston (Department of Anthropology. University of Pennsylvania. Philadelphia).

#### - REFERENCES -

- BOGIN, B., 1988. *Patterns of Human Growth*. Cambridge. Cambridge University Press. Cambridge Studies in Biological Anthropology; 3; 267 p.
- EVELETH P.B. & TANNER J.M., 1990. *Worldwide variation in human growth.* (2<sup>ème</sup> éd.). Cambridge Cambridge University Press.
- FEREMBACH, D., 1962. *La Nécropole épipaléolithique de Taforalt. Etude des squelettes humains*. Rabat. 171 p.
- FEREMBACH, D., 1979. Recommandations pour déterminer l'âge et le sexe sur le squelette. *Bull. et Mém. Soc. d'Anthrop. de Paris*, 6(série XIII): 7-45.
- FERNANDEZ, J.J., 1994. A Basic Error in Anthropometry of the Skull". In: Bernis, C.; Varea, C.; Robles, F.J.; González, A.(éd.): *Biología de las Poblaciones Humanas: Problemas Metodológicos e Interpretación Ecológica*. Madrid. Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid: 215-226.
- GOODE, H.; WALDRON, T.; ROGERS, J., 1993. Bone growth in juveniles: a methodological note. *Int. J. of Osteoarch.*, 3: 321-323.
- HAUSPIE, R., 1986. Croissance. In: Ferembach, D.; Susanne, Ch. & Chamla, M.C. (éd.): *L'homme, son évolution, sa diversité*. Paris. Editions du CNRS. 359-368
- HOPPA, R.D., 1992. Evaluating human skeletal growth: an Anglo-Saxon example. *Int. J. of Osteoarch.*, 2: 275-288.

- HUMMERT, J.R. & VAN GERVEN, D.P., 1983. Skeletal growth in a medieval population from Sudanese Nubia. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 60: 471-478.
- HUNT, E.E. & HATCH, J.W., 1981. The estimation of age at death and ages of formation of transverse lines from measurements of human long bones. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 54: 461-469.
- JANTZ, R.L. & OWSLEY, D.O., 1984. Long bone growth variation among Arikara skeletal populations. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 63: 13-20.
- JOHNSTON, F.E., 1962. Growth of the long bones of infants and young children at Indian Knoll. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 20: 249-254.
- JOHNSTON, F.E., 1968. Growth of the skeletons in earlier peoples. In: Brothwell, D.R. (éd.): *The skeletal Biology of earlier human populations*. London. Pergamon Press. 57-66.
- JOHNSTON, F.E., 1969. Approaches to the study of developmental variability in human skeletal populations. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 31: 335-342.
- JOHNSTON, F.E. & ZIMMER, L.O., 1989. Assessment of growth and age in the immature skeleton. In: Iscan, M.Y. & Kennedy, K. (éd.): *Reconstruction of life from the skeleton*. New York. Alan R. Liss. 11-22
- LIVERSIDGE, H.M., 1994. Accuracy of age estimation from developing teeth of a population of Known age (0.5-4 years). *Int. J. of Osteoarch.*, 4: 37-45.
- LIVERSIDGE, H.M.; DEAN, M.C.; MOLLESON, T.I., 1993. Increasing human Tooth length between birth and 5.4 years. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 90: 307-313.
- LOVEJOY, C.O.; RUSSEL, K.F.; HARRISON, M.L., 1990. Long bone growth velocity in the Libben population. *Am. J. Hum. Biology*, 2: 533-541.
- MENSFORTH, R.P., 1985. Relative tibia long bone growth in the Libben and Bt-5 prehistoric skeletal populations. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 68: 247-262.
- MERCHANT, V.L. & UBELAKER, D.H., 1977. Skeletal growth of the Protohistoric Arikara. *Am. J. Phys. Anthrop.*, 46: 61-72.
- MOLLESON, T. & COX, M., 1993: *The Spitalfields project. Vol. II: Anthropology. Council for British Archaeology Report n° 86.*
- MORGAN, C.T. & KING, R.A., 1978. *Introducción a la psicología*. Madrid. Aguilar.
- PALKAMA, A.; VIRTAMA, P.; TELKKA, A., 1962. Estimation of stature from radiographs of long bones in children. Children under one year of age. *Anales Medicinæ Experimentalis et Biologiae Fenniae*, 40: 219-222.

- ROBLES, F.J.; GONZÁLEZ, V.M.; PEREZ-JUANA, A.; ESTEBAN, C.; GONZÁLEZ, A.; MAGÁN, L., 1992. Growth and development in a Hispano-Muslim subadult population. *J. Hum. Ecology*, 2(3): 333-348.
- SANDÍN, M.; FRAILE, R.; PEREZ, M.; GONZÁLEZ, A.; LOPEZ, P.; GARCÍA, L.; BORNEMANN, M.; LORENZO, M.; SALADO, M.; SERRANO, M.; VICENTE, J.; LOUKID, M.; SALAZAR, G., 1993. *Curvas de crecimiento de niños de la Comunidad de Madrid*. Madrid. Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid. 72 p.
- SAUNDERS, S.R., 1992. Subadult skeletons and growth related studies. In: Saunders, S.R. & Katzemberg, M.A. (éd.): *Skeletal Biology of past peoples: Research methods*. New York. Wiley-Liss. 265 p.
- SAUNDERS, S.R. & HOPPA, R.D., 1993. Growth deficit in survivors and non-survivors: Biological mortality bias in subadult skeletal samples. *Yearbook Phys. Anthropol.*, 36: 127-151.
- SUNDICK, R.I., 1978. Human skeletal growth and age determination. *Homo*, 29: 228-249.
- TANNER, J.M., 1978. *El hombre antes del hombre*. Mexico D.F. Fondo de Cultura Económica. 283 P.
- TELKKA, A.; PALKAMA, A.; VIRTAMA, P., 1962. Estimation of stature from radiographs of long bones in children. Children aged from one to nine. *Anales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fenniae*, 40: 91-96.
- UBELAKER, D.H., 1978. *Human skeletal remains: Excavation, Analysis and Interpretation*. Washington. Taraxacum. 116 p.
- VIRTAMA, P.; KIVILUOTO, R.; PALKAMA, A.; TELKKA, A., 1962. Estimation of stature from radiographs of long bones in children. Children aged from ten to fifteen. *Anales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fenniae*, 40: 283-285.
- WALL, C.E., 1991. Evidence of weaning stress and catch-up growth in the long bones of a Central California Amerindian sample. *Ann. Hum. Biol.*, 18(1): 9-22.
- ZEMEL, B.S. & JOHNSTON, F.E., 1994. Application of the Preece-Baines growth model to cross-sectional data: Problems of validity and interpretation. *Am. J. Hum. Biology*, 6: 563-570.

Tableau A: Interpolation troisième molaire.

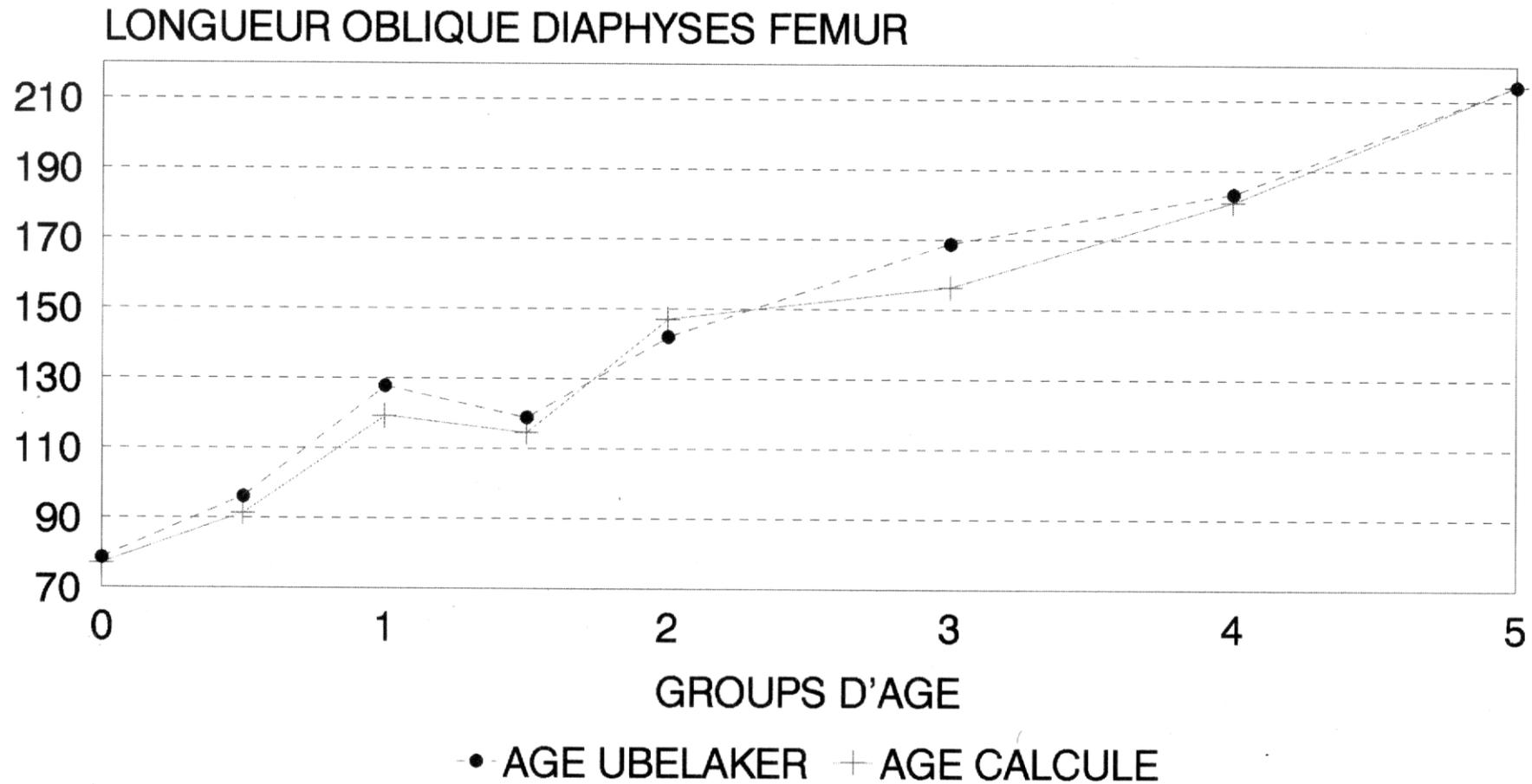
INTERPOLATION TROISIEME MOLAIRE
$AGE = 2.787 + 1.424 (X \text{ Long M3 Sup.}) - 0.0223 (X \text{ Long M3 Sup.})^2$
$AGE = 4.914 + 1.036 (X \text{ Long M3 Inf.}) - 0.0083 (X \text{ Long M3 Inf.})^2$

Tableau B : Régressions linéaires calculées pour la transformation des longueurs du fémur en longueur de la diaphyse.

VAR DEP	VAR INDEP	CORR	ADJ. R2	S.E.	Y = AX + B	N
long. diaphyse	long. avec épiphyses	1	.999	2.1	$y = 0.925274 x - 3.432284$	9
long. diaphyse	longueur avec épiphyse distale	1	.999	1.6	$y = 0.952854 x - 1.112050$	15
long. diaphyse	longuer avec épiphyse prox.	1	.999	1.9	$y = 0.963786 x - 0.150971$	16

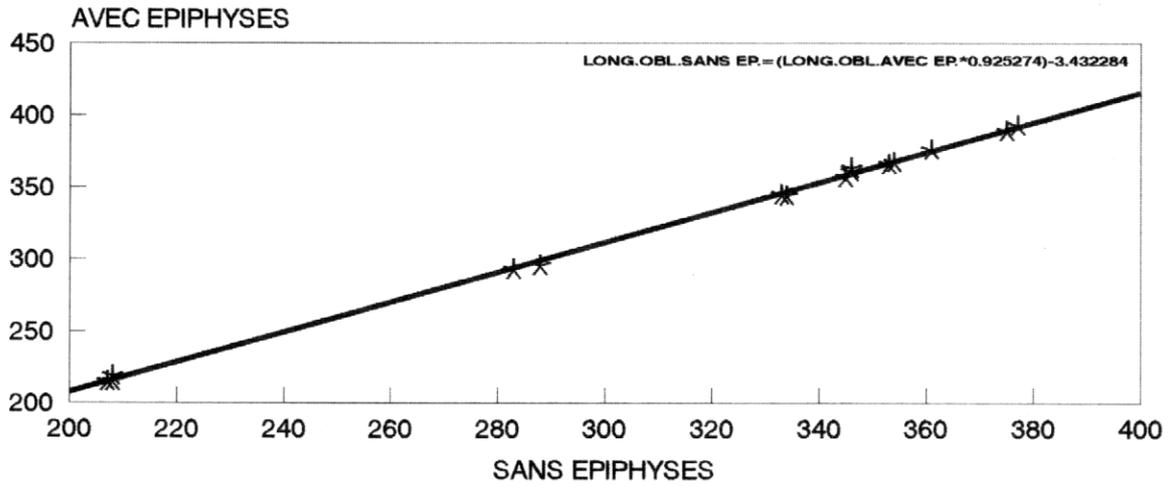
# DETERMINATION DE L'AGE

## AGE DETERMINE PAR DIFFERENTS METHODS

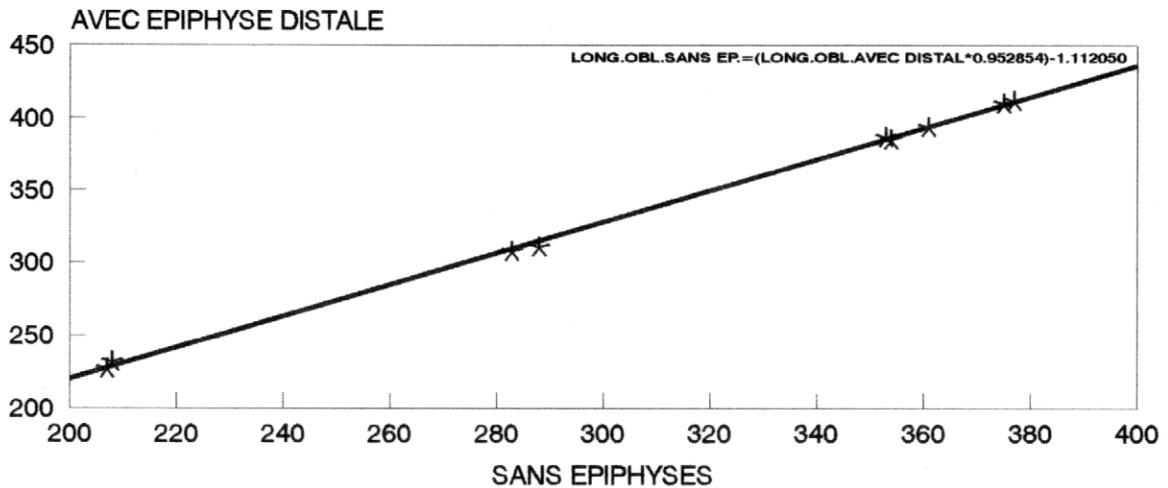


GRAPHIQUE 1

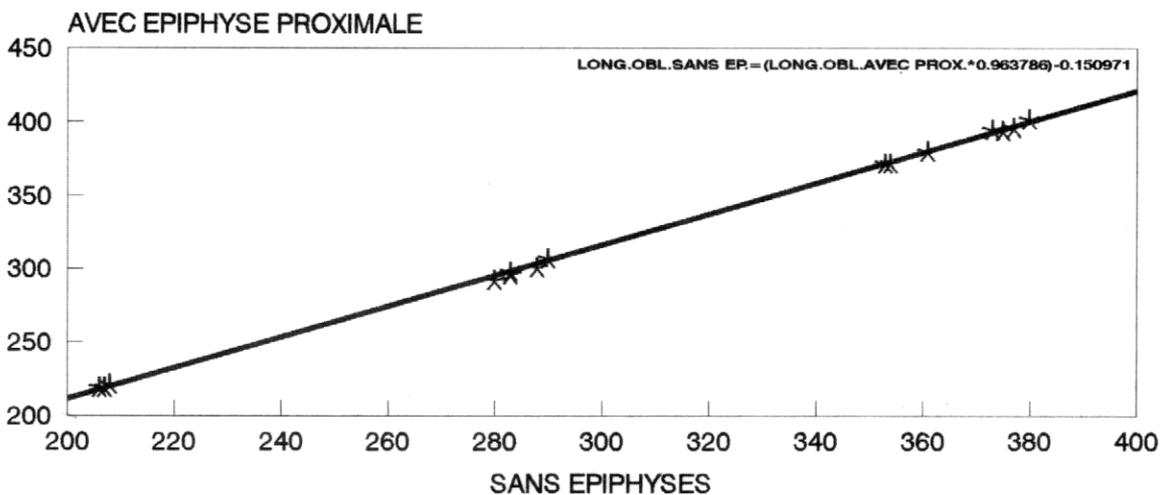
## REGRESSION SANS/AVEC EPIPHYSES LONGUEUR OBLIQUE FEMUR



## REGRESSION SANS/AVEC EPIPHYSE DISTALE LONGUEUR OBLIQUE FEMUR

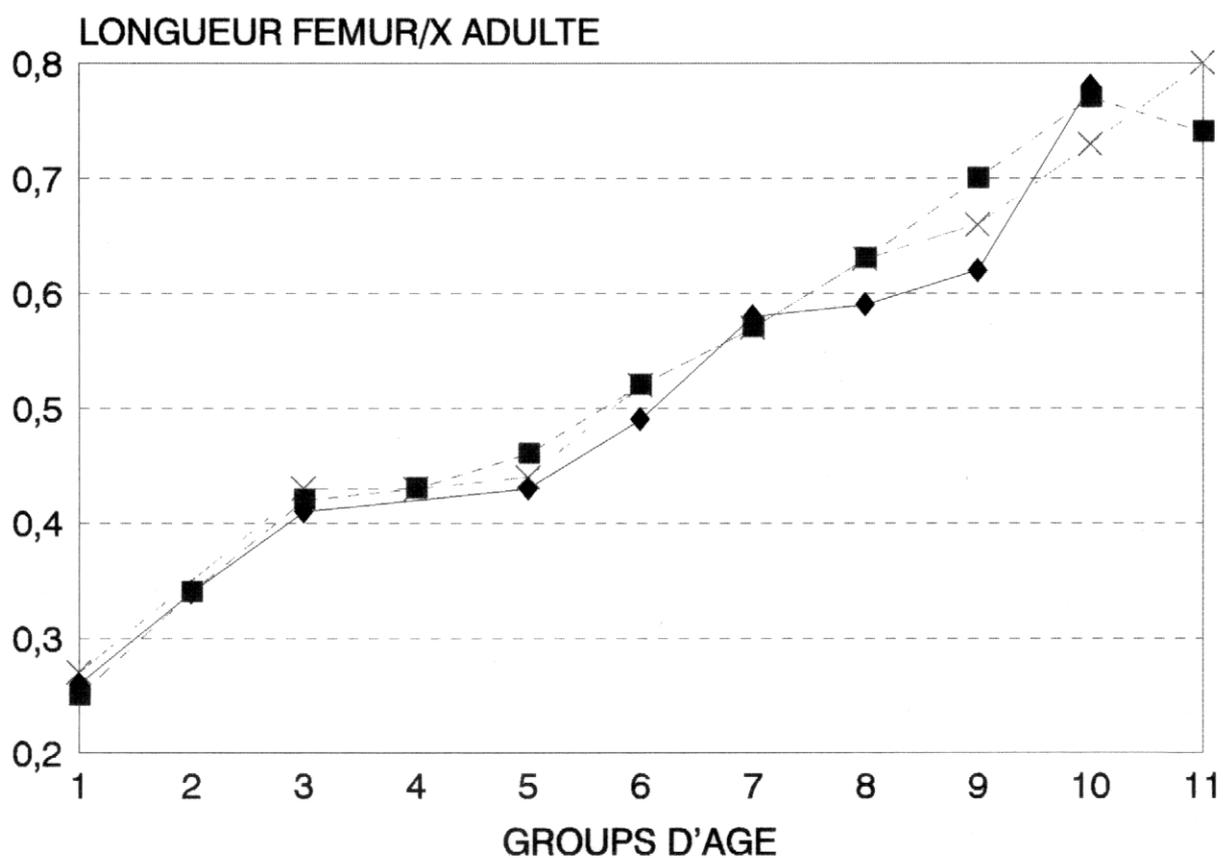
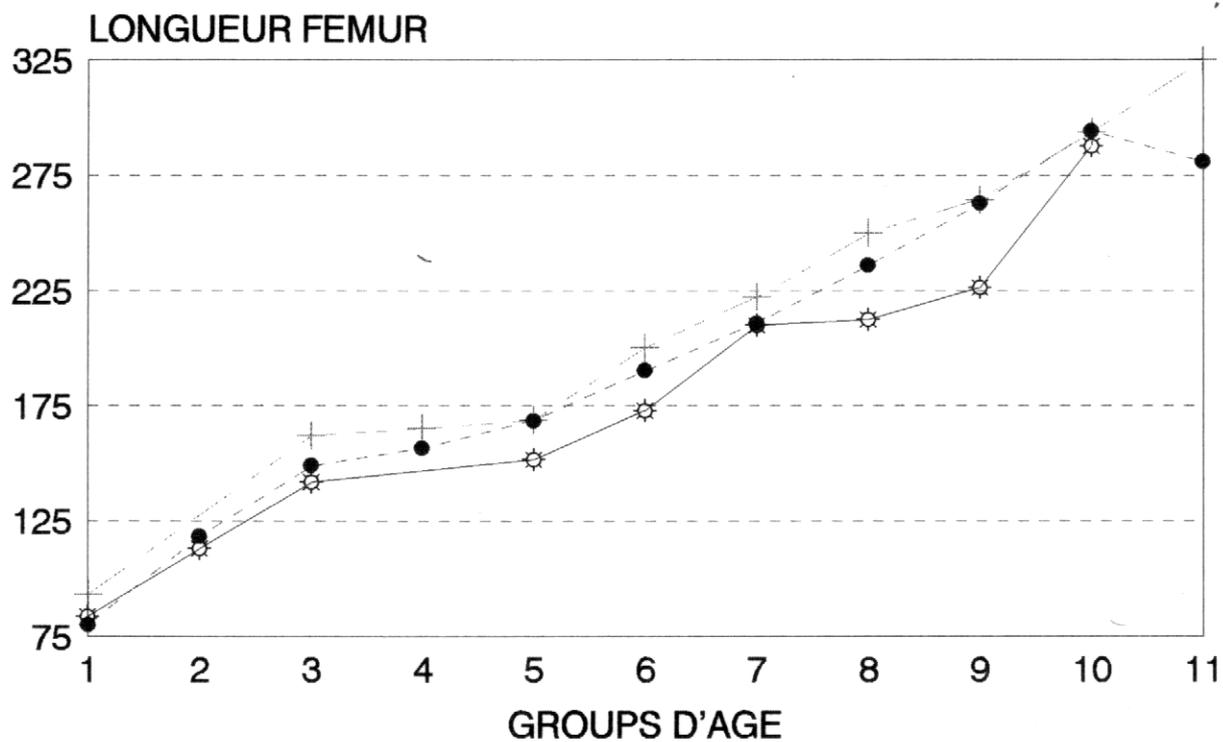


## REGRESSION SANS/AVEC EPIPHYSE PROXIMALE LONGUEUR OBLIQUE FEMUR



GRAPHIQUE 2

# COMPARAISON ENTRE POPULATIONS

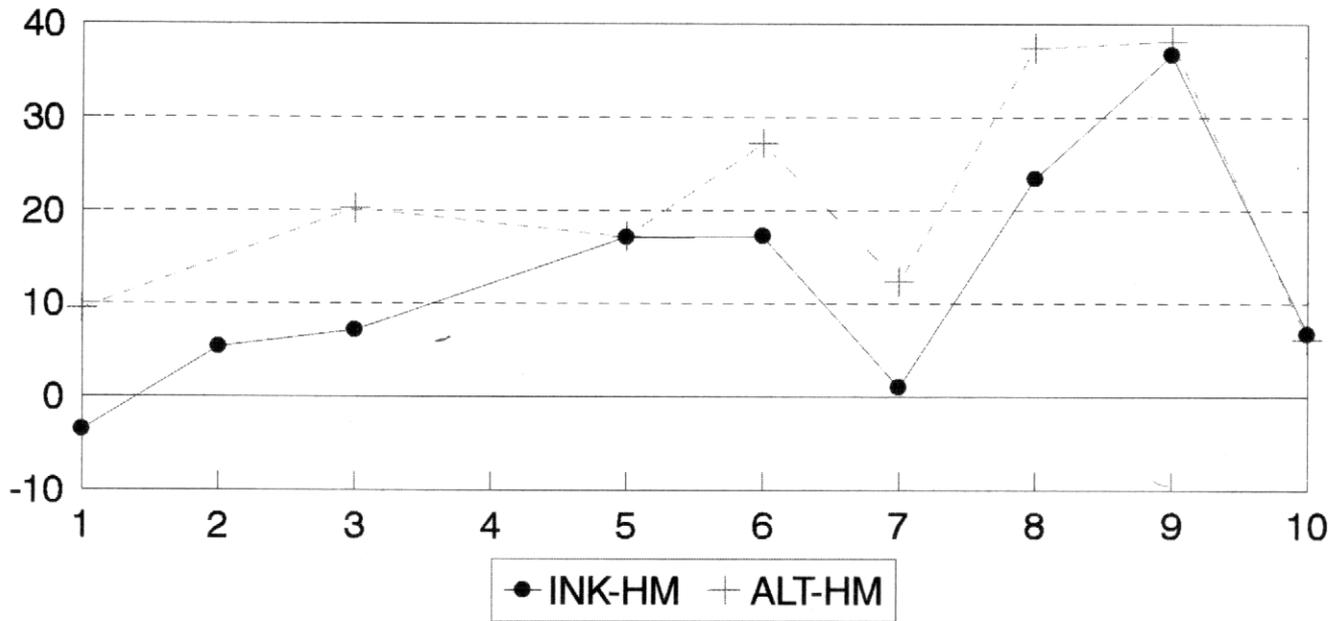


■ INDIAN KNOLL    × ALTENERDING    ◆ HISPANO-MUSULMAN

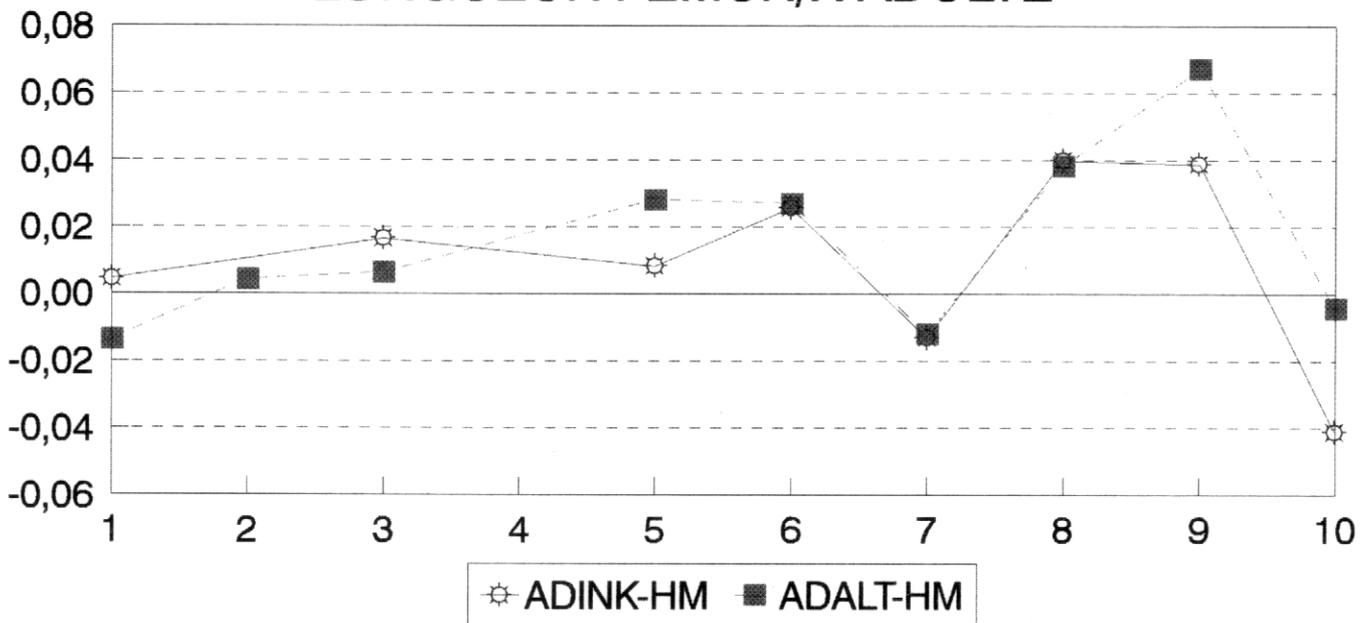
GRAPHIQUE 3

# DIFFERENCES ENTRE POPULATIONS

## LONGUEUR FEMUR



## LONGUEUR FEMUR/X ADULTE

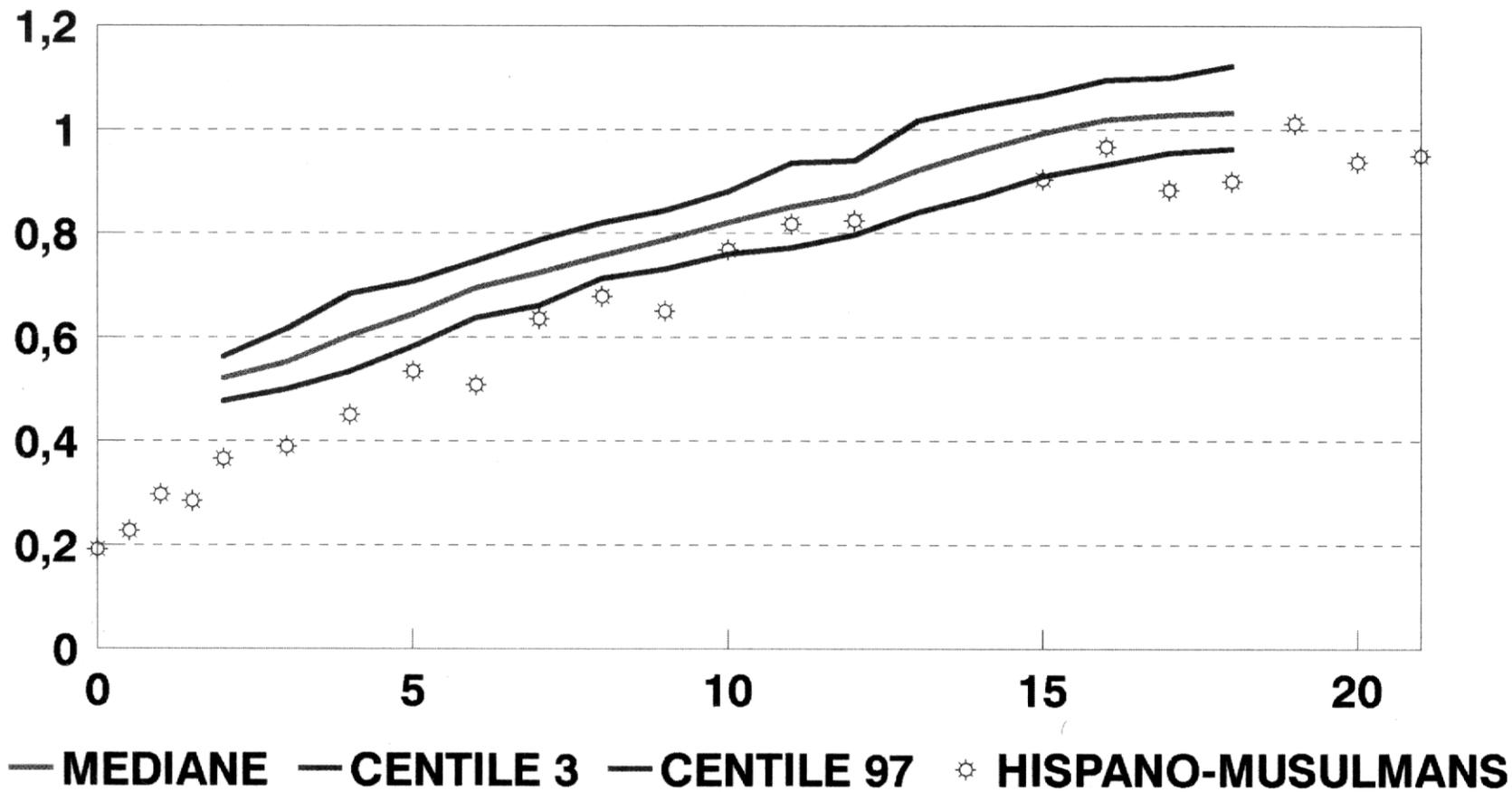


GRAPHIQUE 4

# COMPARAISONS ENTRE POPULATIONS

## REFERENCE: COMUNIDAD DE MADRID (93)

### AGE CALCULE



GRAPHIQUE 5