

## Actualités scientifiques / Wetenschappelijke actualiteit

---

### Le sphénoïde : réflexion sur son importance dans le processus de l'évolution.

#### Résumé

Certains paléontologistes considèrent que le sphénoïde pourrait jouer un rôle majeur dans l'évolution humaine, en relation avec l'évolution de l'angle sphénoïdal.

Dans le but de clarifier les données relatives à cet os, nous avons synthétisé les principales caractéristiques anatomiques du sphénoïde, et les événements majeurs de son développement.

Le sphénoïde correspond à cinq os crâniens secondairement fusionnés. Son développement est très complexe, et requiert des signaux inducteurs en provenance de tissus locaux, en particulier l'encéphale. Durant la période fœtale, l'angle s'ouvre progressivement. S'il est plus ouvert chez les hominidés que chez les autres primates, les hominidés ne semblent pas obéir à la tendance à la fermeture progressive de cet angle. Ces données ne soutiennent pas l'hypothèse que l'évolution du sphénoïde représente le moteur essentiel de l'évolution humaine.

**Mots-clés :** évolution humaine, sphénoïde, développement, angle sphénoïdal

#### Abstract

*Some palaeontologists consider that the sphenoid bone could play an important role in human evolution, considering changes of the cranial base angle.*

*In order to clarify the facts relative to this cranial bone, we review the main anatomical characteristics of the sphenoid, and the essential events of its development.*

*The sphenoid corresponds to five cranial bones secondarily fused. Its development is very complex, and requires inductive signals from local tissues, including the brainstem. During fetal period, the cranial base angle opens progressively. If this angle is more closed in the hominids than in other primates, hominids do not obey to the trend for basicranial progressive flexion. These data do not support the hypothesis that sphenoid evolution could be the motor of human phylogeny.*

**Keywords:** human evolution, sphenoid, development, cranial base angle

## 1. INTRODUCTION

Os assez complexe, situé à la charnière de l'orbite, du massif facial, de la voûte et de la base du crâne, de nature essentiellement composite, cet os véhicule à l'heure actuelle une série d'hypothèses non fondées, qui tendent à lui conférer un rôle prédominant dans l'évolution humaine, sous l'influence de contraintes « internes » mal définies (Dambricourt-Malassé, 1988, 1996, Chaline *et al.*, 1998).

Suite à une actualité récente dans les médias de vulgarisation scientifique (émission diffusée le 29/10/2005 sur la chaîne *Arte*, intitulée « *Homo Sapiens : une nouvelle histoire de l'homme* », basée exclusivement sur les thèses finalistes d'Anne Dambricourt-Malassé, et suivie de multiples controverses dans *Le Monde*, *Libération*, *Science et Vie* et *Espace de Libertés*) (Pour une synthèse : voir Langaney, 2006),

nous nous proposons dans les lignes qui suivent de dégager les faits principaux qui caractérisent cet os, des points de vue de l'anatomie humaine, du développement embryonnaire et de l'évolution des vertébrés, aux fins de définir les frontières qui séparent les connaissances avérées des hypothèses non fondées.

## 2. GÉNÉRALITÉS ANATOMIQUES

Le sphénoïde est un os dont l'essentiel se situe « à l'intérieur » du crâne. Sa contribution à la voûte est très limitée, et sa composante liée à la base exocrânienne est partiellement masquée par l'ancrage du massif facial.

Il est composé de plusieurs parties, qui, comme nous le verrons, correspondent à des ébauches embryonnaires différentes, et s'identifient à des os « isolés » chez les vertébrés non mammaliens.

La vue endocrânienne (Fig. 1) permet de distinguer le corps du sphénoïde, qui accueille la selle turcique ou loge pituitaire, qui reçoit l'hypophyse. Le corps s'unit postérieurement à l'os occipital par une synchondrose (union cartilagineuse), qui se soude dans un intervalle compris entre 13 et 20 ans (Meneses *et al.*, 1994, Scheuer et Black, 2000) (Fig. 2). C'est une zone de croissance de la base chez l'enfant.

Latéralement se situent les grandes ailes, qui s'étendent jusqu'à la partie latérale de la voûte, et les petites ailes. Ensemble, elles limitent la fissure orbitaire supérieure, ou fente sphénoïdale, voie de communication vers l'orbite.

Sur le versant exocrânien, à la base du crâne, s'étendent les processus ou apophyses ptérygoïde (Fig. 3), qui délimitent les choanes, communications des fosses nasales avec le pharynx (Rouvière, 1997).

### 3. DÉVELOPPEMENT EMBRYONNAIRE

Traditionnellement, le sphénoïde apparaît au sein d'une plaque de mésenchyme dite « basilaire », apparaissant à la fois dans le ter-

ritoire « chordal » et dans la zone « préchordale », plus antérieure. Au sein de cette nappe de mésenchyme vont apparaître de multiples ébauches enchondrales ou membraneuses, qui vont chacune s'ossifier selon une chronologie propre.

Ainsi, le corps du sphénoïde est-il lui même une structure composite, formée de noyaux d'ossification dits basi-présphénoïdes (en général deux) et basi-postsphénoïdes (en général quatre), séparés jusque la naissance par une synchondrose, dont la fermeture précoce détermine la crête synostotique, laquelle marque la partie antérieure de la selle turcique. Ces noyaux se développent au sein du « cartilage hypophysaire », appelé ainsi car il se développe au contact de l'hypophyse, et est par ailleurs induit par celle-ci (Fig. 4). La partie « basi-présphénoïde » est étroitement liée au squelette dit « trabéculaire », qui comprend aussi l'ethmoïde.

Latéralement, les grandes et petites ailes ont leurs noyaux d'ossification propres, tandis que chaque composante des apophyses ptérygoïdes (aile interne et aile externe) s'ossifie aussi séparément.

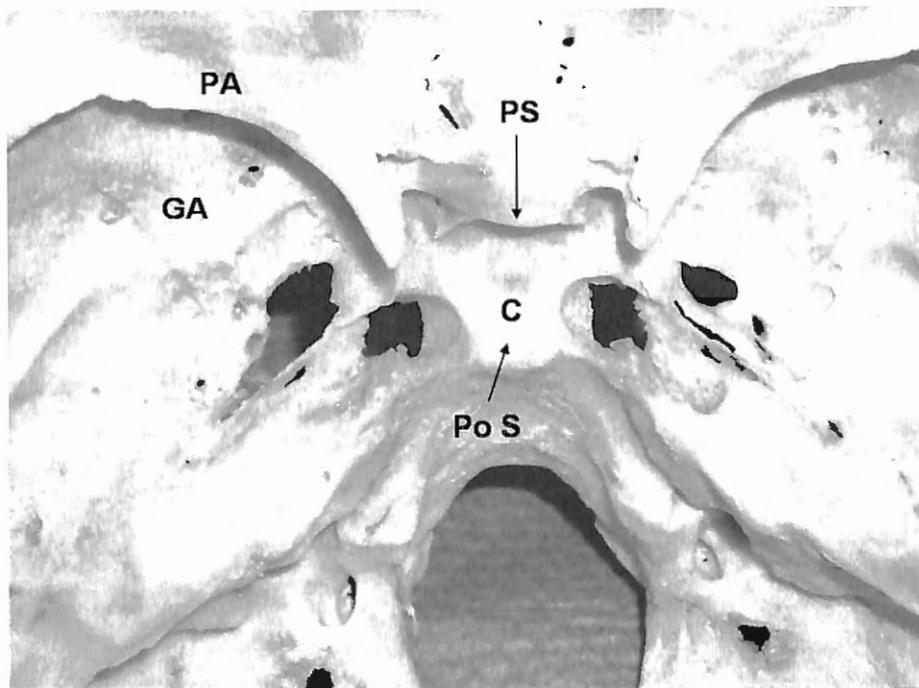


Fig. 1 — Vue endocrânienne d'un sphénoïde humain actuel. C : corps, PA : petite aile, GA : grande aile, PS : région basi-présphénoïde, PoS : région basi-postsphénoïde.

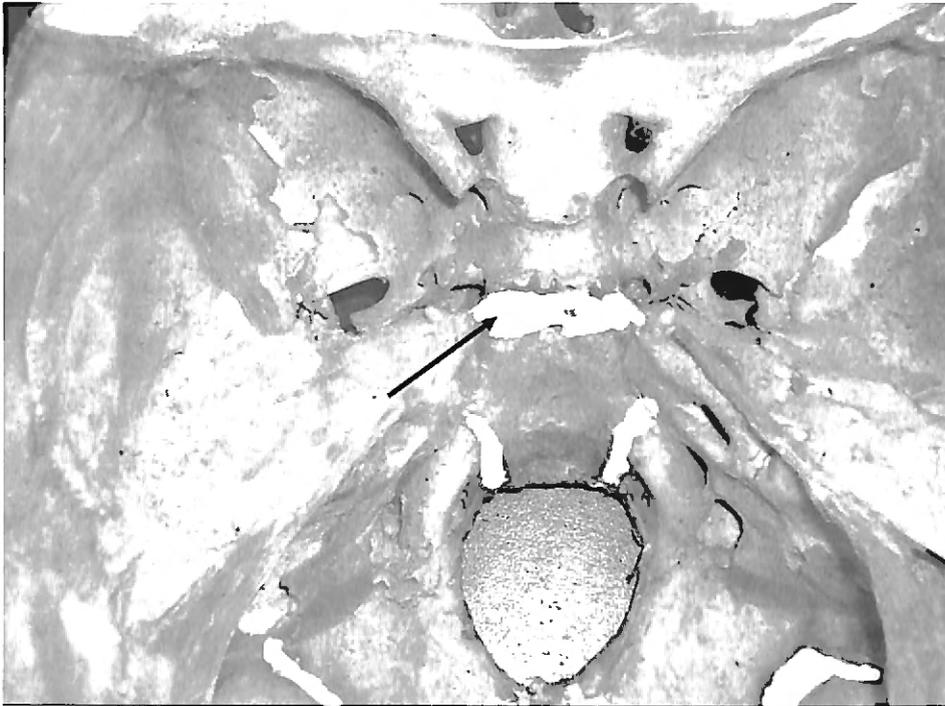


Fig. 2 — Vue endocrânienne d'un nouveau-né. Les synchondroses apparaissent en traits clairs. On distingue bien la synchondrose sphéno-occipitale.



Fig. 3 — Vue exocrânienne d'un crâne humain actuel. Les apophyses ptérygoïdes (flèches) se distinguent. Chacune est formée d'une aile interne et d'une aile externe. L'aile interne se poursuit par un crochet destiné à définir une incurvation dans le trajet du muscle tenseur du voile du palais.

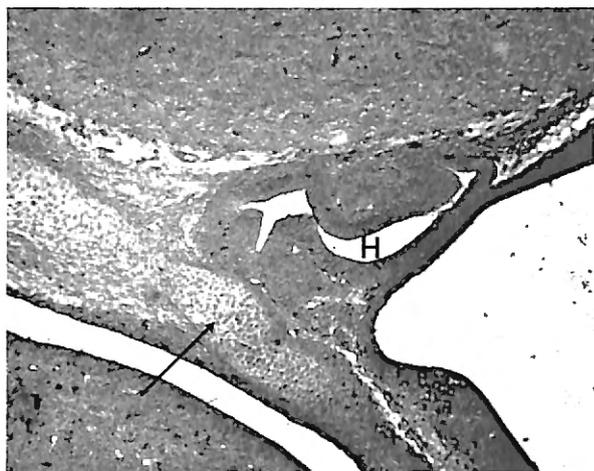


Fig. 4 — Coupe sagittale de la tête d'un embryon de souris de 13 jours. Le cartilage « hypophysaire » apparaît (flèche) sous l'influence inductrice de l'hypophyse (H).

Le développement du sphénoïde est soumis à l'influence inductrice de l'hypophyse, de l'extrémité antérieure de la notochorde, du rhombencéphale et du diencéphale (Schowing, 1961, 1968). L'étude de souches de souris où certains gènes ont été invalidés (*knock-out*) démontre le rôle des gènes *Otx*, *Gooseoid*, *MHox*, *Dlx-1* et *2* (Catala, 2003) dans la signalisation du développement du sphénoïde. Ces gènes contrôlent par ailleurs l'ontogenèse de multiples autres ébauches céphaliques (oreilles, dents, encéphale, arcs viscéraux...).

Le sphénoïde dérive partiellement du mésoblaste céphalique et des cellules des crêtes neurales.

La majorité du sphénoïde s'ossifie selon le mode enchondral. Cependant, la partie la plus latérale de la grande aile, qui fera partie de la voûte, s'ossifie selon le mode intramembraneux ou dermique. Il en est de même pour l'aile interne du processus ptérygoïde (équivalent au ptérygoïde des reptiles ; Fig. 5). Seule son extrémité (le « crochet » ou *hamulus*) a une origine cartilagineuse.

Un certain nombre de variantes dans la chronologie et dans le nombre de noyaux sont connues (Kjaer, 1990, Scheuer & Black, 2000).

En vue sagittale, la région de la selle turcique se caractérise par un « angle », entre la partie horizontale du corps du sphénoïde

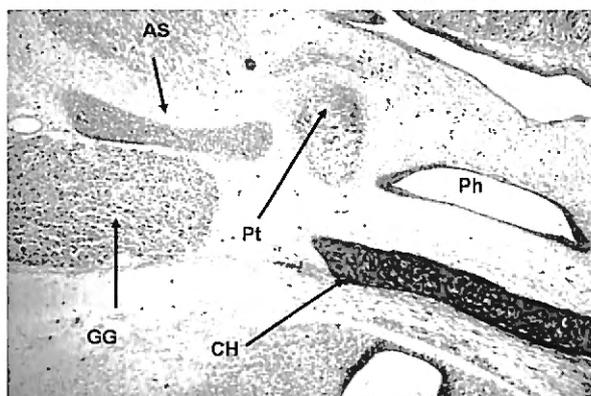


Fig. 5 — Coupe transversale de la tête d'un embryon de souris de 15 jours. On distingue les ébauches séparées du cartilage hypophysaire (CH), du ptérygoïde (Pt) qui s'ossifie de manière dermique, (contourné par les fibres du muscle tenseur du voile du palais), et de l'ali-sphénoïde enchondral (AS), induit par le ganglion de Gasser du nerf trijumeau (GG). Ph : pharynx.

(le « jugum ») et sa partie oblique vers le bas et l'arrière (qui forme avec le corps de l'occipital le « clivus »). Il s'agit de l'« angle sphénoïdal » (*cranial base angle*) Cet angle peut être mesuré en utilisant des points crâniométriques (foramen caecum, point pituitaire, basion) (Jeffery, 2005) (Fig. 6). La moyenne de cet angle est d'environ 118° dans l'espèce humaine (Ross & Henneberg, 1995).

Sous l'influence de la loi biogénétique fondamentale, ou principe de la récapitulation de Haeckel, on a cru longtemps qu'à l'instar de ce qui était observé dans l'évolution des primates,

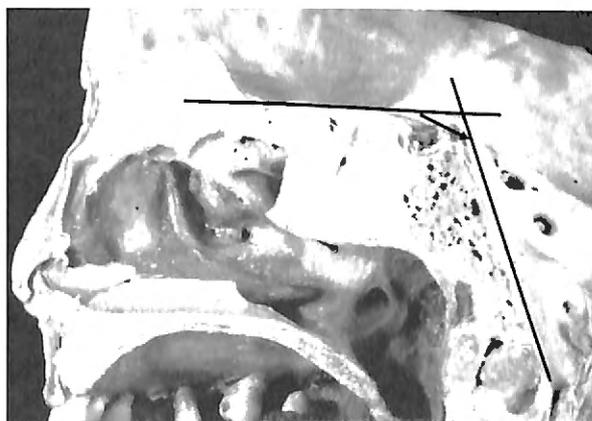


Fig. 6 — Définition de l'angle sphénoïdal sur un spécimen de coupe sagittale du crâne. La flèche désigne l'angle mesuré.

cet angle se refermait progressivement au cours de l'ontogenèse, offrant progressivement un plus grand espace à l'encéphale. On sait maintenant qu'il n'en est rien. Au contraire, durant la période fœtale, cet angle s'ouvre progressivement. Ce phénomène a pu être observé à la fois sur des spécimens post-mortem (Jeffery, 2005) et *in vivo*, grâce à l'ultrasonographie (Chansigaud *et al.*, 1992). Grâce à l'étude *in vivo*, on a pu démontrer de surcroît l'absence de dimorphisme sexuel, et la présence de multiples variations ethniques.

À l'aide de la dissection et d'un examen tomodensitométrique de six spécimens fœtaux conservés au Musée d'Anatomie de la Faculté de Médecine de l'ULB, nous avons

pu procéder à la mesure de l'angle CBA et confirmer les données précédentes. En effet, les mesures de nos spécimens étaient les suivantes : 11 semaines : 98°, 13 semaines : 114°, 13.5 semaines : 127°, 14 semaines : 128°, 15 semaines : 102°, 4 mois : 141°. Ce ne sont bien entendu que des mesures isolées (le matériel n'est certes pas abondant), mais la tendance générale, et l'existence de variations, se confirment (Fig. 7). Dans l'étude de Jeffery (2005), la déviation standard sur cet angle était de 5,1°.

Du reste, aucune corrélation entre l'augmentation du volume endocrânien et la fermeture de l'angle sphénoïdal n'a pu être observée chez les primates non humains (Jeffery, 2003).

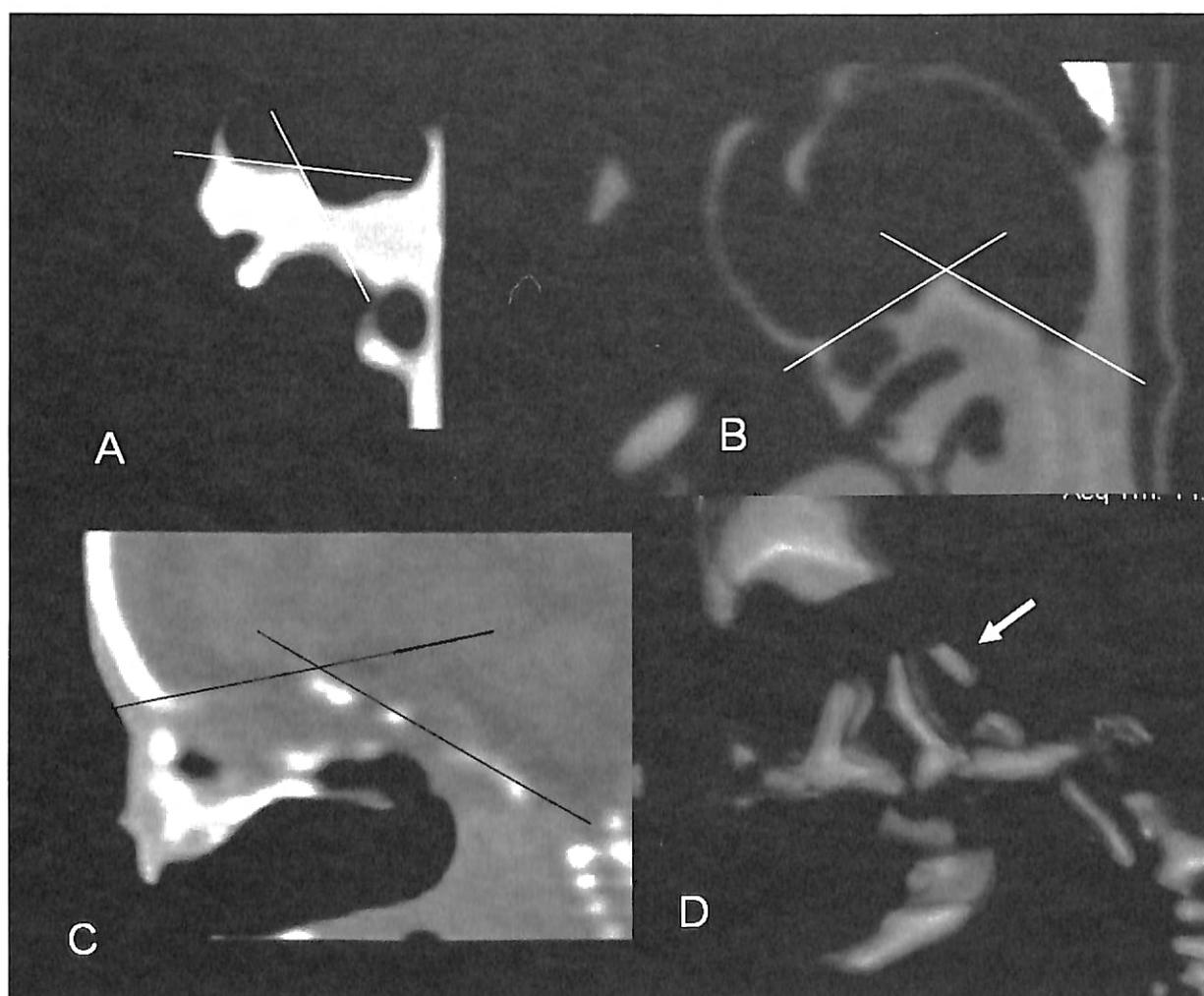


Fig. 7 — Mesure de l'angle sphénoïdal par tomodensitométrie sur des fœtus humains de 13 semaines (A), 14 semaines (B), et 4 mois (C). En D, reconstruction 3D démontrant bien le noyau d'ossification basi-post-sphénoïde (flèche).

#### 4. ASPECTS ÉVOLUTIFS

Le sphénoïde ne forme un os unique que chez le mammifère. Chez les autres vertébrés, ses différents constituants se retrouvent sous forme de pièces osseuses séparées (Fig. 8). La petite aile correspond à l'orbitosphénoïde, tandis que la grande aile (alisphénoïde) correspond à la partie inférieure de l'épiptérygoïde des synapsides. L'aile interne de l'apophyse ptérygoïde est l'os ptérygoïde lui-même (Vandebroek, 1969). Il convient également d'y rattacher le « parasphénoïde », correspondant, chez le mammifère à la partie la plus rostrale (« présphénoïde ») de cet os.

La charnière sphéno-occipitale, dont on a vu qu'elle persiste jusqu'à l'adolescence chez l'homme, correspond à une véritable articulation chez le coelacanthe *Latimeria chalumnae* (Forey, 1988). La partie rostrale du complexe, ethmo-sphénoïdale, peut se fléchir à 15° par rapport à la partie otico-occipitale. Cette transition marque véritablement la charnière entre le crâne chordal et le crâne préchordal, ou trabéculaire.

Chez les mammifères, on sait que les primates se caractérisent par une fermeture plus grande de l'angle sphénoïdal (Piveteau, 1983 ; Heim, 1988). Il est dès lors tentant de mesurer cet angle et d'en comparer les valeurs chez les divers hominidés et hominiens, en comparaison des primates hominoïdes. Si ce type d'étude confirme que la flexion est plus avancée chez les hominidés et le genre *Homo* que chez le gorille, le chimpanzé et l'orang-outan, il ne démontre pas de différence nette au sein même des hominidés. Les hommes « modernes » ne semblent pas obéir à l'équation qui lie l'évolution du volume endocrânien à la flexion marquée du sphénoïde (Ross & Ravosa, 1993 ; Ross & Henneberg, 1995). Au contraire, seule la variabilité de cet angle chez les hominidés semble être liée à l'augmentation du volume endocrânien (Ross *et al.*, 2004). De plus, la valeur de l'angle sphénoïdal n'est pas liée statistiquement à la largeur et à la longueur de la base du crâne ; toutes s'avèrent constituer des variables indépendantes (Liebermann *et al.*, 2000). Enfin, il est bien établi que la position initiale des ébauches précartilagineuses des plaques chordale et préchordale chez l'embryon est tributaire du

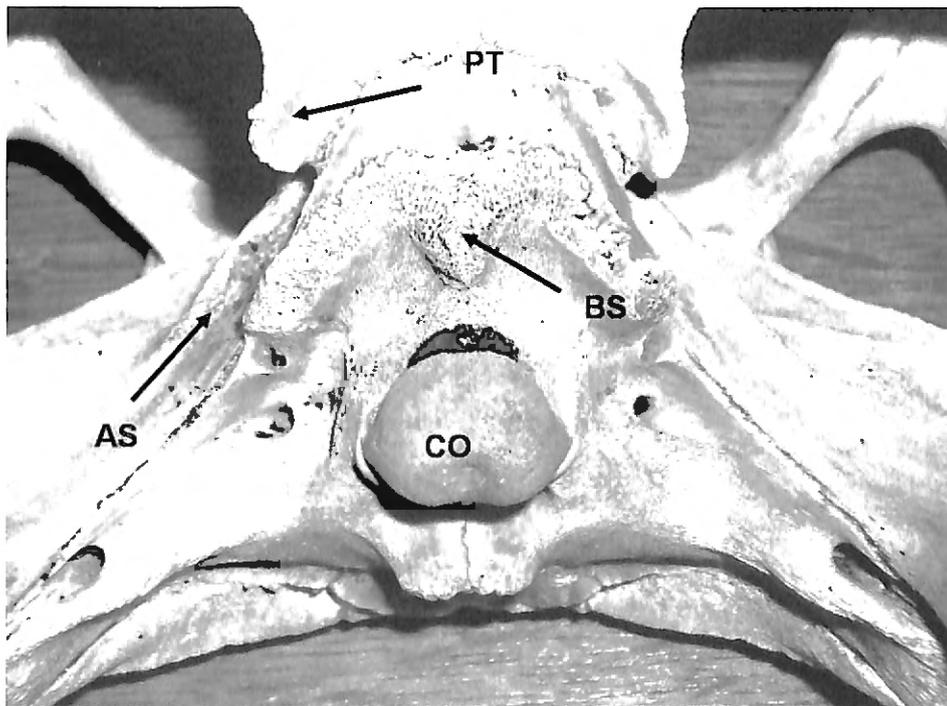


Fig. 8 — Crâne d'un archosaure (Alligator), vue postérieure. On distingue de manière séparée les basi-et parasphénoïdes (BS), l'ali-sphénoïde (AS) et le ptérygoïde (P). CO : condyle occipital.

processus de modelage et de courbure du tube neural primitif, à la fin du premier mois et au début du deuxième. Il en va ainsi de leur angulation initiale. Mais il est tout aussi clair que ces processus extrêmement précoces du développement ne peuvent nullement être déduits des vestiges fossiles des hominidés, même au stade foetal. Tout argument qui exploiterait des données de ce type (Dambricourt-Malassé, 1988) ne pourrait relever que de la pure conjecture, qu'aucune observation ne pourrait étayer. On en est donc réduit à comparer les processus ontogénétiques humains avec ceux des autres primates actuels. Mais nous venons de voir que l'augmentation du volume cérébral constaté au cours de l'hominisation relevait d'un autre processus que la modification des angles de la base du crâne. De surcroît, la bipédie permanente est source de contraintes biomécaniques qui, sans nul doute, doivent affecter la base du crâne en lui imposant des paramètres nouveaux, lesquels se traduisent par une ontogenèse spécifique.

## 5. CONCLUSION

La complexité du sphénoïde semble mal s'accommoder du rôle excessif qu'on lui prête dans l'évolution humaine. Nous avons vu que sa morphologie était la conséquence d'une évolution vers une certaine simplification, et d'un développement embryonnaire assez complexe, très liés à son environnement neural, et placé sous le contrôle de gènes impliqués dans pas mal d'autres phénomènes morphogénétiques. L'évolution procède par modifications successives des programmes ontogénétiques (Louryan, 1995), et, en l'absence de données probantes quant à l'ontogenèse d'espèces disparues, il est vain et peu rationnel de tenter de fonder des hypothèses à arrière-fond téléologique qui masquent en réalité le manque d'informations réelles.

Il ne fait aucun doute de surcroît que des contraintes biomécaniques, post-natales, et vraisemblablement liées à la bipédie, contribuent à modeler cet os. D'autre part, nous avons vu que

le comportement anténatal de l'angle sphénoïdal ne reproduisait en rien sa courbe supposée au cours de la phylogenèse, qui du reste ne se confirme pas au cours de l'évolution propre du genre *Homo*.

Du reste, la compréhension des phénomènes évolutifs doit tenir compte de divers modes d'explication complémentaires et non exclusifs, qu'ils soient de type mécaniste, darwinien ou physique non causal, sans quoi le risque serait grand de sombrer dans la « pensée unique en biologie » (Morange, 2005).

L'ensemble de ces considérations nous semble suffisantes pour contester toute théorie de surcroît non démontrée qui voudrait assigner à cet os le rôle moteur du processus d'hominisation.

## Remerciements

Les auteurs remercient la société SIEMENS qui, en faisant don d'une installation de tomодensitométrie à la Faculté de Médecine de l'ULB, a permis la réalisation des investigations sur le matériel du Laboratoire d'Anatomie et Embryologie et de son Musée. Ils remercient également le Dr E. Gilissen pour ses conseils précieux.

## Bibliographie

- CATALA M., 2003. Développement embryonnaire du sphénoïde. *Journal of Neuroradiology.*, 30 : 196-200.
- CHALINE J., DAVID B., MAGNIEZ-JANNIN F., DAMBRICOURT-MALASSÉ A., MARCHAND D., COURANT F. & MILLET J.-J., 1998. Quantification de l'évolution morphologique du crâne des Hominidés et hétérochronies. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences de Paris, série 2, Sciences de la terre et des planètes*, 4 : 291-298.
- CHANSIGAUD J.-P., RICHER J.-P., SCEPI M., MONTAZ L., LAUDE M. & KAMINA P., 1992. Évolution in utero de l'angle sphénoïdal : étude anatomo-échographique complémentaire. In : *CR deuxièmes rencontres*

- d'Anatomie et Imagerie*, 13 et 14/2 1992, Lille : 35.
- DAMBRICOURT-MALASSÉ A., 1988. Hominisation et foetalisation (Bolk, 1926). *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 307, série II : 199-204.
- DAMBRICOURT-MALASSÉ A., 1996. Nouveau regard sur l'origine de l'homme. *La Recherche*, 226 : 46-54.
- FOREY P. L., 1988. Golden jubilee for the coelacanth *Latimeria chalumnae*. *Nature*, 336 : 727-732.
- HEIM J.-L., 1988. *De l'animal à l'homme*. Paris, Le Rocher, 125 p.
- JEFFERY N., 2003. Brain expansion and comparative prenatal ontogeny of the non-hominoid primate cranial base. *Journal of Human Evolution*, 45 : 263-284.
- JEFFERY N., 2005. Cranial base angulation and growth of the human fetal pharynx. *The anatomical record part A*, 284A : 491-499.
- KJAER I., 1990. Ossification of the human fetal basicranium. *Journal of Craniofacial Genetics and developmental Biology*, 10 : 29-38.
- LANGANEY A., 2006. Ni dieux ni maîtres dans l'histoire de la vie. *Espace de Libertés*, 340 : 4-5.
- LIEBERMANN D. E., PEARSON O. M. & MOWBRAY K. M., 2000. Basicranial influence on overall cranial shape. *Journal of Human Evolution*, 28 : 291-315.
- LOURYAN S., 1995. Ontogenèse et hominisation : le point de vue de l'embryologiste. *Anthropologie et Préhistoire*, 106 : 33-36.
- MENESES M., LAUDE M. & CASERO L. G., 1994. L'âge de la fermeture de la jonction sphéno-occipitale du clivus. Détermination par IRM. *Bulletin de l'Association des Anatomistes*, 78 : 27-29.
- MORANGE M., 2005. *Les secrets du vivant. Contre la pensée unique en biologie*. Paris, La Découverte, 221 p.
- PIVETEAU J., 1983. *Origine et destinée de l'homme*. 2<sup>ème</sup> édition. Paris, Masson, 174 p.
- ROSS C. F. & RAVOSA M. J., 1993. Basicranial flexion, relative brain size and facial kyphosis in nonhuman primates. *American Journal of Physical Anthropology*, 91 : 305-324.
- ROSS C. & HENNEBERG M., 1995. Basicranial flexion, relative brain size, and facial kyphosis in *Homo Sapiens* and some fossil hominids. *American Journal of Physical Anthropology*, 98 : 575-593.
- ROSS C. F., HENNEBERG M., RAVOSA M. J. & RICHARD S., 2004. Curvilinear, geometric and phylogenetic modeling of basicranial flexion: is it adaptive, is it constrained? *Journal of Human Evolution*, 46: 185-213.
- ROUVIÈRE H., 1997. *Anatomie humaine. Tome 1 : tête et cou*. 14<sup>ème</sup> édition. Paris, Masson, 608 p.
- SCHEUER L. & BLACK S., 2000. *Developmental juvenile osteology*. San Diego, Academic Press, 587 p.
- SCHOWING J., 1961. Influence inductrice de l'encéphale et de la corde sur la morphogénèse du squelette crânien chez l'embryon de poulet. *Journal of Embryology and Experimental Morphology*, 9: 326-334.
- SCHOWING J., 1968. Influence inductrice de l'encéphale embryonnaire sur le développement du crâne chez le poulet. II. Influence de l'excision de la corde et des territoires encéphaliques moyen et postérieur sur le développement crânien. *Journal of Embryology and Experimental Morphology*, 19 : 23-32.
- VANDEBROEK G., 1969. *Évolution des vertébrés*. Paris, Masson, 583 p.

Adresse des auteurs :

Stéphane LOURYAN  
 Nathalie VANMUYLDER  
 Laboratoire d'Anatomie et Embryologie  
 Université Libre de Bruxelles, Faculté de Médecine  
 Route de Lennik, 808, C. P. 619  
 B-1070 BRUXELLES (Belgique)  
 Slouryan@ulb.ac.be