



# BULLETIN DE L'INSTITUT FRANÇAIS D'ARCHÉOLOGIE ORIENTALE

en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne en ligne

BIFAO 99 (2000), p. 299-305

Bertrand Ludes, Éric Crubézy, Béatrix Midant-Reynes

La décomposition des tissus cérébraux humains en milieu désertique. Le cas d'Adaïma.

#### Conditions d'utilisation

L'utilisation du contenu de ce site est limitée à un usage personnel et non commercial. Toute autre utilisation du site et de son contenu est soumise à une autorisation préalable de l'éditeur (contact AT ifao.egnet.net). Le copyright est conservé par l'éditeur (Ifao).

#### Conditions of Use

You may use content in this website only for your personal, noncommercial use. Any further use of this website and its content is forbidden, unless you have obtained prior permission from the publisher (contact AT ifao.egnet.net). The copyright is retained by the publisher (Ifao).

#### Dernières publications

9782724708318 *Annales islamologiques 54*  
9782724708028 *Gaston Wiet et les arts de l'Islam*  
9782724708059 *Les papyrus de la mer Rouge II*  
9782724707779 *Adaïma IV*  
9782724707885 *Wa??'iq mu?a??a??t al-?aramayn al-šar?fayn  
bi-si?ill?t al-D?w?n al-??l?*  
9782724708288 *BIFAO 121*  
9782724708424 *Bulletin archéologique des Écoles françaises à  
l'étranger (BAEFE)*  
9782724707878 *Questionner le sphinx*

Edmund Hayes (éd.), Eline Scheerlinck (éd.)  
Carine Juvin (éd.)  
Pierre Tallet  
Mathilde Minotti  
Jehan Omran

Philippe Collombert (éd.), Laurent Coulon (éd.), Ivan Guerneur  
(éd.), Christophe Thiers (éd.)

# La décomposition des tissus cérébraux humains en milieu désertique. Le cas d'Adaïma

*Bertrand LUDES, Éric CRUBÉZY, Béatrix MIDANT-REYNES*

**D**EPUIS une vingtaine d'années, les archéologues qui fouillent des tombes et les anthropobiologistes qui étudient les squelettes ont montré (Crubézy, 1992 ; 1998) que la fouille des ensembles funéraires fournit des informations dans trois domaines, qu'il convient de bien distinguer.

- Le premier domaine est celui du monde des morts. Cela signifie que ce qui va être mis au jour dans le domaine funéraire, va avant tout informer sur la façon dont étaient inhumés les cadavres (les pratiques funéraires) et sur la façon dont fonctionnaient et étaient organisés les ensembles sépulcraux. Il faut toutefois noter que les faits observés dans les tombes relèvent de plusieurs facteurs qui peuvent être divisés en deux grandes catégories. Ceux dus à une action anthropique, en relation directe avec l'inhumation et les pratiques funéraires et ceux postérieurs, en relation avec l'évolution du cadavre, du squelette et de son environnement. Cette dernière catégorie prend le nom de taphonomie. Elle correspond à l'ensemble des processus qui régissent la conservation ou la destruction des restes d'organismes vivants (Duday, Sellier, 1990). Ces processus résultent de l'intervention des agents naturels (érosion, concrétions, altérations physico-chimiques, activités des micro-organismes et des animaux fouisseurs, etc), et des interventions humaines ultérieures (pillages, remaniements).
- Le second domaine est celui du monde des vivants. Des données tirées des squelettes peuvent renseigner sur la biologie des populations inhumées, qu'il s'agisse de leur morphologie, de leurs pathologies, voire de certaines de leurs habitudes et/ou coutumes ou de pratiques médicales.
- Le troisième domaine est celui de l'évolution des populations. L'étude des restes squelettiques va permettre de mieux connaître l'histoire du peuplement et la façon dont la morphologie et le patrimoine génétique ont évolué.

B. Ludes, Institut de médecine légale de Strasbourg, UMR 8555 du CNRS. Centre d'anthropologie. Toulouse.

É. Crubézy, université Paul Sabatier, UMR 8555 du CNRS. Centre d'anthropologie. Toulouse.

B. Midant-Reynes, UMR 8555 du CNRS. Centre d'anthropologie. Toulouse.

À côté de ces éclaircissements méthodologiques, une véritable révolution a eu lieu ces dernières années (Crubézy, Ludes, 1995) avec la possibilité d'étudier, à partir des marqueurs directement tirés de l'ADN, les populations du passé. Il s'agit d'une révolution technologique mais aussi structurelle dans la mesure où les données génétiques nous permettront de répondre de mieux en mieux à des questions d'ordre historique et/ou ethnologique (Ludes, Crubézy, 1998). Sur le plan pratique, ces nouvelles méthodologies ont été l'occasion de rapprocher les équipes et les laboratoires, notamment ceux d'anthropologie et de médecine légale. À travers le monde, les recherches se sont multipliées dans le cadre de l'étude de l'ADN tiré des restes anciens et toujours plus d'équipes recherchent les lieux où les conditions d'environnement auraient été particulièrement favorables à la préservation de cet ADN. Il apparaît de plus en plus que les environnements stables, ceux où les variations climatiques ont été minimales, font partie de ceux-là (Fily *et al.*, 1998). *A priori*, les restes de l'Égypte ancienne sont particulièrement intéressants puisque très souvent le fouilleur met au jour des restes momifiés, souvent naturellement. Toutefois, l'expérience montre, notamment à Adaïma (Goulet *et al.*, à paraître), que la chaleur a pu entraîner des phénomènes de « cuisson » de l'os et que – à l'exception de restes de mycobactéries particulièrement bien protégées (Crubézy *et al.*, 1998) –, la conservation de l'ADN ancien n'est pas aussi bonne que nous aurions pu l'espérer. Nous nous sommes donc intéressés, non plus à l'os, mais aux restes de matières cérébrales desséchés assez souvent retrouvés en milieu désertique (Dunand, Lichtenberg, 1993) et souvent considérées, *a priori*, comme du « cerveau séché ».

Une étude en laboratoire s'imposait donc, elle fut précédée d'une étude sur le terrain afin de préciser la nature exacte de ces restes. En 1998, la découverte d'un secteur de tombes intactes, s'est particulièrement prêté à ces observations.

### **Généralités sur la décomposition des tissus cérébraux en milieu désertique**

Chaque région écologique induit ses propres variations dans les phases de décomposition d'un cadavre, et, pour estimer l'intervalle de temps écoulé depuis le décès, il convient de connaître les conditions climatiques locales. Ainsi, il est intéressant de pouvoir étudier des corps découverts dans des milieux différents et présentant des stades de putréfaction différents.

D'une façon générale, dans les déserts chauds (Galloway *et al.*, 1989; Galloway, 1997), la décomposition initiale est rapide, car induite par des températures élevées; toutefois, la faible humidité peut entraîner une conservation de certains tissus par un phénomène de momification par dessiccation. La décomposition des tissus est liée, d'une part à l'autolyse des tissus et à l'activité bactérienne, et d'autre part à l'action des insectes nécrophages qui modifient la vitesse de dégradation du corps. Dans ces régions désertiques, la première phase de décomposition est suivie par une déshydratation des surfaces externes du corps, principalement la peau qui prend un aspect parcheminé puis semblable à celui du cuir. Les tissus plus internes, qui gardent plus

d'humidité, poursuivent leur dégradation par autolyse et lyse bactérienne. La déshydratation des tissus profonds est ralentie par les téguments épaissis, tannés tel le cuir ; la putréfaction, accélérée par la température élevée, les transforme alors en une pâte visqueuse, brunâtre, adhérente au squelette. Les différentes escouades d'insectes nécrophages colonisent très rapidement le corps en pondant d'abondants chapelets d'œufs notamment au niveau des orifices naturels découverts tels que paupières et globes oculaires, fosses nasales, bouche, conduits auditifs et d'éventuelles lésions ou plaies. Les larves de ces insectes participent activement à la dégradation du corps en perforant la surface cutanée, ce qui active la putréfaction en faisant communiquer des cavités closes avec le milieu extérieur.

La décomposition du cerveau conduit tout d'abord, par des phénomènes essentiellement autolytiques, à une liquéfaction des tissus qui prennent ensuite une coloration verdâtre puis grisâtre sous l'action des bactéries anaérobies et ensuite aérobies. Les méninges restent en place durant les premières semaines ou mois de ce processus. La putréfaction du cerveau s'accélère lors de la mise en communication de la boîte crânienne avec le milieu extérieur par la fente sphénoïdale au niveau de l'œil, lors du développement des larves d'insectes. Le dégagement, au moins partiel, du *foramen magnum* en raison de la disparition d'une partie des attaches vertébrales permet l'écoulement de matières cérébrales et parfois la pénétration d'insectes de plus grande taille, comme les coléoptères, dont les bousiers.

### **Matériel et méthodes**

En 1998, à Adaïma (Haute-Égypte), nous avons fouillé et étudié des squelettes datant de 2900 ans av. J.-C., notamment des crânes d'enfants, pour essayer de retrouver des restes organiques. Dans l'environnement étudié, la disparition tissulaire est remplacée, quasiment au fur et à mesure (Crubézy *et al.*, 1992), par le sable qui recouvre le corps et qui participe à l'assèchement des tissus et donc au ralentissement des phénomènes de putréfaction. Il devait être aussi entraîné dans les cavités naturelles par l'activité des larves d'insectes et par les coléoptères. Le sable pénètre aussi à l'intérieur de la boîte crânienne, notamment par toutes les cavités de l'orbite.

#### PROCÉDURE GÉNÉRALE

Les restes humains se présentent sous la forme de squelettes enfouis dans le sable à une profondeur de 50 cm. Différents crânes d'enfants ont été dégagés du sable au pinceau laissant apparaître des voûtes blanchies avec parfois des restes de cheveux ou de nattes mais sans restes tissulaires proprement dits.

À ce stade, les observations ont porté sur les cavités orbitaires et la fente sphénoïdale (orbite). Les observations se sont ensuite tournées vers le crâne lors de son prélèvement. Lors de cette phase, le sable emplissant la boîte crânienne est retiré par gravité par le *foramen*

*magnum*. Des restes de tissus brunâtres, de quelques mm<sup>3</sup> à quelques cm<sup>3</sup>, secs et très friables, semblables à des feuilles de tabac avec, dans certains cas, persistance de leurs nervures, évoquent plus des restes de méninges que de la matière cérébrale proprement dite. Ces tissus ont été prélevés et font l'objet d'analyses génétiques.

La non-synostose des os de la voûte permet facilement l'examen de leur face endocrânienne. En fait, une fois le sable retiré, il a été observé des paillettes de couleur brun-rougeâtre le long des sinus veineux notamment au niveau du sinus latéral, du sinus de Brechet et du sinus caverneux. Ces paillettes sont aussi retrouvées sur les bords de la fente sphénoïdale sur sa face exocrânienne. À la loupe binoculaire 10-20x, ces paillettes reposent sur l'os et peuvent s'en détacher facilement par grattage doux ou par des coups de pinceau trop appliqués. Lors des prochaines campagnes de fouilles, elles seront prélevées par écouvillonnage humide puis soumises aux analyses génétiques.

## OBSERVATIONS

Tombe S 499 : les paillettes sont retrouvées au niveau de la partie frontale du sinus longitudinal supérieur et au niveau du toit des deux orbites. Aucun tissu intracrânien n'a été retrouvé.

Tombe S 500 : le sujet repose sur le côté droit, les paillettes sont retrouvées au niveau de la partie temporo-pariétale du sinus longitudinal inférieur droit. Le crâne a pu être prélevé intact sans dissociation des os de la voûte et de la base. Des tissus intracrâniens sont présents sous forme d'une poudre à gros grains (0,3 - 0,5 cm<sup>3</sup>).

Tombe S 505 : les paillettes sont retrouvées sur l'os sphénoïde autour de la selle turque et au niveau des sinus caverneux (figure). Aucun tissu intracrânien n'a été retrouvé.

Tombe S 506 : la tête, initialement sur le côté gauche, s'était effondrée vers l'avant dans le thorax. Des cheveux étaient encore présents sur la calotte crânienne. Les paillettes sont retrouvées au niveau du toit des orbites droite et gauche ainsi que des faces endo et exocrâniennes et des fentes sphénoïdales. Il n'a pas été retrouvé de tissus intracrâniens mais une collerette jaunâtre de 0,5 cm d'épaisseur a été observée autour du trou occipital, sans paillettes, probablement en rapport avec les liquides de décomposition qui ont séché à cet endroit. Dans ce cas la différence entre la coloration particulière de l'os et les paillettes a pu être clairement établie macroscopiquement et confirmée par l'observation à la loupe binoculaire.



Tombe 505. Base du crâne fracturée, l'extrémité du scapel indique l'emplacement des paillettes sur l'os sphénoïde au niveau d'un sinus caverneux.

Tombe S 507 : les paillettes rouges sont présentes le long du sinus longitudinal supérieur, au niveau de l'espace décollable de G. Marchand et sur la face médiale de la partie squameuse du temporal.

Tombe S 508 : deux perles ont été retrouvées à l'intérieur de la boîte crânienne. Ces perles, qui ornaient vraisemblablement un bandeau frontal, ont pénétré en intracrânien par l'effondrement du fond de la cavité orbitaire. Ce cheminement illustre les mouvements du sable dans la période *post mortem* où il progresse, au fur et à mesure que les tissus se décomposent et disparaissent, entraînant avec lui des objets tels que ces perles. Des paillettes ont uniquement été retrouvées sur le toit de l'orbite gauche.

Tombe S 501 : le sujet est couché sur le côté gauche. Il a été retrouvé des tissus fortement agglomérés, noirâtres, dans la cavité orbitaire gauche. Ils proviennent vraisemblablement de la dégradation de tissus musculo-aponévrotiques intra-orbitaires. Des tissus intracrâniens brun clair, qui évoquent des méninges séchées, sont retrouvés le long des parois pariéto-occipitales droites séparés d'elles par 0,5 mm de sable environ. Des paillettes sont repérées sur le rocher droit, sur l'aile du sphénoïde gauche, au niveau du sinus caverneux droit et au niveau de la partie squameuse du temporal droit.

### **Racémisation des acides aminés et analyses génétiques**

Préalablement aux analyses génétiques, quelques échantillons de tissus intracrâniens séchés (méninges) ont été soumis à des tests d'évaluation du taux de racémisation<sup>1</sup> des acides aminés pour apprécier la qualité de l'ADN dans ces tissus. Une corrélation entre le taux de racémisation d'un acide aminé, l'acide aspartique, et la conservation d'ADN (Poinar *et al.*, 1996) a en effet été décrit.

Des analyses génétiques ont ensuite été réalisées sur trois prélèvements (S74, S446, S506) de tissus méningés momifiés, à l'aide du kit d'amplification génétique *AmpFeSTR Profiler plus* (Perkin Elmer) qui permet l'amplification des neuf marqueurs microsatellites de l'ADN : D3S1358, D8S1179, vWA, D21S11, D5S818, D13S317, FGA, D7S820, D18S51 associés au locus de l'amélogénine. Cette procédure nouvelle semble particulièrement prometteuse (Hummel *et al.*, 1998).

**1** Les acides aminés présents chez les organismes vivants sont sous la forme lévogyre ; la forme dextrogyre apparaît progressivement à la mort de l'individu. En quantifiant chaque énantiomère d'un

acide aminé connu pour sa rapidité de racémisation, l'acide aspartique, il est possible d'évaluer la conservation de l'ADN résiduel. Plus le taux est faible, plus les probabilités sont importantes de retrouver

de l'ADN en quantité et qualité suffisantes pour permettre des analyses génétiques.

## Résultats

Les premiers tests de racémisation des acides aminés réalisés sur les échantillons ont montré des taux de racémisation d'environ 9 % pour l'acide aspartique. Ces résultats laissent supposer une mauvaise conservation de l'ADN de ces échantillons et donc une faible probabilité d'obtenir de l'ADN en quantité suffisante pour être amplifié par PCR. Toutefois, malgré cette faible conservation, nos premiers résultats d'amplification génique sont tout à fait prometteurs. Les résultats de l'amplification génique sont présentés dans le tableau ci-dessous, les chiffres correspondent aux allèles trouvés pour chaque marqueur étudié :

Locus	S74	S447	S506
Amelogénine	XY	XY	
D3S1358	14/18	14/15	
vWA	17/19	17/19	17
FGA		20	
D8S1179	8/15	8/15	15
D21S11	27	27/31.2	
D18S51			
D5S818	9	9/13	
D13S317		/12	
D7S820			

## Discussion

Les observations réalisées à Adaïma démontrent que lors de la décomposition, le sable envahit la boîte crânienne, notamment par les orifices de l'orbite et comprime des restes de tissus en voie de dégradation, notamment les méninges. Ces mouvements du sable sont attestés par la découverte de perles de collier dans les cavités orbitaires de squelettes. Il participe à leur déshydratation et par là même à leur préservation. Contrairement à d'autres sites plus récents, notamment d'époque romaine (Dunand, Lichtenberg, 1993), aucun reste important de cerveau n'a été découvert.

Les observations faites sur les crânes d'enfants de cette nécropole montrent les différences de décomposition des tissus en terrain très sec notamment au niveau de l'extrémité céphalique. En effet, il a été retrouvé des tissus orbitaires noirâtres, compacts en rapport avec des tissus musculo-aponévrotiques putréfiés et séchés se rapprochant de la décomposition des tissus cutanés et sous-cutanés et des tissus intracrâniens. Ces derniers sont de deux types, des tissus plutôt méningés, agglomérés et séchés ressemblant à des feuilles de tabac et des paillettes

rougeâtres adhérentes à l'os de façon lâche suivant les formations vasculaires. Il pourrait s'agir, en ce qui concerne ces paillettes, de restes de tissus sanguins séchés après putréfaction des parois vasculaires. Le sinus caverneux est la région où la présence de ces paillettes a été la plus notée.

L'intérêt de ces tissus intracérébraux réside dans la qualité de leur préservation. Malgré un taux assez important de racémisation des acides aminés, des analyses génétiques peuvent être réalisées. La poursuite de ces prélèvements et surtout des études à venir sur les restes de tissus sanguins séchés, devrait permettre très rapidement une approche à vaste échelle des marqueurs génétiques de cette partie de nécropole.

## Bibliographie

- É. CRUBÉZY, 1992. «De l'anthropologie physique à la paléo-ethnologie funéraire et à la paléo-biologie», *Archéo-Nil* 2, 7-19.
- É. CRUBÉZY, 1998. «Des pratiques mortuaires aux rites funéraires : Le difficile passage», dans *Croyances & rites en Rouergue des origines à l'an Mil*, éd. Musée du Rouergue 6, 51-62.
- É. CRUBÉZY, H. DUDAY, T. JANIN, 1992. «L'anthropologie de terrain : Le particularisme égyptien», *Archéo-Nil* 2, 21-36.
- É. CRUBÉZY, B. LUDES, J-D. POVÉDA, J. CLAYTON, B. CROUAUT, D. MONTAGNON, 1998. «Identification of Mycobacterium tuberculosis or bovis DNA in an Egyptian Pott's disease of 5400 years old», *Comptes rendus de l'académie des Sciences, sciences de la vie*, Paris, 321, 941-951.
- É. CRUBÉZY, B. LUDES, 1995. «L'ADN Ancien. Une révolution pour l'archéologie», *Archéologia* 318, 48-57.
- H.DUDAY, P. SELIER, 1990. «L'archéologie des gestes funéraires et la taphonomie», *Les Nouvelles de l'Archéologie* 40, 12-14.
- Fr. DUNAND, R. LICHTENBERG, 1993. *Les momies. Un voyage dans l'éternité*. Collection Découvertes Gallimard, Paris.
- M.-L. FILY, É. CRUBÉZY, P. COURTAUD, C. KEYSER, D. EBRARD, B. LUDES, 1998. «Analyse paléogénétique des sujets de la grotte sépulcrale d'Elzarreko Karbia (Bronze ancien, Pays Basques)», *Comptes rendus de l'académie des Sciences, sciences de la vie*, Paris, 321, 79-85.
- A. GALLOWAY, W.H. BIRKBY, A.M. JONES, T.E. HENRY, B.O. PARKS, 1989. «Decay Rates of Human Remains in an Arid Environment», *Journal of Forensic Sciences* 34/3, 607-616.
- A. GALLOWAY, 1997. «The Process of Decomposition : a Model from the Arizona-Sonoran Desert», in *Forensic Taphonomy, the postmortem fate of human remains*, W.D. Haglund, M. H. Sorg (ed.), CRC Press Inc.
- J. GOULET, B. LUDES, U. WAPLER, T. JANIN, É. CRUBÉZY, à paraître. «La préservation des ossements et leur représentation différentielle», dans É. CRUBÉZY, T. JANIN, B. MIDANT-REYNES, *El-Adaima II. La nécropole prédynastique FIFAO*, Le Caire.
- S. HUMMEL, T. SCHULTES, B. BRAMANTI, M. KAHLE, S. HAFFNER, B. HERRMANN, 1998. «Megaplex Typisierung an Skelettfunden», *Congrès des anthropologues de langue allemande*, Göttingen 28/9 -3/10/1998.
- B. LUDES, É. CRUBÉZY, 1998. «Application des techniques de biologie moléculaire à la criminalistique et à la paléoanthropologie», *Revue française des laboratoires*, 229, 39-45.
- H.N. POINAR, M. HOSS, J.L. BADA, S. PAABO, 1996. «Amino Acid Racemization and the Preservation of Ancient DNA», *Science* 272, 864-866.