

De la poussière aux comètes

Les comètes sont les reliques les plus intactes de la nébuleuse protosolaire, le nuage de gaz qui a donné naissance à notre système solaire. Chaque nouvelle découverte sur la composition chimique des comètes et de la poussière interstellaire confirme l'idée selon laquelle les comètes se sont formées à partir d'agrégats de poussière. Ainsi, l'observation des comètes est une source d'informations sur les poussières cosmiques.

Quand le Soleil, les planètes et les comètes sont nés, il y a environ 4,6 milliards d'années, les gros grains de poussière du nuage protosolaire avaient sans doute déjà absorbé toutes les petites particules carbonées amorphes et les molécules d'hydrocarbures polycycliques aromatiques, ainsi que le monoxyde de carbone et les autres composés volatils. Seul l'hydrogène et l'hélium restaient libres. Les grains de poussière se heurtaient souvent et s'assemblaient en gros agrégats floconneux. Ces amas auraient ensuite évolué pour former le noyau des comètes. Chaque noyau serait poreux, contenant beaucoup d'espace vide. Dans mon modèle, le noyau d'une comète contient 100 grains de poussière protosolaire de taille moyenne, entassés pêle-mêle (voir la figure 5) : environ 80 pour cent de cet agrégat (de trois micromètres de diamètre) est vide.

Depuis leur naissance, les comètes circulent autour du Soleil dans les régions du nuage de Oort et de la ceinture de Kuiper, très loin des orbites des planètes. Toutefois, des perturbations gravitationnelles expédient parfois les comètes sur des orbites plus proches du Soleil. En 1986, les sondes spatiales Giotto et Vega 1 et 2 sont passées à proximité de la comète de Halley, qui s'approche du Soleil tous les 76 ans : elles transportaient des spectromètres qui ont mesuré la masse et la composition chimique des particules de la chevelure de Halley, du nuage de gaz et des poussières qui entourent son noyau.

En frappant les détecteurs à une vitesse de 80 kilomètres par seconde, les particules de poussière sont décomposées sous le choc. Les instruments ont mesuré un large éventail de masses pour les particules, par exemple 10^{-14} gramme pour les gros grains de pous-

sière et 10^{-18} gramme pour les petites particules carbonées.

Jochen Kissel, de l'Institut Max Planck de Garching, Franz Krueger, du bureau d'études Krueger, à Darmstadt, et Elmar Jessberger, de l'Université de Munster ont ensuite confirmé que la poussière de la comète de Halley est constituée d'agrégats de particules dont le noyau est constitué de silicates et le manteau de composés organiques réfractaires. Ils avaient en effet constaté que les atomes d'oxygène, de carbone et d'azote des manteaux organiques externes heurtaient les



5. CE MODÈLE DE POUSSIÈRE DE COMÈTE, élaboré par l'auteur, montre 100 gros grains qui forment un amas peu dense de trois micromètres de diamètre. Riche en composés organiques, ces agrégats ont peut-être été des germes de vie sur Terre.

détecteurs des sondes avant les atomes de silicium, de magnésium et de fer enfouis dans les noyaux.

Quel est l'âge de la poussière contenue dans la comète de Halley et dans les autres comètes ? Au moment de son aggrégation, la poussière avait environ cinq milliards d'années, le temps que passe un grain de poussière dans l'espace avant d'être englouti dans une étoile en formation. Par ailleurs, les comètes ont elles-mêmes 4,6 milliards d'années : leur poussière est probablement âgée de dix milliards d'années. Ainsi, les comètes nous donnent accès à la prime enfance de la Voie Lactée.

Les poussières des comètes ont peut-être aussi apporté la vie sur Terre, car chaque amas floconneux de poussières de comète contient de la matière organique. En outre, leur structure caverneuse a peut-être favorisé les

réactions chimiques qui ont eu lieu après immersion dans l'eau. J. Kissel et F. Krueger ont montré que de petites molécules pénètrent facilement dans un amas, tandis que les grosses ne peuvent s'en échapper. Une telle structure aurait stimulé la synthèse de molécules plus grosses et plus complexes, et aurait joué le rôle d'incubateur des formes de vie les plus primitives. Une seule comète aurait pu déposer jusqu'à 10^{25} de ces «graines» de vie sur la Terre, alors qu'elle était toute jeune.

La NASA et l'Agence spatiale européenne préparent des missions d'étude des comètes et des poussières interstellaires. Le vaisseau *Stardust* (Poussière d'Étoiles) de la NASA, lancé en 2000, a un rendez-vous avec la comète Wild-2 en 2004 : de cette rencontre, il rapportera un échantillon des poussières de la chevelure de cette comète. Pendant son voyage, la sonde récoltera également des échantillons des poussières interstellaires du système solaire. La mission Rosetta de l'Agence spatiale européenne, à laquelle nous participons, est programmée pour 2003 : un vaisseau se placera en orbite autour de la comète Wirtanen, et enverra une sonde se poser à la surface de son corps poreux. Des instruments analyseront la structure physique et la composition chimique de la comète.

Ces missions spatiales feront sans doute passer les poussières cosmiques du statut de nuisance à un statut plus prestigieux. Aujourd'hui, on sait déjà qu'elles détiennent des informations sur la naissance des étoiles, des planètes et des comètes, et peut-être même sur l'origine de la vie.

J. MAYO GREENBERG dirige le Laboratoire d'astrophysique de l'Université de Leyde, aux Pays-Bas.

J. GREENBERG, *The Structure and evolution of Interstellar Grains*, in *Scientific American*, vol. 250, n° 6, pp. 124-135, juin 1984.

A. LI et J. GREENBERG, *A Unified Model of Interstellar Dust*, in *Astronomy and Astrophysics*, vol. 323, n° 2, pp. 566-584, 1997.

J. GREENBERG et C. SHEN, *Cosmic Dust in the 21st Century*, in *Astrophysics and Space Science*, vol. 269-270/1-4, pp. 33-35, 1999.

Les maladies de nos ancêtres

OLIVIER DUTOUR • YANN ARDAGNA

Les ossements anciens présentent parfois des lésions ou des déformations ; le paléopathologiste dépiste ces indices et en déduit, avec l'aide des documents anciens et de divers moyens modernes de diagnostic, les maladies en cause.

Les maladies de nos ancêtres sont étudiées par les spécialistes de la paléopathologie d'après les traces que les maladies ont laissées sur les ossements et d'après les documents anciens, que ce soit des textes ou d'autres documents archéologiques ; ces analyses révèlent qu'à de très rares exceptions près, nos ancêtres souffraient des mêmes maladies que l'homme d'aujourd'hui. Seule la fréquence de ces pathologies et leur évolution ont été modifiées, en raison de l'efficacité des traitements modernes. Les paléopathologistes reconnaissent sur ces vestiges du passé des maladies toujours actuelles, ou suffisamment récentes pour être identifiées. Ainsi, la paléopathologie est plus l'étude des maladies qui ont sévi par le passé que celle des maladies passées, lesquelles restent méconnues, car on en ignore les signes : le paléopathologiste est incapable de les déceler sur les vestiges analysés.

La paléopathologie est une science relativement récente ; elle prend racine durant le siècle des Lumières, et suivra les progrès des sciences médicales et archéologiques, qui se sont accélérés durant la première moitié du XX^e siècle. À la fin du XVIII^e et au début du XIX^e siècles, Esper, en Allemagne (1774), puis Cuvier, en France (1820), parlent pour la première fois de pathologie à propos d'ossements d'animaux. L'étude d'ossements humains anciens porteurs d'altérations pathologiques ne s'est véritablement développée qu'au cours du XIX^e siècle. L'américain Warren (1822), puis le français Gosse (1855) publient des travaux sur les déformations crâniennes artificielles de squelettes anciens. En 1858, l'anthropologue allemand Shaaflhausen étudie les altérations pathologiques présentes sur le squelette de l'Homme de Néandertal. Dès 1876, Jones étudie des squelettes indiens et soulève la question – tou-

jours débattue – de l'origine de la syphilis. En 1881, Le Baron soutient en France la première thèse de médecine sur cette spécialité qui n'a pas encore de nom, intitulée *Lésions osseuses de l'homme préhistorique en France et en Algérie*. En 1892, l'américain Shufeldt introduit le terme de *paleopathology* dans la littérature scientifique.

Il faut attendre le début du XX^e siècle pour que cette discipline se développe sous l'impulsion d'un médecin bactériologiste britannique, Marc Armand Ruffer (sa famille est en fait d'origine lyonnaise, mais a émigré quand il était enfant). Il structure cette nouvelle science en la définissant comme «la science des maladies dont l'existence peut être démontrée sur les restes humains et animaux des périodes anciennes», et publie à partir de 1910 des travaux fondamentaux sur les momies égyptiennes. Simultanément, les britanniques Francis Wood-Jones et Georges Elliot-Smith (1908-1910) font des recherches sur des séries de squelettes de Nubie. L'américain Roy Moodie réalise en 1923 la première synthèse, suivie, sept ans plus tard, de la parution du premier ouvrage méthodologique en langue française, *Paléopathologie et pathologie comparative* de Léon Pales, médecin des troupes coloniales, alors âgé de 25 ans. Il est impossible de citer tous les auteurs qui, à partir des années 1960, ont contribué à l'expansion de la discipline.

Le paléopathologiste américain John Lawrence Angel distinguait, il y a une vingtaine d'années, quatre phases de développement de cette discipline : une phase descriptive au XIX^e siècle ; une



Jean-Loup Charnet

1. UNE LÉPROSERIE, miniature du XIV^e siècle. La lèpre est une des maladies qui endommagent les os et dont les paléopathologistes reconnaissent la signature.

phase plus analytique au début du XX^e siècle ; une phase de synthèse des données, entre 1930 et 1970 ; enfin, la phase pluridisciplinaire moderne. Depuis, la paléopathologie s'est enrichie d'une nouvelle discipline, la paléo-épidémiologie, qui tente de reconstituer les fréquences des maladies identifiées sur diverses «populations» représentées par des séries de squelettes anciens. Elle bénéficie des progrès de la biologie moléculaire, notamment des procédés d'amplification de séquences d'ADN ancien.

Le paléopathologiste, enquêteur du passé

Pour mener son enquête, le paléopathologiste se fonde sur deux types de données, les «sources primaires», c'est-à-dire les données directes recueillies soit sur les restes squelettiques (des os et des dents) soit sur des restes momifiés, plus rares. Les «sources secondaires» sont les données historiques consignées dans des textes ou sur des représentations iconographiques, entachées de subjectivité.

La recherche archéologique est le support de la paléopathologie, car, d'une part, elle définit le contexte chronologique et, d'autre part, elle fournit les restes humains anciens. Ces derniers sont des documents archéologiques particuliers, car ils appartiennent également au domaine de la biologie : l'anthropologie permet la lecture de ces «archives biologiques» en fournissant les méthodes de reconstitution de la biologie des populations du passé. La médecine fournit l'outil diagnostique. Le paléopathologiste dont on comprend qu'il doit avoir des compétences en archéologie, en anthropologie et en médecine, adopte une démarche diagnostique générale fondée sur un examen «clinique» et sur des analyses complémentaires. Avec tous ces éléments, il sait que telle maladie est en cause, mais parfois, il ne peut départager plusieurs pathologies possibles qui créent des lésions analogues.

Comment un paléopathologiste analyse-t-il un os ancien ? Les pièces paléopathologiques sont observées à l'œil nu, au microscope binoculaire et, parfois, au microscope électronique. L'observation de coupes de tissus osseux ou momifiés en microscopie optique sous lumière polarisée fournit des informations complémentaires. L'imagerie médicale, notamment la radiographie, la tomographie, le

scanner et les reconstitutions d'images en trois dimensions, révèle les lésions internes. La biochimie, avec le dosage d'éléments toxiques (par exemple, le fluor), d'éléments présents à l'état de traces (tels le zinc et le strontium) ou d'isotopes (les isotopes du carbone et de l'azote) permettent de découvrir une éventuelle intoxication ou de définir un régime alimentaire. Par la méthode d'amplification des gènes, la PCR, appliquée aux ossements humains anciens, on a mis en évidence des maladies génétiques et l'on a confirmé l'identité de certains agents infectieux.

Les mécanismes pathologiques, quelle que soit leur origine – un traumatisme, des troubles métaboliques, des anomalies génétiques ou de croissance, une dégénérescence, une inflammation, une tumeur ou une infection – modifient l'activité des cellules du tissu osseux, les ostéoblastes (les cellules qui reconstruisent sans cesse l'os) et les

ostéoclastes (les cellules qui détruisent sans cesse l'os). Ces modifications sont responsables des lésions osseuses par excès de production ou de destruction du tissu osseux. Ce dernier n'a généralement que deux façons d'exprimer une atteinte pathologique : une construction ou une destruction excessives. C'est avec cet «alphabet binaire» que le paléopathologiste déchiffre toute la gamme des affections du squelette. En 1981, le paléopathologiste américain D. Ortner a proposé de classer les lésions anatomo-pathologiques en quatre grands groupes : les anomalies de la perte osseuse, nommée ostéolyse ; les anomalies de gain osseux, l'ostéof ormation ; les lésions mixtes ; les anomalies de la forme et/ou du contour de l'os sans que le tissu osseux ne soit lui-même altéré. Ces lésions élémentaires peuvent être isolées ou multiples, localisées ou diffuses, avec ou sans modification de la qualité du tissu osseux, de la taille ou de la forme de l'os.



Lauros-Giraudon

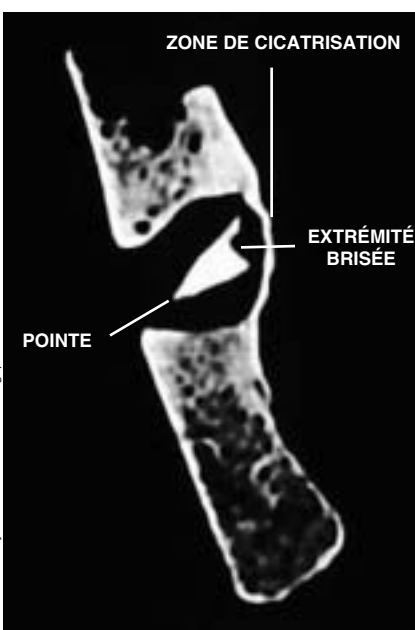
2. LA TUBERCULOSE OSSEUSE crée des difformités de la colonne vertébrale, notamment les gibbosités des bossus. Ces anomalies osseuses permettent le suivi de cette maladie dans les populations anciennes.



3. FRACTURE CONSOLIDÉE des deux os de l'avant-bras droit avec déformation en baïonnette (par analogie avec la forme de l'arme). Ces os proviennent du cimetière de Saint-Pierre, à Hyères, occupé du XIV^e au XVII^e siècle.



4. FRACTURE DES OS de l'avant-bras droit avec consolidation en position «viciouse» du radius, qui fait un angle de 45 degrés (*en bas*). L'autre os, l'ulna, n'a pas été consolidé, ce qui crée une pseudo-articulation entre les deux extrémités fracturées (*en haut*). Ce sujet devait être victime d'un handicap fonctionnel certain déformant son avant-bras droit et limitant sa mobilité. Ces os ont été retrouvés dans le cimetière de Saint-Pierre, à Hyères.



5. UNE POINTE DE FLÈCHE en silex est fichée dans l'épine iliaque gauche d'un os coxal retrouvé sur le site néolithique tardif de Furfooz, en Belgique. La flèche a traversé le muscle fessier pour se ficher dans l'os, et la pointe s'est brisée au moment de l'impact ou lors d'une tentative d'extraction du projectile. L'individu a survécu à cette blessure comme l'indique la cicatrisation osseuse autour de la pointe de flèche.

pathologie, puisque les tissus mous ont disparu. Par ailleurs, le matériel osseux est souvent incomplet ou fragmentaire, ce qui complique l'élaboration des diagnostics rétrospectifs. La pseudo-pathologie et la variabilité anatomique sont deux pièges à éviter. La pseudo-pathologie résulte d'altérations qui se sont produites après la mort. Ces processus, dits taphonomiques, créent de faux aspects pathologiques, parfois trompeurs, même pour un paléopathologiste confirmé. De surcroît, une variation morphologique inhabituelle peut-être interprétée, à tort, comme une modification pathologique : la variabilité des caractères anthropologiques et anatomiques doit être prise en compte dans toute étude paléopathologique.

Les diverses lésions

Les lésions dues à des traumatismes du squelette sont fréquentes. Les fractures sont les lésions les plus évidentes en paléopathologie et ont été décrites dès le XVIII^e siècle. Leur existence est probablement très ancienne, certaines observations ayant été faites sur des restes de dinosaures. On reconnaît les fractures consolidées grâce à la production d'un cal, une «cicatrice» osseuse qui témoigne d'une production d'os de «réparation». Lorsque la fracture est survenue peu de temps avant la mort et que le cal n'a pas eu le temps de consolider la fracture, on ne peut la distinguer d'une cassure ayant eu lieu après la mort.

À condition qu'il puisse étudier des séries de squelettes suffisamment importantes (plus d'une centaine d'individus), le paléopathologiste peut évaluer les activités traumatisantes (accidentelles ou belliqueuses) des populations anciennes et fournir, selon le type et la localisation des lésions, des informations sur leur mode de vie. Ainsi, en 1910, le paléopathologiste britannique Wood-Jones étudie plus de 5 000 squelettes d'une population nubienne antique ; il observe que trois pour cent des os portent une fracture et le tiers des fractures concerne les os de l'avant-bras. Dans cette importante série, la fréquence de l'atteinte du membre supérieur est le double de celle observée dans les populations actuelles, où les fractures des membres inférieurs sont plus nombreuses. Les fractures des deux os de l'avant-bras sont généralement considérées comme d'origine «belliqueuse».

Dans une série de la fin du Moyen Âge, retrouvée dans le cimetière de Saint-Pierre, à Hyères, plusieurs de ces fractures de l'avant-bras ont été identifiées. L'un des os (*voir la figure 3*) présente une consolidation satisfaisante, avec une déformation en baïonnette ; on peut en déduire que la réduction de cette fracture fut incomplète. Un autre cas (*voir la figure 4*) montre que la fracture n'a pas été réduite : le radius ne s'est pas consolidé selon un axe correct, mais avec un angle de 45 degrés et l'autre os de l'avant bras, l'ulna, n'a pas été consolidé du tout, de sorte que la fracture est restée mobile, réalisant une sorte de nouvelle articulation (pseudarthrose). Devant des cas isolés de ce type de fracture, on peut difficilement se prononcer sur la nature belliqueuse du traumatisme, mais si la fréquence de ces fractures est importante et si d'autres traces traumatiques sont associées, notamment des fractures du crâne, elle fournissent des informations sur le degré de violence des périodes considérées.

La confirmation de faits de guerre par des témoignages paléopathologiques évidents est plus rare, mais on retrouve, par exemple, des projectiles (des pointes de flèches) fichés dans des os datant du Néolithique : grâce à l'imagerie médicale, on a, par exemple, décelé la présence d'une extrémité de pointe de flèche en silex, à l'intérieur de l'os coxal d'un homme de la fin du Néolithique, qui vivait il y a quelque 4000 ans en Belgique (*voir la figure 5*) : étant donné que l'os s'est reconstruit autour de la pointe de flèche, on peut supposer que l'homme a parfaitement survécu à cet incident.

Par ailleurs, on retrouve pour des périodes plus récentes, des traces d'impact d'armes blanches (notamment de sabre) sur des crânes. Ainsi, le crâne d'un homme datant du Moyen Âge (*voir la figure 6*) porte des lésions qui témoignent d'une grande violence et qui ont certainement entraîné la mort immédiate du sujet. Dans un autre cas, (*voir la figure 7*) retrouvé près de Salon de Provence dans un cimetière d'infirmerie regroupant des victimes de la peste, un homme d'âge moyen a été victime d'un coup violent, qui lui a enfoncé le crâne. Ayant survécu à cette blessure qu'il a vraisemblablement reçue durant une Guerre de religions, et qui avait dû laisser des séquelles neurologiques, il est décédé de la peste au printemps 1590 ! On observe d'autres types de lésions traumatiques sur les



6. CE CRÂNE incomplet, celui d'un homme adulte, a été découvert dans le cimetière de la basilique Sainte-Marie-Madeleine de Saint-Maximin, daté des XII^e-XIII^e siècles. On observe deux sections nettes, sur l'os frontal et sur les os pariétaux, manifestement provoquées par un instrument tranchant. L'absence de cicatrisation indique que l'arme blanche, lourde et très affûtée (une épée ou une hache) responsable des lésions a entraîné une mort immédiate ou très rapide. La reconstitution de l'orientation des coups, indique qu'ils ont été portés successivement, des deux côtés, de bas en haut et d'une certaine hauteur, peut-être par un cavalier sur un fantassin.

squelettes : les luxations et les entorses laissent des séquelles perceptibles par le paléopathologiste.

Les séquelles des infections

Venons-en aux lésions d'origine infectieuse. On observe deux grands groupes d'atteintes infectieuses en paléopathologie : les infections spécifiques et les infections non spécifiques. Ces dernières sont dues à des infections de l'os ou des articulations liées à des germes qualifiés de « banaux », le plus souvent ceux du groupe *Staphylococcus*. Les infections osseuses concernent le plus fréquemment les os des membres, les formes principales étant les périostites et les ostéomyélites. La périostite se présente sous la forme d'appositions osseuses superficielles de formes variées, recouvrant la surface des os (*voir la figure 8*).

Cette ossification périostée est une réaction de l'os à une agression, due à un microbe ou à d'autres causes, telles qu'un traumatisme, une tumeur, une insuffisance veineuse chronique, des carences alimentaires, des troubles métaboliques ou des intoxications. Les



périostites sont de diverses origines et on les observe fréquemment en paléopathologie ; on ne peut souvent pas attribuer formellement ces manifestations à une cause infectieuse. L'ostéomyélite est une infection de l'os touchant la cavité qui contient la moelle ; le pus s'écoule à l'extérieur de l'os par un orifice fistuleux que l'on observe à la surface de l'os. Malgré la fréquence élevée des ostéomyélites avant l'ère des



7. OS PARIÉTAL DROIT du crâne d'un homme d'âge mûr, décédé au printemps 1590 d'une épidémie de peste à Lambesc, près de Salon de Provence. La lésion (*en bas*) résulte d'un choc violent sur le crâne, ayant provoqué un enfoncement de la voûte crânienne, dont une partie a pénétré à l'intérieur de la boîte crânienne. Malgré la violence du choc (provoqué par un instrument non tranchant ou amorti par un casque protecteur) le sujet a survécu comme l'atteste la cicatrisation osseuse. On peut supposer que l'éperon osseux cicatriciel faisant saillie à l'intérieur du crâne dans la région pariéto-temporale a provoqué des séquelles neurologiques, par exemple des crises d'épilepsie.



8. TIBIA d'une jeune femme, âgée de moins de 25 ans. On constate des appositions osseuses concentriques et irrégulières sur l'os, qui prédominent du côté gauche (flèche, en bas). Cet aspect est probablement dû à une infection généralisée : ce type de lésion pourrait correspondre à une tréponématose ou à une tuberculose. Ces ossements ont été retrouvés en Guadeloupe sur le site de l'anse Sainte-Marguerite par Patrice Courtaud et son équipe ; ils datent des XVIII^e-XIX^e siècles. L'autre os de la jambe, la fibula (en haut), présente des appositions périostées qui hypertrophient l'os et rendent sa surface irrégulière.

antibiotiques, les cas paléopathologiques d'ostéomyélite ne dépassent pas un pour cent des os analysés.

Syphilis, tuberculose et lèpre

Les infections à germes dits spécifiques sont principalement liées à deux groupes de bactéries pathogènes : les tréponèmes et les mycobactéries. Pour



9. CRÂNE FÉMININ présentant des lésions typiques de tréponématose. Il a été retrouvé à Cueva de la Candelaria, au Mexique, et date de l'époque pré-colombienne. Les lésions infectieuses liées au développement du tréponème, micro-organisme responsable de la syphilis notamment, prennent, sur le crâne, un aspect de nodules, nommés gommages ; ils sont parfois responsables de nécroses étendues qui entraînent une perte de substance osseuse.

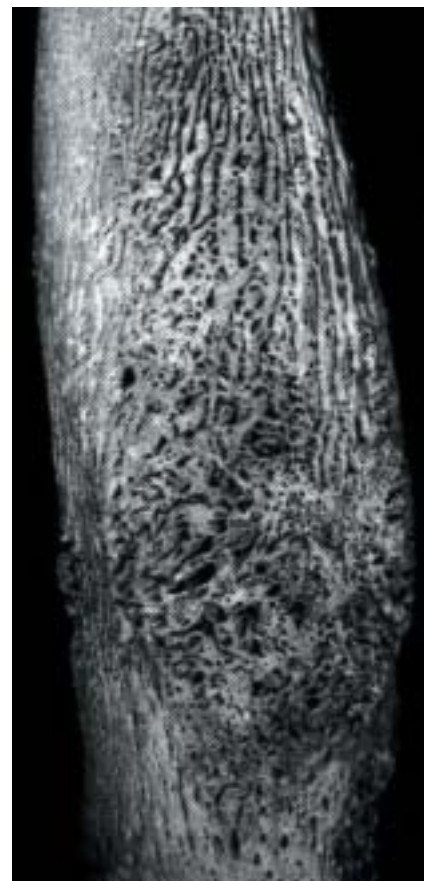
ces infections et surtout pour le second groupe, le diagnostic paléopathologique est actuellement secondé par la biologie moléculaire par amplification de séquences de l'ADN microbien. Parmi les quatre tréponématoses humaines, les trois dues à *Treponema pallidum* (la syphilis, la seule tréponématose vénérienne, le pian et le bégel) sont associées à des lésions osseuses ; la quatrième, la pinta ou caraté (infection par *Treponema carateum*) n'entraîne que des lésions cutanées.

Avant l'ère des antibiotiques, d'après les données rassemblées au début du XX^e siècle, les tréponématoses humaines étaient réparties selon des zones géographiques bien définies : le pian était une infection des régions tropicales, le bégel une tréponématose des régions sèches d'Afrique du Nord, du Proche-Orient et d'Asie, le caraté une forme Sud-Américaine, la syphilis une infection fréquente en zone urbaine. Ces répartitions ont été conservées jusqu'à aujourd'hui, hormis celle de la syphilis qui touche des régions plus étendues. L'incidence des tréponématoses non vénériennes a été réduite par les traitements antibiotiques.

Les lésions osseuses des tréponématoses regroupent des lésions infectieuses particulières de la voûte crânienne, les gommages, caractérisées par des sortes de nodules responsables de cicatrices caractéristiques ; lorsque le processus persiste, il est responsable de perte de substance osseuse (voir la figure 9) ; des périostites diffuses bila-

térales des os longs des membres, surtout des tibias (voir la figure 10) avec parfois une déformation spécifique incurvant l'avant du tibia en « lame de sabre » ; des lésions destructives de différents éléments du squelette. Les paléopathologistes ne peuvent distinguer ces trois formes cliniques d'après les lésions osseuses, sauf dans le cas particulier de la syphilis vénérienne, la seule tréponématose susceptible d'être transmise au fœtus : le nouveau-né est atteint d'une syphilis congénitale précoce.

Seule l'existence de ces atteintes du fœtus permet d'affirmer le diagnostic de syphilis vénérienne. Cette observation est particulièrement importante dans le débat sur l'origine de la syphilis en Europe : selon l'hypothèse la plus répandue, la maladie aurait été rapportée d'Amérique par les marins de Christophe Colomb, mais une autre



10. TIBIA DROIT d'une jeune femme adulte retrouvée à Gloucester et datant des XIII^e-XIV^e siècles. Il présente une déformation liée à une tréponématose. Ce cas, antérieur à 1493, fait partie d'un ensemble d'observations paléopathologiques réalisées en Grande-Bretagne qui témoignent de l'existence probable d'une tréponématose européenne antérieure au contact des populations européennes et amérindiennes. C'est un des arguments pour une origine européenne de la syphilis.

hypothèse stipule qu'elle aurait été présente en Europe, au moins depuis l'Antiquité. Nous avons étudié un fœtus de sept mois environ, très bien conservé ; il a été retrouvé à Costebelle, près de Hyères, et date du IV^e siècle de notre ère (voir la figure 11). Après avoir éliminé d'autres pathologies, nous sommes arrivés à la conclusion que le fœtus était vraisemblablement atteint de syphilis congénitale. Le résultat devra être confirmé, mais il renforce l'hypothèse selon laquelle la syphilis n'a pas franchi l'océan Atlantique dans le sens Ouest-Est.

En ce qui concerne les mycobactéries, les deux infections identifiables en paléopathologie sont la tuberculose et la lèpre. La première résulte de l'infection chronique de l'organisme par *Mycobacterium tuberculosis*. Cette infection souvent mortelle avant la découverte des substances antituberculeuses, au milieu du XX^e siècle, était responsable au tournant de ce siècle d'une mortalité atteignant 300 personnes pour 100 000 habitants. C'est une infection d'origine animale qui s'est adaptée à l'homme depuis le Néolithique, après la domestication des bovidés ; elle est associée à la sédentarisation et à la concentration de populations dans les premières cités. Les localisations des lésions osseuses typiques de cette maladie sont variées. Dans la spondylodiscite tuberculeuse ou mal de Pott, les vertèbres sont atteintes (voir la figure 12) ; dans l'arthrite tuberculeuse, ce sont les articulations (le genou, la hanche, le coude, le poignet) ; dans les ostéites tuberculeuses, ce sont les os des mains et des pieds, les côtes et les os des membres. Le mal de Pott se manifeste par des destructions vertébrales responsables de troubles notables de la statique, et les bosses de beaucoup des « gibbeux » du Moyen Âge étaient probablement des séquelles d'une tuberculose vertébrale. L'application des méthodes de biologie moléculaire a fait progresser le diagnostic paléopathologique de la tuberculose.

La seconde des infections mycobactériennes que les paléopathologistes reconnaissent avec certitude est la lèpre, une infection chronique par *Mycobacterium leprae*, encore nommé le bacille de Hansen. Cette maladie chronique aboutit, en l'absence de traitement,

à des mutilations des extrémités et du visage, dont le caractère horrible faisait considérer au Moyen Âge cette maladie comme un fléau comparable à la peste et justifiait une exclusion complète des lépreux de la société. Les lésions de la lèpre sont faciles à reconnaître sur du matériel ostéo-archéologique : sur le crâne, le *facies leprosa* se manifeste par une résorption de l'épine nasale et du rebord des mâchoires et par des modifications de l'os du palais ; aux extrémités, les lésions ressemblent à celles que laissent des amputations des doigts ou des orteils. La maladie a été identifiée dès l'Antiquité en Europe et aurait été rapportée de l'Inde par les soldats d'Alexandre le Grand au IV^e siècle avant notre ère. La maladie semble avoir connue son apogée en Europe entre 1 000 et 1 400. Il est vraisemblable que cette infection a été introduite après Christophe Colomb dans le Nouveau Monde, où les cas paléopathologiques restent rares.

Les anomalies de la croissance et les tumeurs

Les ostéonécroses et les dystrophies de croissance, deux pathologies d'origines différentes, sont parfois regroupées sous le terme de troubles circulatoires. Les ostéonécroses, des nécroses du tissu osseux dues à une interruption de la vascularisation, peuvent survenir en dehors de causes infectieuses, à la suite de traumatismes, de maladies du sang ou le plus souvent sans cause connue. Sur l'os ancien, elles se manifestent sous la forme d'excavations à contours circulaires exposant le tissu spongieux sous-jacent et aboutissant pour les grosses articulations, notamment pour la tête fémorale, à une détérioration de l'articulation (une arthrose). Les ostéodystrophies de croissance rassemblent une série de lésions qui surviennent au cours de l'enfance ou de l'adolescence à la suite d'une ischémie (une vascularisation insuffisante de l'os) d'origine inconnue. L'ostéochondrite primitive de la hanche ou maladie de Legg-Perthes-Calvé, responsable de déformations de la tête fémorale, est observée fréquemment sur les os anciens. Les lésions de l'ostéochondrodystrophie vertébrale de croissance ou maladie de Scheuerman (la cyphose des adolescents) sont également souvent décrites ; lorsqu'elles concernent des squelettes mésolithiques, on ne peut alors les imputer à la mauvaise position des élèves sur les bancs de l'école ! Aujourd'hui, c'est pourtant une explication souvent invoquée comme étant à l'origine de ce trouble de la croissance vertébrale.

En ce qui concerne les tumeurs osseuses, on les classe en tumeurs bénignes ou tumeurs malignes (primaires ou secondaires). On observe peu de tumeurs osseuses, sans doute parce que les cancers et les conditions d'environnement se sont notablement modifiés au cours du temps : le cancer pulmonaire est aujourd'hui essentiellement lié à la consommation de tabac, et ses métastases osseuses étaient sans doute rares à des époques où les conditions étaient différentes. Par ailleurs, les cancers secondaires des os surviennent aujourd'hui chez des personnes âgées : il est vraisemblable que nos ancêtres mouraient,



Olivier Dufour-CNRS

11. OSSEMENTS D'UN FŒTUS d'environ sept mois découvert à Costebelle, alors qu'il était encore en place dans la cavité pelvienne de sa mère. Ils datent du IV^e siècle. Il présente un ensemble de lésions qui résultent vraisemblablement d'une syphilis congénitale et remettent en question le dogme de l'origine américaine de la maladie.



12. COLONNE VERTÉBRALE d'un homme adulte âgé, qui présente un aspect typique de tuberculose vertébrale. Les lésions vertébrales sont caractéristiques : plusieurs vertèbres sont fusionnées et présentent un changement de direction plus ou moins important dû au tassement de plusieurs vertèbres. Ici, l'angulation est notable, puisqu'elle est proche de 90 degrés. Cette angulation est responsable de la gibbosité – la bosse dorsale –, conséquence d'une tuberculose vertébrale.



13. ARTHROSE VERTÉBRALE chez une femme d'une trentaine d'années, retrouvée en Guadeloupe dans l'anse Sainte-Marguerite (XVIII^e - XIX^e siècles). Les plateaux vertébraux érodés se sont remodelés, et une collerette (flèches) périphérique, parfois volumineuse, s'est formée. Cette dégénérescence est liée à un trouble de la statique lombaire (une scoliose lombaire à concavité gauche), elle-même liée à une asymétrie de longueur des membres inférieurs, responsable d'une bascule du bassin.

pour diverses raisons, avant que n'apparaissent de telles tumeurs. N'oublions pas que nos connaissances de la pathologie tumorale sont issues de l'observation des populations actuelles qui vivent au moins deux fois plus longtemps que les populations du passé.

C'est aussi le cas de l'ostéoporose qui se caractérise par une perte importante de tissu osseux : fréquente aujourd'hui, elle est rare en paléopathologie, car la longévité était inférieure et l'activité physique supérieure.

Les lésions des articulations

La malformation congénitale des articulations la plus fréquemment observée en paléopathologie est celle de la hanche : les séquelles de luxation congénitale de la hanche sont parfois fréquentes dans certaines séries d'ossements ; l'anomalie étant génétique, ces lésions sont des marqueurs de consanguinité. Les altérations dégénératives articulaires et vertébrales se définissent sous le terme général d'arthrose : c'est l'atteinte non inflammatoire, chronique et déformante d'une articulation, associant des destructions articulaires et des modifications de l'os. En paléopathologie, l'arthrose signifie en fait une ostéo-arthrose dans la mesure où l'on ne peut identifier l'atteinte éventuelle du cartilage. L'arthrose est fréquente, et augmente avec l'âge, même si d'autres facteurs peuvent être incriminés.

Les arthroses des membres sont caractérisées par l'association d'une érosion des surfaces des articulations, d'une

production osseuse périphérique à l'endroit où s'exerce l'excès de pression et d'une sclérose sous la zone de pression. Les articulations les plus touchées sont les plus actives (la hanche, le genou, la cheville, la racine du pouce). Certaines localisations (le coude ou le poignet) révèlent toujours des traumatismes : ces localisations nous permettent de formuler des hypothèses sur l'activité de la population ancienne. Par exemple l'observation d'arthrose bilatérale des poignets chez des sujets néolithiques a permis de postuler que les activités de production d'outillage en pierre, taillée ou polie, provoquait des microtraumatismes analogues à ceux du marteau-piqueur, qui entraîne, aujourd'hui, des lésions identiques, reconnues comme une maladie professionnelle.

Des modifications anatomiques semblables à l'arthrose des membres se retrouvent sur la colonne vertébrale : les plateaux vertébraux se sclérosent, s'érodent et se remodelent, et l'on observe une collerette ostéophytique périphérique, parfois volumineuse (voir la figure 13). On constate que les lésions vertébrales diffèrent selon les populations anciennes : en fonction de leurs activités dominantes, les anomalies sont plutôt localisées au niveau des vertèbres cervicales, des vertèbres thoraciques ou des vertèbres lombaires. L'arthrose des vertèbres cervicales chez les sujets jeunes a pu être mise en relation avec le port de charges lourdes sur la tête. Nous avons été surpris de la diagnostiquer, dans les Antilles, avec une fréquence particulièrement importante dans un cimetière d'esclaves de

la période coloniale, chez des adolescents. Par ailleurs, l'arthrose lombaire est fréquente dans les populations anciennes et a pu être mise en relation avec la pratique cavalière, activité qui sollicite beaucoup le rachis lombaire.

Arthropathies infectieuses et inflammatoires

En dehors des infections spécifiques mentionnées précédemment, une articulation peut être atteinte par un germe, par exemple un staphylocoque, un streptocoque, un gonocoque ou un pneumocoque, qui se loge dans la cavité articulaire. Ces arthrites septiques sont perceptibles pour le paléopathologiste dès l'apparition de lésions destructrices de l'articulation qui aboutissent souvent à une fusion articulaire, témoin de la guérison. Ces arthrites surviennent à la suite d'une infection générale ou par contamination locale, par exemple lors d'une fracture ouverte.

On observe une atteinte des articulations dans le cadre des rhumatismes inflammatoires, notamment lors d'une polyarthrite rhumatoïde. Au cours de cette maladie inflammatoire, les articulations sont progressivement détruites. Cette maladie, aujourd'hui fréquente puisqu'elle touche un pour cent de la population, est si rare en paléopathologie que l'on pense qu'il s'agit d'une maladie « nouvelle » en Europe, où elle serait apparue il y a seulement 200 à 300 ans. Selon certains paléopathologistes américains, tels Bruce Rothschild de l'Université de médecine de l'Ohio, cette maladie aurait été importée

d'Amérique, mais quelques cas amérindiens décrits semblent postérieurs à la découverte du Nouveau Monde et quelques cas supposés de l'Ancien Monde sont plus anciens, soulignant, comme dans le cas de la syphilis, la difficulté de ce type de débats.

Les spondyloarthropathies constituent un groupe de maladies inflammatoires qui touchent le rachis et les articulations périphériques ; ces maladies sont moins destructrices que la polyarthrite rhumatoïde, mais plus invalidantes. La spondylarthrite ankylosante aboutit, dans ses formes évoluées, à la fusion complète de la colonne vertébrale, alors dénommée «colonne bambou», et des côtes (voir la figure 14) ; elle est facile à reconnaître en paléopathologie : les cas décrits sont nombreux, alors que cette maladie est aujourd'hui dix fois moins fréquente que la polyarthrite rhumatoïde. Il s'agirait d'une maladie ancienne dans l'Ancien Monde. Les cas les plus anciens remontent à la période néolithique. On sait que cette pathologie fait partie d'un groupe de maladies inflammatoires qui associent une susceptibilité génétique particulière et une sensibilité à diverses infections qui déclenchent des réactions inflammatoires.

Les lésions des tendons qui entourent l'articulation laissent parfois des traces sur les squelettes anciens. Ainsi les enthésopathies mécaniques sont des lésions micro-traumatiques qui touchent la zone d'insertion d'un tendon ou d'un ligament sur l'os. Ces lésions sont liées à un surmenage de cette zone nommée enthèse, dans le cadre d'activités répétitives. Longtemps négligée en paléopathologie, leur observation sur des squelettes anciens a permis de développer la notion de marqueurs osseux d'activité. Ainsi, nous avons émis l'hypothèse que certains types d'activités physiques répétitives des populations anciennes, telles que les activités de chasse, telles que le lancer de javelot ou le tir à l'arc, étaient peut-être responsables de ce type de lésions.

Au cours de l'hyperostose squelettique diffuse, tous les sites d'insertion des tendons sur les os sont ossifiés. Aujourd'hui, cette maladie qui touche surtout l'homme plutôt âgé, trop gros et ayant parfois un diabète gras (non insulino-dépendant) concerne 6 à 12 pour cent de la population. Elle est également fréquente en paléopathologie. Selon Tony Waldron de l'Université de Londres, la fréquence de cette mala-

die peut varier notablement : il a ainsi retrouvé cette pathologie chez 30 pour cent des moines enterrés dans un cimetière monastique ; il en conclut qu'ils devaient être riches et bien nourris !

Des épidémies du passé à celles d'aujourd'hui

La paléoépidémiologie est une nouvelle approche de la paléopathologie en plein développement. On envisage les maladies à l'échelle des populations anciennes, et non plus à la lumière de l'analyse de cas particuliers. Toutefois, les collections ostéo-archéologiques humaines sont qualifiées à tort de «populations», car il existe de nombreux biais de recrutement et de conservation qui font qu'une «population de cimetière» est très éloignée de la population vivante dont elle est issue. L'histoire des maladies et notamment des infections humaines passe pourtant par cette approche paléoépidémiologique, assistée des méthodes paléomicrobiologiques utilisant la biologie moléculaire. Nous avons eu la chance d'éviter les biais de recrutement lorsque nous avons travaillé sur des charniers de peste des XVI^e et XVIII^e siècles (toutefois, la peste ne laissait pas de traces osseuses et ne peut faire l'objet d'études paléopathologiques directes). Ces séries présentent l'intérêt unique d'avoir été constituées de victimes décédées dans un laps de temps très court, sans sélection, et de constituer une sorte de reflet de la population vivante, condition unique en paléopathologie.

Ceci nous a permis de reconstituer par exemple la prévalence de la tuberculose durant ces périodes : elle est alors particulièrement élevée, proche de 50 pour cent (par comparaison, il y a une quarantaine d'années dans les zones de forte endémicité, en Asie du Sud-Est, la prévalence se situait aux environs de 37 pour cent). La connaissance des modalités évolutives de cer-



G. Pálfi, Université de Szeged, Hongrie

14. «COLONNE DE BAMBOU» : cette portion de la colonne vertébrale d'un homme âgé, issu des fouilles de la nécropole de Pitvaros-Viztároló, en Hongrie, et daté du VIII^e siècle, présente une fusion complète de plusieurs vertèbres. Cet aspect est typique des stades avancés de spondylarthrite ankylosante. Cette maladie est responsable d'une rigidité totale de la colonne vertébrale, entraînant un handicap fonctionnel notable qui peut provoquer des complications respiratoires quand le thorax est aussi atteint par ce mécanisme d'ossification excessive.

taines maladies revêt ainsi un intérêt épidémiologique fondamental pour l'étude et la prévision de l'évolution des maladies actuelles, telle la tuberculose, exemple d'infection qui semblait bien contrôlée et qui, aujourd'hui, acquiert une nouvelle virulence.

Comprendre les situations présentes pour mieux gérer les situations futures, à la lumière de la connaissance du passé, illustre ainsi la devise de l'association internationale de paléopathologie : *Mortui viventes docent*, Les morts servent aux vivants.

Yann ARDAGNA est assistant-ingénieur en anthropologie biologique dans l'Unité d'anthropologie, UMR 6578, CNRS – Université de la Méditerranée – Faculté de médecine de Marseille, où Olivier DUTOUR dirige le Service d'anthropologie biologique.

O. DUTOUR, G. PÁLFI et al., *L'origine de la syphilis en Europe : avant ou après 1493?* Éditions Errance-CAV, Paris-Toulon, 1993.

Pierre THILLAUD, *Paléopathologie humaine*, Kronos, Paris, 1996.

Michel SIGNOLI, *Étude anthropologique de crises démographiques en contexte épidémique. Aspects paléo- et biodémographiques de la Peste en Provence*, Doctorat de L'Université de la Méditerranée, Faculté de Médecine de Marseille, 1998.

G. PÁLFI et al. *Tuberculosis : past and present*, in *Golden Book-Tuberculosis foundation*, Budapest-Szeged, 1999.

