



HAL
open science

Analyses invasives, micro-invasives et non-invasives des vestiges anthropobiologiques : quelles évolutions des pratiques actuelles et recommandations ?

Gwenaëlle Goude, Anne Le Maître, Benoît Bertrand, Aurélien Mounier

► To cite this version:

Gwenaëlle Goude, Anne Le Maître, Benoît Bertrand, Aurélien Mounier. Analyses invasives, micro-invasives et non-invasives des vestiges anthropobiologiques : quelles évolutions des pratiques actuelles et recommandations ?. BMSAP, 2024, 36 (1), 10.4000/bmsap.14170 . hal-04573432

HAL Id: hal-04573432

<https://hal.science/hal-04573432>

Submitted on 13 May 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

Analyses invasives, micro-invasives et non-invasives des vestiges anthropobiologiques : quelles évolutions des pratiques actuelles et recommandations ?

*Invasive, micro-invasive and non-invasive analyses of anthropobiological
remains: what changes in current practices and recommendations?*

Gwenaëlle Goude, Anne Le Maître, Benoît Bertrand et Aurélien Mounier



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/bmsap/14170>

ISSN : 1777-5469

Éditeur

Société d'Anthropologie de Paris

Référence électronique

Gwenaëlle Goude, Anne Le Maître, Benoît Bertrand et Aurélien Mounier, « Analyses invasives, micro-invasives et non-invasives des vestiges anthropobiologiques : quelles évolutions des pratiques actuelles et recommandations ? », *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* [En ligne], 36 (1) | 2024, mis en ligne le 07 mai 2024, consulté le 07 mai 2024. URL : <http://journals.openedition.org/bmsap/14170>



Le texte seul est utilisable sous licence CC BY-NC-ND 4.0. Les autres éléments (illustrations, fichiers annexes importés) sont « Tous droits réservés », sauf mention contraire.



BMSAP

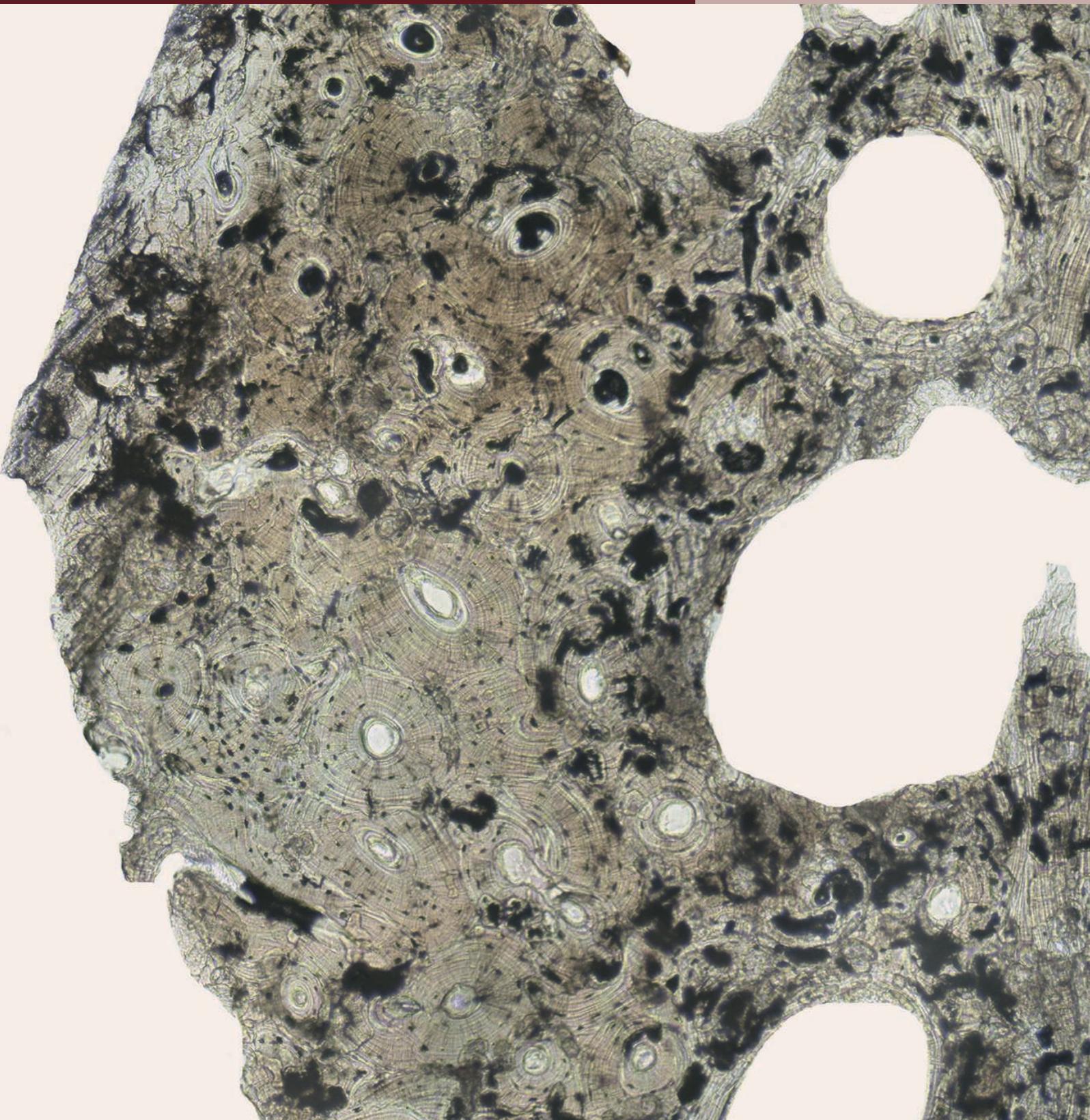
Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris

VOLUME 36 # 1

AVRIL 2024

ISSN 0037-8984

Publication fondée en 1859



*Revue soutenue par l'Institut des sciences humaines et sociales (InSHS) du CNRS
2023-2024*

Analyses invasives, micro-invasives et non-invasives des vestiges anthropobiologiques : quelles évolutions des pratiques actuelles et recommandations ?

Invasive, micro-invasive and non-invasive analyses of anthropobiological remains: what changes in current practices and recommendations?

Gwenaëlle Goude ^{1*}, Anne Le Maître ^{2,3,4,5*}, Benoît Bertrand ^{6,7,8}, Aurélien Mounier ^{7,9,10}

1. CNRS, Aix Marseille Université, Ministère de la Culture, LAMPEA, UMR 7269, Aix-en-Provence, France
2. Konrad Lorenz Institute for Evolution and Cognition Research, Klosterneuburg, Autriche
3. Department of Evolutionary Biology, Unit for Theoretical Biology, University of Vienna, Vienne, Autriche
4. Human Evolution and Archaeological Sciences (HEAS), University of Vienna, Vienne, Autriche
5. UMR 7262 PalEvoPrim, Laboratoire de Paléontologie, Évolution, Paléocosystèmes et Paléoprimatologie, Université de Poitiers, Poitiers, France
6. Université de Lille, CHU Lille, ULR 7367 – UTML&A - Unité de Taphonomie Médico-Légale et Anatomie, Lille, France
7. UMR 7194 HNHP, MNHN-CNRS-UPVD, Département Homme et Environnement, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France
8. Institut de Paléontologie Humaine, Paris, France
9. Turkana Basin Institute, Nairobi, Kenya
10. CNRS, UAR 3129 – UMIFRE 11 3, Maison Française d'Oxford, Oxford, Royaume-Uni

* Contributions égales ; gwenaelle.goude@univ-amu.fr / anne.le.maitre@univie.ac.at

Reçu : 19 avril 2024 ; accepté : 22 avril 2024
Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris

Les progrès techniques et scientifiques de ces 40 dernières années ont profondément bouleversé les champs disciplinaires de l'anthropologie biologique. Le développement des analyses biologiques *sensu lato*, et de l'anthropologie virtuelle, ont amené les anthropologues à modifier à la fois leurs approches théoriques sur les sujets qu'ils étudient, mais aussi leur "vision" des vestiges anthropobiologiques qui constituent leur premier support d'étude pour interpréter les sociétés et environnements du passé.

Aujourd'hui, l'ensemble des programmes de recherche font appel à des méthodes innovantes, qui, pour certaines, étaient encore balbutiantes en archéologie il y a une dizaine d'années. L'amélioration des techniques est rapide et leurs applications sont étendues ; elles ont peut-être parfois dépassé le cadre temporel nécessaire à la science pour prendre le recul indispensable à l'évaluation du rapport entre les gains et les risques pour le domaine patrimonial.

Ces développements méthodologiques vont de pair avec la mise en place de nouvelles pratiques qui s'articulent désormais autour d'un besoin nouveau d'encadrement législatif (Arrêté du 7 février 2022 portant définition des données scientifiques de l'archéologie et de leurs conditions de bonne conservation¹ ; Cribellier et Chaillou, 2023) et de déontologie pour améliorer la préservation du patrimoine, sa valorisation, ainsi que la mise à disposition pour étude

aux chercheurs actuels, mais également aux générations futures.

Les approches omiques (notamment paléogénomique, paléoprotéomique, métabolomique) et plus largement moléculaires, élémentaires ou isotopiques (biogéochimie, datation au radiocarbone) sont des outils indispensables à notre compréhension des sociétés passées. Le corollaire est l'impact physique sur les vestiges osseux, dentaires, et parodontologiques (e.g., tartre dentaire, coprolithes, lithiases, phanères, tissus momifiés) dont la "consommation" épuise un support limité et pour lesquels une protection pour de futures générations de techniques, méthodes et chercheurs et parfois difficile à anticiper. Le dilemme se pose en effet : doit-on faire maintenant pour nourrir les développements méthodologiques à venir ou doit-on attendre, et combien de temps, pour de possibles résultats plus performants et informatifs ?

¹ Arrêté du 7 février 2022 portant définition des données scientifiques de l'archéologie et de leurs conditions de bonne conservation. NOR : MICC2137542A. ELI : <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/arrete/2022/2/7/MICC2137542A/jo/texte>. JORF n° 0034 du 10 février 2022 ; Texte n° 31.

Un élément qui peut alimenter cette réflexion concerne l'existence ou non d'échantillons excédentaires après analyses. Certaines approches conduisent à l'utilisation intégrale des échantillons prélevés alors que d'autres permettent la conservation d'une quantité significative du matériau original ou traité. Dans ce cas, l'échantillon excédentaire – ou “reliquat” – peut être archivé et représenter une collection secondaire permettant de réaliser des analyses complémentaires. C'est le cas par exemple des examens histologiques (e.g., cémentochronologie, histotaphonomie, histopathologie), qui conduisent à la création de collections de lames venant enrichir les collections. Un second élément pour contribuer à cette réflexion concerne la comptabilité des analyses avec des éléments préalablement ponctionnés pour d'autres examens. L'association de différentes analyses invasives menées sur un même échantillon permet, en effet, de maximiser le ratio gains/risques.

Ces destructions irréversibles d'échantillons inhérentes aux méthodes évoquées plus haut et à la fabrication de lames minces pour l'histologie ont amené les anthropologues à s'intéresser à des moyens de préserver le maximum d'informations sur la morphologie à différentes échelles avant destruction, comme la genèse de modèles virtuels des structures externes et internes de l'échantillon en trois dimensions. Même pour les opérations non-destructives, l'étude de versions virtuelles limite le risque de dégrader l'échantillon lors du transport, des manipulations successives ou du contact des outils de mesure (Ardagna et al., 2017). Les rayons X ne semblent pas avoir un impact majeur sur la préservation de l'ADN dans les spécimens de collection (e.g., Hall et al., 2015), d'où leur utilisation croissante pour acquérir des informations sur l'échantillon avant sa destruction partielle ou totale.

Le développement de nouvelles méthodes d'imagerie, notamment la tomodensitométrie à rayons X (CT, *computed tomography*), a profondément modifié la manière d'étudier l'anatomie et la morphologie en anthropologie biologique. Ces méthodes ont permis d'étudier des structures osseuses internes qui n'étaient auparavant accessibles que par hasard ou par des méthodes destructives et généralement chronophages (coupes histologiques sériées, moulages physiques des cavités endocrâniennes), ainsi que des nouvelles structures anatomiques (e.g., sinus nasaux, os trabéculaire). Les approches basées sur les rayons X pour l'étude des structures internes ont connu de multiples améliorations au cours des dernières décennies : une résolution de plus en plus fine grâce aux techniques de microCT puis de nanoCT, l'utilisation de deux canaux de rayons X d'énergies différentes pour séparer les tissus selon leur densité dans les méthodes de DEXA (*Dual Energy X-ray Absorptiometry*) et DECT (*Dual-Energy Computed Tomography*), ou encore l'ajout d'un agent contrastant pour l'étude des tissus non minéralisés (e.g., Metscher, 2009). Ces améliorations techniques se sont accompagnées d'une diminution des dimensions et des coûts liés aux machines associées, qui ont permis leur “démocratisation” du moins dans les institutions de recherches des pays les plus riches. De la même manière,

de nouvelles méthodes optiques permettent de générer un modèle tridimensionnel de la surface externe d'un objet, comme le profilomètre surfacique pour les structures microscopiques (micro-usure dentaire), le scanner surfacique pour les objets macroscopiques, ou encore la photogrammétrie qui nécessite un simple appareil photo, autorisant la collecte de ce type de données directement sur le terrain tout en conservant les informations sur l'aspect externe (couleur, inscriptions...).

Les différentes méthodes d'imagerie 3D permettent de réaliser des mesures de plus en plus précises à mesure que les résolutions s'affinent avec les avancées techniques successives. De ce fait, les mesures sont facilement reproductibles, et le risque de biais intra-observateur et inter-observateur est limité, ou du moins quantifiable. Parallèlement aux nouvelles approches d'imagerie 2D et 3D, le développement de nouvelles méthodes d'analyse et l'augmentation de la puissance de calcul des ordinateurs a démultiplié les possibilités d'extraire de l'information, sans perdre la possibilité de faire des descriptions qualitatives des structures anatomiques macro- ou microscopiques. Ainsi, aux méthodes quantitatives “traditionnelles” (mesures linéaires, angulaires, surfaciques) s'est rajoutée toute une gamme de méthodes plus ou moins automatisées de mesure de la micro-usure dentaire, de la densité osseuse, de la porosité et de la morphologie d'un contour ou d'une surface (morphométrie géométrique 2D et 3D, transformées de Fourier, harmoniques sphériques, difféomorphisme...). Ces nouvelles approches ont également permis de générer des données empiriques beaucoup plus précises pour les approches morpho-fonctionnelles comme les analyses biomécaniques (analyses dynamiques multicorps, analyses en éléments finis ; voir par exemple Blasi-Toccaceli et al., 2022). On peut s'attendre à ce que dans les prochaines années, le développement de nouveaux algorithmes comme les méthodes de *deep learning* permettent d'acquérir, analyser et combiner de vastes quantités de données d'imagerie 3D.

Les nouvelles méthodes d'analyses des vestiges anthropologiques rendent possible non seulement l'accès à des informations jusqu'alors inaccessibles pour des raisons techniques, mais aussi un partage des données à l'ensemble de la communauté scientifique, indépendamment de leur localisation géographique, grâce à des bases de données en ligne de séquences génétiques comme l'Allen Ancient DNA Resource² (Mallick et al., 2024), ou bien de photographies, surfaces 3D ou CT-scans comme MorphoSource³ ou The Human Fossil Record⁴. L'accès aux spécimens uniques et/ou extrêmement fragiles devient possible, facilitant les comparaisons à grande échelle spatiale, temporelle et taxonomique. Cette possibilité de partage est particulièrement en phase avec les démarches de science ouverte

2 <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/FFIDCW>

3 <https://www.morphosource.org>

4 <https://human-fossil-record.org>

actuellement encouragées. Elle est par ailleurs de plus en plus nécessaire pour des questions de reproductibilité des mesures et des analyses.

Dans ce contexte où des recherches et des groupes de travail sont déjà engagés dans une dynamique de conservation et de réflexion à moyen et long terme, la Société d'Anthropologie de Paris souhaitait donner la parole à une large communauté de scientifiques à travers la session "Analyses invasives, micro-invasives et non-invasives des vestiges anthropobiologiques. Comment et pourquoi ?"⁵.

Ce sont 12 communications orales et quatre posters qui ont structuré ce débat, ainsi qu'une communication invitée par Alessia Nava. Cette session a ouvert un espace d'échange permettant d'évaluer les degrés d'impact sur les vestiges anthropobiologiques du terrain au laboratoire, mais aussi les apports scientifiques, parfois considérables, par rapport aux méthodes traditionnelles. Plusieurs ouvrages, rapports et articles ont été récemment publiés sur ces aspects (Billard et al., 2022 ; Ehrhardt et al., 2023 ; Thomas, 2023). Dans le présent volume thématique sont rassemblées quatre contributions thématiques issues de communications données lors de ce colloque, qui proposent des recommandations et des retours d'expérience.

La contribution d'Alessia Nava (2024) fait le point sur les dernières avancées en biogéochimie isotopique et sur le potentiel informatif de méthodes combinées qui permettent à la fois de retracer l'histoire physiologique et histologique des enfants et des liens avec l'allaitement maternel et le soin (ici l'alimentation) apporté par la mère et/ou les (allo-)parents. Les analyses multi-isotopiques et multi-élémentaires sur les dents sont utilisées de façon complémentaire entre la partie minérale de la couronne et la dentine qui s'étend de la couronne à la racine et au-delà dans la cavité pulpaire (Bernardini et al., 2023a ; 2023b). Cette complémentarité offre un potentiel d'étude qui va de plus en plus loin dans une approche longitudinale durant la période de croissance majoritairement (selon l'âge de l'individu et les dents disponibles, de *in utero* à son décès). La contribution d'Alessia Nava démontre que l'analyse des éléments traces et des ratios isotopiques de l'émail de la couronne dentaire permet de déchiffrer des moments très précis sur le changement de métabolisme entre la vie *in utero*, la naissance, et les premiers mois d'une alimentation lactée, qu'elle soit naturelle (au sein) ou chimiquement différenciée par les substituts. Ces applications sur le registre fossile ont permis d'identifier les similarités et les différences évolutives et comportementales entre différents taxons (e.g., Tacail et al., 2017 ; Smith et al., 2022). L'approche technique proposée par Alessia Nava répond aux exigences muséales et de préservation du patrimoine, en particulier pour Néandertal (archivages 3D, reconstruction en fac-similé de prélèvements), mais ces techniques analytiques invasives sont soumises à

la conservation des échantillons qu'il est parfois difficile d'évaluer en amont (e.g., Rey et al., 2022). Une réflexion sur le gain-risque de l'analyse de chaque pièce et de chaque questionnement scientifique est donc engagée par les spécialistes. C'est d'autant plus le cas lorsque la dentine est ciblée pour déterminer des profils isotopiques sur les éléments de la matière organique (carbone, azote et soufre sur le collagène) qui permettent de suivre des modifications alimentaires, des stress physiologiques (e.g., Goude et al., 2020), ou encore des mobilités possiblement en lien avec des âges sociaux (e.g., Rey et al., 2021 ; Bernardini et al., 2023a ; Rivollat et al., 2023). La dent constitue donc un élément anatomique privilégié, et de plus en plus recherché pour ces travaux. De façon paradoxale, si elle se conserve souvent mieux que l'os, elle est bien plus limitée dans la quantité de matériel disponible. La synthèse d'Alessia Nava démontre toutefois bien qu'une approche raisonnée et une adaptation méthodologique, si difficiles soient-elles parfois, offrent un accès à une documentation inestimable, impossible à obtenir par ailleurs sur les interactions complexes entre croissance, liens maternels et environnements intra- et extra-utérin.

Il est donc certain que les dents feront l'objet d'une attention croissante à l'avenir, probablement bien plus que l'os. En effet, au-delà de leur structure anatomique, les possibles appositions de tartre et les autres tissus comme le ciment sont également très recherchés. C'est le constat réalisé par Christian Cribelier et Anne Chaillou (2024), qui présentent le bilan de travaux de la commission PAOHCE "Protocoles de prélèvements et d'Analyses sur l'Os Humain ainsi que sur la Conservation des Échantillons", créée en 2019 (Billard et al., 2022)⁶. Ce bilan s'intègre aux réflexions générales sur la conservation des restes humains en anthropologie biologiques en réponse notamment au développement des analyses omiques, invasives, semi-invasives et multidisciplinaires (Ehrhardt et al., 2023). Cet article résume les réflexions et les urgences patrimoniales identifiées par les différents acteurs de l'archéologie et de l'anthropologie biologique en France (institutions académiques, opérateurs d'archéologie préventive, Ministère de la Culture) et l'accompagnement préconisé par les spécialistes pour aider dans l'examen des dossiers au sein des Services régionaux de l'Archéologie ou du Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines notamment. Les auteurs rappellent une définition des vestiges anthropobiologiques telle que définie dans l'article 1-III de l'arrêté du 7 février 2022⁷, dont la dimension physique et psychologique va bien au-delà du contexte patrimonial, rendant

5 Le programme des journées et les résumés des communications sont disponibles en ligne : <https://journals.openedition.org/bmsap/10452>

6 <https://www.culture.gouv.fr/Thematiques/archeologie/Ressources-documentaires/Conservation-des-vestiges-archeologiques-mobiliers/Rapport-final-du-groupe-de-travail-sur-la-mise-en-place-des-protocoles-de-prelevements-et-d-analyses-sur-l-os-humain-ainsi-que-sur-la-conservation>

7 Arrêté du 7 février 2022 portant définition des données scientifiques de l'archéologie et de leurs conditions de bonne conservation. Cf. note 1.

ainsi complexe et particulière la prise en charge de matériel (Thomas, 2023). L'article insiste sur l'importance du dialogue entre recherches scientifiques, éthique et préservation. Il est fait état des demandes croissantes, des développements méthodologiques constants et des difficultés d'évaluation et de gestion des sollicitations auprès des services garants des collections. Ceci souligne la nécessité d'établir, si ce n'est des accompagnements sur les protocoles d'étude, au moins un cadre de compréhension qui permettra une homogénéisation future du traitement des demandes sur le territoire national. Cet article mentionne la dynamique qui est désormais mise en place avec une meilleure prise de conscience de l'adéquation entre statut juridique des vestiges anthropobiologiques au sens large (incluant leur contexte environnemental, nécessaire au bon déroulement des études scientifiques), la progression des techniques mises en œuvre par les chercheurs et les cadres administratifs autorisant ces études ; les auteurs concluant cette synthèse par le fait qu'il s'agit aujourd'hui de sensibiliser, de rendre équitable le traitement des dossiers scientifiques et d'établir des retours sur expérience réguliers, autant pour la commission que pour les chercheurs et services gestionnaires concernés.

Lolita Trenchat et al. (2024) s'intéressent aux mérites respectifs de l'histologie et de la micro-tomographie pour étudier la diagenèse osseuse. Leur objectif est de déterminer si la micro-tomographie pourrait remplacer l'histologie, méthode classiquement employée mais qui implique la destruction de tout ou partie de l'échantillon d'intérêt. Les auteurs de l'article appliquent ces deux méthodes à l'étude du fémur et des côtes, couramment utilisés pour les études de la diagenèse et de la taphonomie, chez six individus issus du cimetière paroissial Sainte-Anne de Koekelberg (Belgique, XIX^e-XX^e siècles). Pour les deux approches utilisées, les effets de la diagenèse sont visibles et les résultats concordent pour l'estimation de l'Oxford Histological Index (OHI), que cette estimation soit qualitative ou quantitative. L'estimation quantitative de l'OHI est robuste et moins subjective que son estimation qualitative, sauf dans les cas où l'os est bien préservé, pour lesquels l'algorithme de détection des zones dégradées est peu performant. Les auteurs concluent à l'intérêt de la micro-tomographie pour l'étude de la diagenèse et préconisent son usage pour les échantillons les plus fragiles ou anciens, car elle autorise la reconstruction en trois dimensions des altérations observées sur un plus grand volume, le tout sans endommager l'échantillon. En revanche, la meilleure résolution choisie pour l'analyse des lames minces en microscopie optique permet de mieux percevoir les détails de la diagenèse sur les microstructures osseuses. Par ailleurs, l'emploi de lames minces en histologie permet d'avoir des informations sur la composition en collagène et en éléments chimiques de l'os par des observations en lumière polarisée ou au microscope électronique à balayage. Parce qu'elles apportent des informations différentes, les deux approches ne sont donc pas totalement substituables et peuvent être employées de manière complémentaire sur un même échantillon.

Emmanuel Gilissen et al. (2024) mesurent la densité minérale osseuse (DMO) par absorptiométrie biphotonique à rayons X (DXA ou DEXA, *Dual Energy X-ray Absorptiometry*). L'intérêt de cette technique, par rapport aux radiographies classiques, est que l'utilisation de deux faisceaux de rayons X d'énergies différentes permet de mesurer l'atténuation du signal liée aux tissus mous (e.g., muscles, graisses) pour conserver exclusivement le signal lié aux tissus osseux minéralisés. On peut ainsi calculer la densité en hydroxyapatite de l'os, exprimée en gramme par unité de surface pour une projection orthogonale de la région d'intérêt. L'absence de tissu mou n'est pas un problème pour travailler sur des spécimens archéologiques, puisqu'il suffit de disposer d'un équivalent de tissu mou (e.g., riz) pour calibrer l'appareil DEXA. Dans leur étude, les auteurs utilisent cette méthode pour évaluer la DMO du fémur chez une population humaine issue de l'ancien cimetière de Schoten, dans la banlieue d'Anvers (Belgique, XIX^e-XX^e siècles), un village rural alors en cours d'urbanisation et de semi-industrialisation. Le but est d'identifier l'effet du vieillissement sur la densité minérale osseuse, respectivement chez les hommes et chez les femmes, ces dernières étant plus sujettes aux fractures liées à l'ostéoporose. La DMO est calculée au niveau de la région proximale du fémur, sur plusieurs zones d'intérêt distinctes, qui ne sont pas soumises aux mêmes contraintes. L'originalité de l'étude est que ces tendances sont comparées non seulement à d'autres séries archéologiques sur des populations humaines, mais aussi à des populations humaines actuelles de référence pour l'Europe de l'Ouest (données cliniques), ainsi qu'à des primates non-humains (chimpanzés). Malgré une certaine diversité des valeurs mesurées selon la population humaine étudiée, la DMO est plus élevée chez les hommes que chez les femmes pour un âge donné. La réduction observée de la densité osseuse avec l'âge chez la population de Schoten est cohérente avec les données cliniques sur les populations actuelles, sauf pour les femmes de plus de 50 ans dont la densité osseuse diminue un peu moins rapidement que la moyenne actuelle. Des comparaisons avec les chimpanzés montrent que les humains sont plus graciles que ces derniers pour les deux sexes. Enfin, les rôles relatifs du nombre de grossesses, de la ménopause, du mode de vie et de l'environnement sont discutés. Si des tendances peuvent se dégager, comme une réduction accélérée de la densité osseuse pour les femmes ayant de nombreux enfants à intervalles rapprochés, l'impact du mode de vie ou de l'environnement sur la DMO est variable. La technique de DEXA est donc un outil intéressant permettant non seulement d'étudier la santé osseuse d'une population humaine donnée, mais autorisant également des comparaisons inter-populations voire inter-espèces, permettant ainsi de tester des hypothèses liées au mode de vie ou aux traits d'histoire de vie.

L'ensemble de ces contributions et leur diversité illustre la richesse des discussions autour de la multiplicité des pratiques d'analyse qui se sont développées au cours des dernières décennies dans le champ de l'anthropologie

biologique. Néanmoins, de nombreuses questions restent ouvertes. Ces pratiques sont en effet dépendantes des politiques de conservation au niveau national et sont différentes d'un pays à l'autre, amenant parfois les chercheurs à un traitement différencié du matériel qui peut rendre les résultats scientifiques difficilement reproductibles et interprétables. Au-delà de l'aspect scientifique se pose encore la question de l'inégalité d'accès à ces méthodes du fait de leur coût qui reste souvent important (équipements, consommables, logiciels, espaces de stockage des données) et de la difficulté de former des personnels techniques localement, voire d'accéder aux équipements eux-mêmes, pour des raisons géographiques et/ou politiques. On voit donc l'émergence d'une recherche à plusieurs vitesses, entre laboratoires au sein d'un même pays mais aussi (et surtout) entre pays, avec un écart qui risque de s'aggraver au fil du temps. À plus long terme, le coût énergétique du stockage et du traitement d'une quantité exponentielle de données peut devenir un problème, dans un contexte où la lutte contre le changement climatique nécessite de revenir à une plus grande sobriété énergétique.

Références

- Ardagna Y, Fort A, Sperendio E (2017) Les données métriques en anthropologie biologique : entre histoire et endommagement. *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 29 (3-4):177-184 [<https://doi.org/10.1007/s13219-017-0186-9>]
- Bernardini S, Micarelli I, Zeppilli C et al (2023a) A Longobard osteobiography. A multi-proxy life history of an elderly woman from Castel Trosino (Italy). *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 35(S) [<https://doi.org/10.4000/bmsap.10707>]
- Bernardini S, Zeppilli C, Micarelli I et al (2023b) Multi-isotope analysis of primary and secondary dentin as a mean to broaden intra-life dietary reconstruction. A case from Longobard Italy. *International Journal of Osteoarchaeology* 33(2):355-360 [<https://doi.org/10.1002/oa.3200>]
- Billard C, Boh I, Chaillou A et al (2022) Rapport final du groupe de travail sur la mise en place de protocoles de prélèvements et d'analyses sur l'os humain ainsi que sur la conservation des échantillons (PAOHCE) [<https://www.vie-publique.fr/rapport/285302-protocoles-prelevements-et-analyses-sur-os-humain-et-conservation>]
- Blasi-Toccaceli A, Daver G, Domalain A (2022) A review of Multibody Dynamic versus Finite Element Analyses applied in palaeoanthropology: what can we expect for the study of hominin postcranial remains? *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 34(2) [<https://doi.org/10.4000/bmsap.9914>]
- Cribellier C, Chaillou A (2024) Les prélèvements et les analyses sur l'os humain ancien : connaître, encadrer et promouvoir la recherche. Retour sur le rapport rendu dans le cadre du groupe de travail sur la mise en place des protocoles de prélèvements et d'analyses sur l'os humain ainsi que sur la conservation des échantillons (PAOHCE). *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 36(1) [<https://doi.org/10.4000/bmsap.13888>]
- Ehrhardt E, Chambon P, Gimel E et al (2024) beDNA : un projet visant à la collection systématique d'échantillons humains archéologiques à vocation paléogénétique – une première expérimentation. *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 35(1) [<https://doi.org/10.4000/bmsap.11516>]
- Gilissen E, Tayach S, Orban R (2024) Bone mineral density in human femurs of documented age at death in a comparative context. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 36(1) [<https://doi.org/10.4000/bmsap.14133>]
- Goude G, Dori I, Sparacello VS et al (2020) Multi-proxy stable isotope analyses of dentine microsections reveal diachronic changes in life history adaptations, mobility, and tuberculosis-induced wasting in prehistoric Liguria (Finale Ligure, Italy, northwestern Mediterranean). *International Journal of Paleopathology* 28:99-111 [<https://doi.org/10.1016/j.ijpp.2019.12.007>]
- Hall A, Sherlock E, Sykes D (2015) Does micro-CT scanning damage DNA in museum specimens? *Journal of Natural Science Collections* 2:22-29 [<https://nhm.openrepository.com/handle/10141/612488>]
- Mallick S, Micco A, Mah M et al (2024) The Allen Ancient DNA Resource (AADR) a curated compendium of ancient human genomes. *Scientific Data* 11:182 [<https://doi.org/10.1038/s41597-024-03031-7>]
- Nava A (2024) Understanding the maternal-infant nexus from dental histology and high-resolution compositional biogeochemistry: implications for bioarchaeological research. *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 36(1) [<https://doi.org/10.4000/bmsap.13828>]
- Metscher BD (2009) MicroCT for comparative morphology: simple staining methods allow high-contrast 3D imaging of diverse non-mineralized animal tissues. *BMC Physiology* 9:11 [<https://doi.org/10.1186/1472-6793-9-11>]
- Rey L, Rottier S, Santos F et al (2021) Sex and age-related social organization in the Neolithic: A promising survey from the Paris Basin. *Journal of Archaeological Science: Reports* 38: 103092 [<https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2021.103092>]
- Rey L, Tacail T, Santos F et al (2022) Disentangling diagenetic and biogenic trace elements and Sr radiogenic isotopes in fossil dental enamel using laser ablation analysis. *Chemical Geology* 587:120608 [<https://doi.org/10.1016/j.chemgeo.2021.120608>]
- Rivollat M, Rohrlach AB, Ringbauer H et al (2023) Extensive pedigrees reveal the social organization of a Neolithic community. *Nature* 620(7974):600-606 [<https://doi.org/10.1038/s41586-023-06350-8>]
- Smith TM, Austi C, Ávila JN et al (2022) Permanent signatures of birth and nursing initiation are chemically recorded in teeth. *Journal of Archaeological Science* 140:105564 [<https://doi.org/10.1016/j.jas.2022.105564>]
- Tacail T, Thivichon-Prince B, Martin JE et al (2017) Assessing human weaning practices with calcium isotopes in tooth enamel. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(24): 6268-6273 [<https://doi.org/10.1073/pnas.1704412114>]
- Thomas A (2024) Les restes humains. Législation, intérêt scientifique et enjeu éthique des ensembles anthropobiologiques. Ardagna Y, Chaillou A (dir), Presses Universitaires de Provence, Aix-en-Provence, octobre 2022, 440 p, 29,00 €. *Bulletins et mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 35(2) [<https://doi.org/10.4000/bmsap.12259>]

Trenchat L, Vanderesse N, Pubert E et al (2024) Comparaison des approches histologiques et microtomographiques pour l'étude de la diagenèse osseuse. *Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris* 36(1) [<https://doi.org/10.4000/bmsap.14092>]



BMSAP

Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris