



HAL
open science

De l'os au visage : portrait de trois individus de la Granède (V e -X e s. ap. J.-C.)

Anthony Colombo, Florent Comte, Marie-France Deguilloux, Mélanie Pruvost,
Marie-Helene Pemonge, Stéphane Naji, Christophe Saint-Pierre

► To cite this version:

Anthony Colombo, Florent Comte, Marie-France Deguilloux, Mélanie Pruvost, Marie-Helene Pemonge, et al. De l'os au visage : portrait de trois individus de la Granède (V e -X e s. ap. J.-C.). Cahiers d'archéologie aveyronnaise, 2020. hal-03094169

HAL Id: hal-03094169

<https://hal.science/hal-03094169>

Submitted on 4 Jan 2021

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.

De l'os au visage : portrait de trois individus de la Granède (V^e-X^e s. ap. J.-C.)

Millau

Par Antony COLOMBO*, Florent COMTE**, Marie-France DEGUILLLOUX***, Mélanie PRUVOST****, Marie-Hélène PEMONGE*****, Stephan NAJI***** et Christophe SAINT-PIERRE*****

RÉSUMÉ

Au cours de ses différentes phases de fouilles récentes, le site archéologique de la Granède a révélé les vestiges d'un ensemble complexe qui s'est souvent modifié et qui comprend notamment une église paléochrétienne avec son espace funéraire, datés des V^e-X^e s. ap. J.-C. Si la population de la Granède semble globalement homogène biologiquement et dans ses pratiques funéraires, trois individus, ayant vécu à des phases clés de la période médiévale du site, présentent des particularités qui méritent d'être questionnées. Une analyse pluridisciplinaire mêlant anthropologie biologique et paléogénomique a donc été menée afin d'approcher au mieux l'identité et l'histoire de vie de ces individus et tenter de comprendre la raison des pratiques funéraires ou gestes dont ils ont bénéficié. Du point de vue de l'anthropologie biologique, ces individus s'éloignent peu des autres individus composant la population ostéoarchéologique. D'un point de vue génétique, ils ont tous des affinités avec les populations européennes du nord du Bassin méditerranéen. Les analyses génétiques ont également fourni des résultats d'ordre phénotypique. Ainsi, la combinaison des résultats anthropologiques et génétiques permet, en plus de l'aspect scientifique, de proposer des médias muséographiques à travers la restitution réaliste du portrait de deux d'entre eux, devenus Adèle et Emilius : futurs narrateurs de l'histoire de la Granède ?

ABSTRACT

During several recent phases of excavation, the archaeological site of la Granède revealed remains of an intricate complex that was regularly modified and which included a Paleochristian church with its funerary space, dating from the Vth to the Xth century A.D. Although the population of la Granède seems generally homogenous genetically and in its burial rites, three individuals who lived during key moments of the site's medieval period display distinctive characteristics deserving of further attention. A multidisciplinary analysis combining biological anthropology and paleogenomics was carried out in order to get a better grasp of these individuals' identity and life history, and to try to understand the reason behind the funerary practices and actions from which they benefited. From the biological anthropology standpoint, these individuals are slightly different from the rest of the osteoarcheological population. From a genetic perspective, they all have similarities with the European populations of the north Mediterranean. Genetic analyses also provided results on phenotypes. Therefore, beyond its scientific purpose, the combination of anthropological and genetic results allows for the creation of museographic media such as the realistic restoration of two of their portraits, named Adèle and Emilius: future narrators of the history of la Granède?

RESUMEN

Durante las diferentes fases de las excavaciones recientes, se han descubierto en el yacimiento arqueológico de la Granède los restos de un conjunto complejo que fue a menudo modificado y que comprende en particular una iglesia paleocristiana con su espacio funerario datados de los siglos V-X d.C. Si bien la población de la Granède parece globalmente homogénea tanto biológicamente y como en sus prácticas funerarias, tres individuos que vivieron en fases clave del período medieval, presentan particularidades que merecen ser cuestionadas. Un análisis pluridisciplinar mezclando antropología biológica y paleo-genómica se ha llevado a cabo para aproximarse de la mejor manera a la identidad y a la vida de estos individuos y tratar de comprender la causa de las prácticas funerarias o gestos de los que beneficiaron. Desde el punto de vista de la antropología biológica, estos individuos se diferencian poco de los demás individuos que componen la población osteo-arqueológica. Desde el punto de vista de la genética, todos presentan afinidades con las poblaciones europeas del norte de la cuenca mediterránea. Los análisis genéticos han proporcionado igualmente resultados de orden fenotípico. De este modo, la combinación de los resultados antropológicos y genéticos permite, además del aspecto científico, proponer soportes museográficos gracias a la restitución realista del retrato de dos de ellos, convertidos en Adèle y Emilius: ¿futuros narradores de la historia de la Granède?

INTRODUCTION

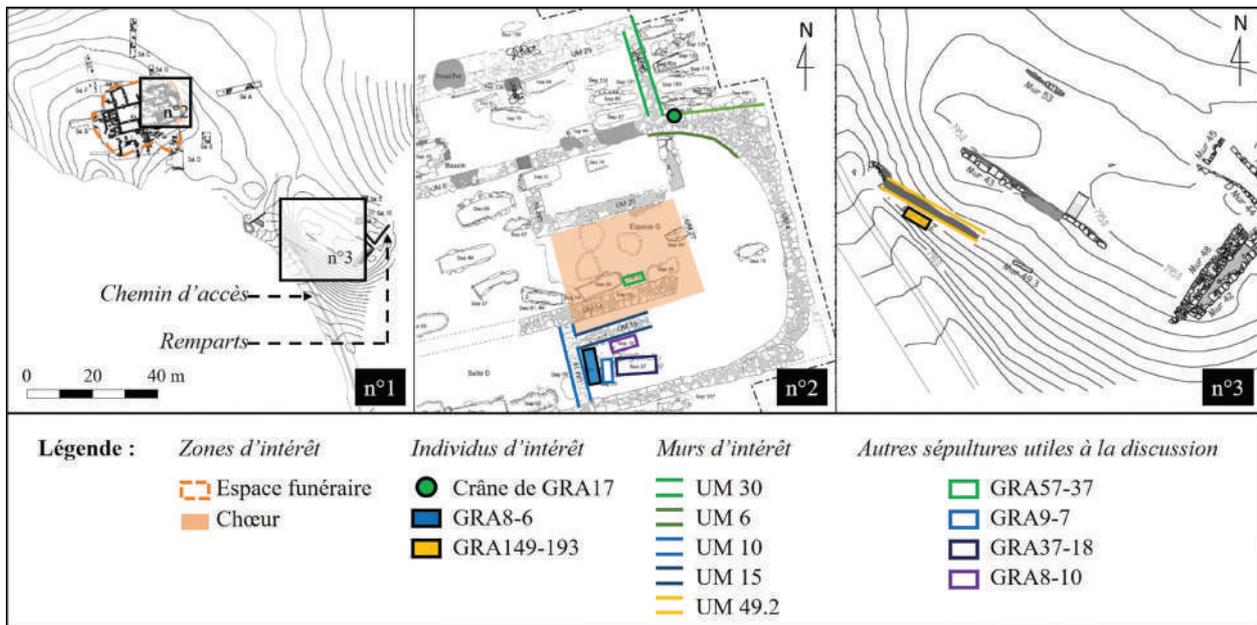
Sur les hauteurs du Larzac dans la commune de Millau, le site archéologique de l'oppidum de la Granède, identifié dès 1921, se situe en bordure de falaise, sur un éperon rocheux dominant la vallée. Ce site a fait l'objet de plusieurs campagnes de fouilles. Louis Balsan, en 1958-1959 et 1965-1967, a reconnu les premiers vestiges d'une église et plusieurs niveaux de remparts. Philippe Gruat, en 1991, a confirmé la chronologie proposée par L. Balsan grâce à plusieurs sondages. Enfin, de 2006 à 2017, Christophe Saint-Pierre y a entrepris une fouille extensive (Saint-Pierre 2013).

La Granède a connu plusieurs phases d'occupation et d'abandon au fil du temps. La présence humaine y est attestée dès le Néolithique moyen grâce au matériel lithique retrouvé. À différentes phases de l'âge du Fer, l'activité humaine se matérialise par des fortifications. La période antique est représentée par les vestiges d'un bâtiment cultuel. La phase d'occupation qui a fait l'objet de la dernière reprise de fouille, centrée autour de l'église paléochrétienne et de son espace funéraire, s'étend chronologiquement du V^e s. au X^e s. ap. J.-C. Après quoi, l'église est réutilisée à des fins civiles ou agro-pastorales et le site est définitivement abandonné après le XIII^e s. (Saint-Pierre 2013).

La fouille exhaustive du cimetière a permis de définir ses limites d'extension maximale (Fig. 1, n° 1) et a livré les restes de plus de 180 individus. Près du tiers d'entre eux a été daté par ¹⁴C, permettant

d'obtenir une chronologie fine de l'occupation, de la structuration de l'espace funéraire et de l'évolution architecturale de l'édifice religieux. L'église, construite dans la seconde moitié du V^e s. ap. J.-C. (au plus tard, premier quart du VI^e s. ap. J.-C.), orientée est-ouest et de forme rectangulaire à chevet plat et un chœur encadré de deux annexes liturgiques, a évolué vers un deuxième état à la fin de ce siècle en bénéficiant d'une extension au nord abritant la cuve baptismale. Durant la seconde moitié du VI^e s., une restructuration du plan existant par des cloisonnements intérieurs et un déplacement de l'entrée (au sud alors qu'originellement à l'ouest) sont effectués. Des changements majeurs interviennent dès le milieu du VII^e s.-début VIII^e s. Une nouvelle salle au nord est créée et l'ancien porche est modifié. À partir de la fin du VIII^e s.-début IX^e s., l'édifice est allongé avec la mise en place d'un nouveau chevet plat à abside en anse de panier. D'autres restructurations mineures ont été effectuées jusqu'à son abandon en tant qu'édifice religieux à la fin du X^e s.-XI^e s.

La population exhumée a été caractérisée : elle semble représentative de la population vivante, équilibrée entre hommes et femmes, et démontre une mortalité naturelle. L'étude anthropologique et archéologique a permis de proposer l'hypothèse d'une communauté rurale aux activités artisanales et/ou agricoles (fréquence de signes pathologiques dégénératifs, traumatiques et des marqueurs osseux d'activité cohérents) de taille relativement réduite dont le statut social est assez homogène.



1 > L'oppidum de la Granède (Millau) :

[n° 1] Plan général du site archéologique avec, au nord-ouest, l'église paléochrétienne et son espace funéraire et, au sud-est, les fortifications. [n° 2] Zoom sur le tiers est de l'église localisant le crâne de l'individu GRA17 et la sépulture de l'individu GRA8-6. [n° 3] Zoom sur la partie ouest des fortifications localisant la sépulture de l'individu GRA149-193 (plans issus du rapport de fouille 2013-2015).

L'espérance de vie y était bonne, l'état de santé bucco-dentaire équivalent à ce qui est connu pour les populations médiévales (Saint-Pierre *et alii* 2010, 2011, 2012).

Même si la population semble globalement homogène d'un point de vue anthropologique suivant les différentes phases de modification de l'église, certainement témoins d'évolutions culturelles, quelques cas particuliers ont cependant attiré notre attention. En 2007, l'individu GRA8-6 (sépulture 8 individu 6) a été découvert à l'intérieur de l'église, dans une salle annexe au chœur et daté par radiocarbone (^{14}C) entre 425 et 571 ap. J.-C., soit contemporain à la construction de l'église (Fig. 1, n° 2). En 2017, l'individu GRA149-193 a été découvert inhumé en dehors de l'espace funéraire et des fortifications contemporaines de la Granède (Fig. 1, n° 3). La datation ^{14}C de GRA149-193, 672-772 ap. J.-C., le donne contemporain de la période de transition des VII^e-VIII^e s. Enfin en 2017 également, un crâne, individu GRA17, a été découvert encasté à l'intérieur d'un mur de l'église à l'intersection des UM6 et UM30 (Fig. 1, n° 2). Cet individu daté au ^{14}C de 972 à 1042 ap. J.-C., se situe alors, chronologiquement, à la fin de l'occupation culturelle du site.

Ces individus, contemporains de trois phases majeures de fonctionnement du site (la fondation de l'église, la transition entre deux états de l'église, l'abandon de sa fonction culturelle), ont fait l'objet

de dépôts particuliers. Pour les comprendre, nous essayerons de répondre à ces deux questions grâce à une approche pluridisciplinaire anthropologique et paléogénomique : qui sont ces individus ? Et quelle(s) est (sont) la (les) raison(s) de l'emplacement choisi et des gestes funéraires (ou non) associés ?

Les particularités propres à ces individus nous ont conduits à vouloir leur donner un rôle spécial dans la narration de l'histoire de la Granède et la valorisation du site archéologique. Ainsi, à partir de ces résultats, des outils informatiques et d'imagerie 3D disponibles, nous nous sommes autorisés à poursuivre la démarche dans un but muséographique. Au-delà de l'individualité, et de l'histoire de chacun des sujets analysés, la restitution de leur visage devient un média muséographique. L'objectif sera alors à terme de susciter la curiosité des visiteurs du site archéologique à travers un individu vu comme la synthèse d'un sous-groupe de la population à une période donnée.

1. MÉTHODES

1.1 Étude anthropologique

À partir des restes osseux humains, lorsqu'ils sont étudiés dans leur contexte de découverte, les méthodes de l'archéothanatologie permettent de

déduire les gestes et/ou les dispositifs funéraires (Duday *et alii* 1990 ; Duday 2009). De plus, les méthodes ostéobiographiques sont nombreuses et permettent de définir l'identité d'un individu (âge, sexe, etc.) et son histoire de vie (migration, état de santé, alimentation, etc.) (Dutour, Hublin et Vandermeersch 2005).

Il est possible de saisir assez précisément l'âge d'un individu immature grâce à des méthodes d'estimation fondées sur l'analyse de processus biologiques de développement. Au contraire, il n'est pas possible de déterminer son sexe à partir d'éléments squelettiques puisqu'il ne présente pas encore de dimorphisme (Tillier 2005, p. 250). À l'inverse des individus immatures, le sexe des sujets matures/adultes (communément admis ayant plus de 20 ans), peut être déterminé de manière extrêmement fiable grâce à l'analyse de l'os coxal (os du bassin). En effet, il présente un dimorphisme sexuel acquis au cours de l'évolution de l'espèce humaine et notamment du bassin féminin s'adaptant à la grossesse et l'accouchement (Bruzek, Schmitt et Murail 2005). Mais leur âge ne peut être défini qu'à partir de marqueurs de sénescence (vieillesse) induit biologiquement et très dépendants du contexte de vie des individus, ne permettant pas d'obtenir des estimations d'âge plus précises qu'une appartenance à de grandes catégories comme : adultes jeunes [20-29] ans ; adultes [30-59] ans ; adultes âgés [>60] ans (Bruzek, Schmitt et Murail 2005).

Au regard de la grande diversité des méthodes d'estimations de l'âge au décès, pour les sujets immatures, notre choix s'est arrêté sur des méthodes statistiquement fiables fondées sur le développement dentaire (Moorrees, Fanning et Hunt 1963 ; Demirjian et Goldstein 1976 ; Colombo *et alii* 2013) ou la maturation osseuse et morphométrie crânienne¹, et pour les sujets matures, sur les modifications de la surface sacro-pelvienne iliaque (Schmitt *et alii* 2005). Par ailleurs, même s'il existe une large variabilité d'usure dentaire en fonction de la qualité de l'émail, du régime alimentaire et de la quantité d'éléments abrasifs exogènes, l'estimation de l'âge à partir de l'usure dentaire (Brothwell 1965, p. 67-70) ne permet que d'appuyer une borne plutôt que l'autre de l'intervalle d'estimation défini par les critères de sénescence. Quant au sexe des individus, il a été déterminé selon des méthodes morphoscopique (Bruzek 2002) ou morphométrique (Murail *et alii* 2005 ; Bruzek *et alii* 2017) de l'os coxal, validées statistiquement. La stature des individus matures a également été estimée (Cleuvenot et Houët 1993).

Enfin, une analyse paléopathologique (Dutour 2011) exhaustive et macroscopique des restes de ces individus a été menée pour rechercher les signes

(traumatiques, infectieux, dégénératifs, marqueurs de stress non spécifiques, etc.) et marqueurs osseux d'activité (Dutour 1992) qui permettent de comprendre leur état de santé au moment du décès et leurs conditions de vie. Une analyse complémentaire par imagerie médicale (radiologie, tomodensitométrie), lorsque c'était nécessaire, a été effectuée.

1.2 Approche paléogénomique

L'ADN contenu dans les cellules humaines est de deux types : l'ADN nucléaire et l'ADN mitochondrial. L'ADN nucléaire est présent en deux copies dans le noyau de chaque cellule. Il se compose d'environ 3,2 milliards de paires de bases (pb) et se subdivise en 46 chromosomes (22 paires d'autosomes et 1 paire de chromosomes sexuels) dont la moitié provient de la mère, et l'autre, du père. L'ADN mitochondrial, contenu dans les mitochondries (organites nécessaires à la production d'énergie cellulaire via la respiration), est une molécule circulaire composée de 16 569 paires de bases, présente en plusieurs centaines à milliers de copies par cellule, et est transmis uniquement de la mère à l'enfant.

L'approche paléogénomique permet l'obtention de génomes nucléaires et mitochondriaux complets ou partiels à partir de vestiges humains (moyennant une conservation satisfaisante de l'ADN ancien) et peut procurer divers éléments de discussion concernant l'identité des individus. Elle peut ainsi permettre de définir le sexe des individus, compensant l'absence de diagnose sur la base des ossements de sujets immatures ou adultes. L'obtention de données génomiques procure également des informations quant à l'héritage génétique biparental (via l'analyse de marqueurs autosomaux), paternel (grâce à l'analyse de marqueurs spécifiques au chromosome Y) et maternel (grâce à l'analyse du génome mitochondrial) des individus. L'étude de cet héritage multiple permet à la fois de reconstituer les filiations entre individus, mais également de préciser les affinités génétiques des individus avec d'autres populations anciennes ou actuelles, documentant ainsi leurs origines géographiques. L'approche paléogénomique permet enfin de discuter des caractères phénotypiques des individus via l'analyse de gènes impliqués dans la couleur des yeux, des cheveux ou de la peau.

Une première série d'analyses paléogénomiques² a été entreprise, visant à tester la conservation d'ADN endogène humain pour les trois vestiges présentés dans cet article. Les prélèvements ont été réalisés au niveau de la partie pétreuse de l'os temporal (Fig. 2). Cette région anatomique est reconnue comme zone de choix concernant la conservation d'ADN (Gamba *et alii* 2014). Après l'extraction de l'ADN selon la méthode de Dabney *et alii* (2013), une



2 > Préparation des prélèvements osseux pour le séquençage d'ADN ancien :
 [n° 1] Toutes les précautions sont prises pour éviter les contaminations (gants, masques, prélèvements sous hotte aspirante, etc.). [n° 2] Le prélèvement osseux se fait spécifiquement dans la partie pétreuse de l'os temporal (partie osseuse la plus dense du corps humain et qui conserve le mieux l'ADN ancien). [n° 3] L'échantillon prélevé correspond à quelques milligrammes de poudre d'os. [n° 4] Échantillon conditionné (cl. M.-Fr. Deguilloux).

librairie d'ADN (ensemble des fragments d'ADN) a été construite selon la méthode de Meyer et Kircher (2010) et un premier séquençage *shotgun* haut-débit (séquençage du génome entier constitué de fragments aléatoires, non ciblés sur des séquences d'intérêt) de la librairie a été effectué sur un séquenceur NextSeq (*paired-end* 2x75pb), visant environ 1 million de séquences. L'étude des séquences récupérées à l'issue de ce premier séquençage a permis de quantifier le pourcentage d'ADN humain ancien (ADN endogène) en le comparant au génome humain de référence Hs37d5 et de tester son authenticité via la recherche de dégradations spécifiques à l'ADN ancien, les déaminations. Moyennant la démonstration d'une conservation de l'ADN satisfaisante, un second séquençage *shotgun* haut-débit a été entrepris, visant l'obtention de génomes partiels faible couverture (0,1X).

Le sexe génétique a été déterminé via le calcul du paramètre R_y , comparant le nombre de séquences mappant sur les chromosomes X et Y (Skoglund *et alii* 2013). Les lignées maternelles ont été typées via *Haplogrep* (Weissensteiner *et alii* 2016) et les lignées paternelles via *Y leaf* (Ralf *et alii* 2018). Les génomes nucléaires partiels ont également été comparés aux données génomiques disponibles pour les groupes européens actuels (Panel HO - Human Origin ; Patterson *et alii* 2012) sur environ 600 000 SNPs (*Single Nucleotide Polymorphisms*, région d'intérêt sur l'ADN permettant de répondre à un questionnaire donné) afin de discuter des affinités génétiques des individus. Enfin, l'étude de 41 SNPs informatifs en

termes de phénotype (*i.e.* couleur des yeux, des cheveux et de la peau, impliquant 18 gènes répartis sur 9 chromosomes différents) a été réalisée à l'aide de l'outil *HirisPlex* (Chaitanya *et alii* 2018).

1.3 Création de médias muséographiques

Seuls les individus GRA17 et GRA8-6 ont bénéficié de cette approche. Les crânes de ces sujets ont été acquis par tomographie à densité de matière (TDM³) avec un microscanner GE v|tome|x S à des résolutions respectivement de 0,105 mm et 0,123 mm (dépendante de la taille du crâne scanné). Le crâne du sujet GRA149-193 étant très fragmentaire et déformé, le modèle 3D du crâne nécessiterait d'abord un traitement chronophage des images TDM et du modèle 3D pour le rétrodéformer et reconstruire les parties manquantes.

1.3.1 Reconstruction faciale

L'imagerie TDM permet d'investiguer les structures internes (*i.e.* signes pathologiques non visibles en surface de l'os, analyses des germes dentaires) mais est également utile à la conservation des restes archéologiques⁴. Elle permet aussi d'accéder aux structures osseuses en trois dimensions et d'en recréer les structures disparues (Coqueugniot *et alii* 2010). Il est alors possible de restituer le visage d'un individu à partir de son crâne. En 2D comme en 3D, deux méthodologies existent pour proposer un visage à partir de restes osseux, chacune ayant ses propres limites. La première, la vue d'artiste, est soumise à la subjectivité de son auteur. La seconde,

la méthode informatisée, fondée sur des bases de données d'épaisseur de tissus mous, est dépendante du manque de données ne couvrant pas la totalité de la variabilité des formes et épaisseurs des tissus mous humains.

Ainsi, à partir des images TDM des crânes, un modèle 3D a été réalisé grâce au logiciel TIVMI⁵ (Dutailly *et alii* 2009 ; Guyomarc'h *et alii* 2012). Le *plug-in* AFA3D (Guyomarc'h *et alii* 2014) de ce logiciel a permis d'effectuer une approximation faciale ; un modèle 3D du visage est calculé à partir de la morphométrie crânienne. Une série de 78 points craniométriques définis dans AFA3D a été placée sur le modèle du crâne. Si certains points ne pouvaient pas être positionnés, du fait de parties manquantes ou trop dégradées, ils ont été estimés à partir de ceux placés et de la morphologie générale du crâne. Le sexe connu des individus a permis d'exclure la variabilité relative à l'autre sexe dans le calcul du modèle 3D du visage. Ce dernier est une surface lisse sans caractéristique et non texturée.

1.3.2 Texturage et restitution réaliste

La restitution réaliste du visage a été réalisée grâce au logiciel open source *Blender*⁶. Il s'agit d'un logiciel de modélisation et d'animation 3D de très haute qualité, familier de l'archéologie, particulièrement utile au traitement et à la communication des données de la recherche. Le travail de restitution du visage a nécessité plusieurs phases.

(1) Le nettoyage des visages 3D issus du logiciel TIVMI était obligatoire. En effet, ces modèles sont des surfaces ne contenant pas les cavités sous-jacentes aux lèvres et aux yeux fermés. Leur ouverture était préliminaire à l'ajout des cavités liées : les globes oculaires et la bouche. Le maillage triangulaire du modèle initial a dû être converti en maillage rectangulaire plus adapté. Enfin, un rendu visuel crédible a nécessité le dépliage d'un atlas UV pour y plaquer les textures au bon endroit. L'atlas UV permet de relier un espace 3D à un espace 2D. Son « dépliage » consiste en la mise à plat du modèle 3D.

(2) Ensuite, à l'aide du logiciel open source *makeHuman*⁷, un corps adéquat à chaque visage a été créé en fonction des caractéristiques d'âge, de sexe et de taille des individus analysés, puis importé et relié à la tête. De la même manière, les yeux ont été modélisés et correctement placés en fonction des paupières. La pilosité (*i.e.* cils, sourcils, cheveux, barbe) a été créée en utilisant des particules ou des courbes. En fonction de leur position, chaque poil est défini par un point de départ, une trajectoire (courbe dans l'espace) et une durée (*i.e.* sa longueur). En parallèle, une armature sommaire a été créée pour améliorer la posture du modèle,

changer la direction du regard ou l'expression du visage que nous avons voulue assez neutre.

(3) Vêtements et ornements, quant à eux, ont été repris de l'iconographie. Une fois la modélisation terminée, des matériaux réalistes ont été créés pour chaque élément du modèle (*i.e.* la peau, les différents types de poil, les pupilles, les tissus, les métaux) et composés pour réagir de manière réaliste à la lumière.

2. GRA17 : ADÈLE

2.1 Découverte et contexte archéologique

La découverte fortuite de GRA17 a fait suite à l'effondrement d'une partie du mur gouttereau nord de l'église (UM 6), à l'intersection avec l'extension (UM 30) au nord (Fig. 1, n°1 ; Fig. 3, n°1). Le crâne de GRA17 était encastré à l'intérieur du mur (Fig. 3, n°2) et a été retrouvé seul, dans un excellent état de conservation. Déconnecté de toutes les autres parties du squelette, il n'y avait ni mandibule, ni dents monoradiculées associées. Ainsi, l'état de conservation du crâne permet d'affirmer un prélèvement volontaire (Fig. 3, n°3). Le caractère intentionnel du dépôt, avec le calage du crâne par de petites pierres, est donc indiscutable, il s'agit là alors d'un dépôt secondaire (Duday *et alii* 1990). La datation ¹⁴C (972-1042 ap. J.-C., datation ETH-85460) le place chronologiquement à la fin de l'occupation culturelle du site.

2.2 Anthropologie

GRA17 est représenté uniquement par son crâne (Fig. 4, n°1), le squelette infracrânien et la mandibule étant absents. Quelques altérations taphonomiques de la surface corticale exocrânienne, majoritairement des os maxillaires et frontal, sont notées. La dentition est composée des premières et secondes molaires déciduales et premières molaires permanentes, toutes en occlusion. Les deuxièmes molaires permanentes sont visibles dans l'os alvéolaire.

La radiographie (Fig. 4, n°2) éditée à partir des images TDM du crâne de GRA17 a révélé les germes des canines permanentes, des premières et secondes prémolaires. Les stades de minéralisation dentaire permettent d'estimer un âge au décès compris entre 7 et 10,5 ans. En concordance avec l'âge dentaire, la synchondrose sphéno-occipitale ouverte associée à la morphométrie crânienne indique un âge de 8,7 et 10,2 ans (9,4 ans étant l'âge le plus probable).

La dentition ne présente pas d'atteinte pathologique (*i.e.* caries, abcès, parodontose, hypoplasie de l'émail dentaire) à l'exception d'un léger dépôt de tartre cervical des premières molaires déci-



3 > Découverte du crâne de GRA17 :

[n° 1] Localisation du crâne de GRA17 avant l'effondrement du mur (UM6). [n° 2] Crâne de GRA17 en cours de fouille.
[n° 3] Crâne de GRA17 avant démontage, mise en évidence des pierres de calage (cl. Chr. Saint-Pierre).

duales. Les dents absentes ont été perdues *post-mortem*, aucune réaction osseuse sous-jacente n'a été observée. Elles ont pu se déchausser pendant ou avant le prélèvement du crâne. L'état de santé bucco-dentaire de GRA17 semble (en dépit de l'absence de mandibule) bon et comparable à celui de l'ensemble des sujets immatures de la Granède dont 41 % présentent au moins une dent cariée et 49 % une dent avec du tartre (Naji, information orale).

Les images TDM n'ont révélé aucune lésion osseuse interne et ont permis de confirmer que la plupart des stigmates et porosités de surface sont d'ordre taphonomique. Cependant, certaines de ces lésions relèveraient plutôt d'un léger syndrome porotique. En effet, les microporosités observées sur les grandes ailes de l'os sphénoïde et les plafonds orbitaires pourraient indiquer un épisode de stress biologique, éventuellement carenciel (Walker *et alii* 2009 ; Snoddy *et alii* 2018).

Enfin, un léger bombement de l'os occipital vers l'arrière du crâne (Fig. 4, n°1) pourrait être rapproché d'un « chignon occipital », variation anatomique assez fréquente dans la population de la Granède (Saint-Pierre *et alii* 2010, p. 88), constituant l'unique particularité morphologique.

D'après l'analyse de son crâne, GRA17 serait un enfant d'environ 9 ans ne présentant aucune condition pathologique majeure identifiable sur l'os, et dont les caractéristiques morphologiques sont en accord avec la population ostéoarchéologique de la Granède en général.

Le statut secondaire du dépôt, la datation contemporaine, le rapprochement de l'individu à la population et la fouille exhaustive de l'espace funéraire laissent à penser que le reste du squelette aurait pu se trouver parmi la collection ostéoarchéologique déjà exhumée et conservée. Ainsi, l'âge de GRA17 concordait avec le développement dentaire de onze autres sujets immatures, dont un seul avait son crâne manquant. Cependant, lors de la mise en correspondance du crâne de GRA17 et de la mandibule identifiée, l'articulation entre les deux éléments ne fonctionnait pas. Lors de ses premières fouilles, L. Balsan a exhumé une quinzaine d'individus dont les restes ont été perdus. Même si cela semble peu probable, au vu des photographies prises en cours de fouille et qui nous sont parvenues, le squelette associé à GRA17 pourrait faire partie de ces restes disparus.

2.3 Paléogénomique

Le premier séquençage de la librairie d'ADN obtenue pour GRA17 a permis de démontrer une très bonne conservation de l'ADN ancien au sein du vestige, avec un pourcentage d'ADN endogène humain d'environ 54 % (le reste des séquences correspondant à de l'ADN environnemental, c'est-à-dire provenant de micro-organismes ayant colonisé le vestige durant sa vie taphonomique). L'ADN humain récupéré présente les caractéristiques attendues pour de l'ADN ancien (taux de déamination important, environ 10 %, et fragments d'ADN de faible longueur, en moyenne de 88 pb) attestant de l'authenticité des



4 > Analyse anthropologique du crâne de GRA17 :
 [n° 1] Vues frontale et latérale gauche du crâne de GRA17 (cl. Chr. Saint-Pierre). [n° 2] Radiographie latérale gauche du crâne de GRA17 mettant en évidence (de gauche à droite) les germes dentaires des canine, première et seconde prémolaires permanentes supérieures (cl. A. Colombo).

séquences obtenues et l'absence de contaminations. Le séquençage plus poussé de la librairie a permis l'obtention de plus de dix millions de séquences, permettant la reconstitution d'un génome nucléaire à faible couverture 0,15x (chaque position du génome est couverte en moyenne 0,15 fois), ainsi qu'un génome mitochondrial de 19,7x.

Avec un R_y égal à 0,0009 ($\pm 0,0001$), un sexe féminin a pu être caractérisé pour GRA17.

L'analyse de l'ADN mitochondrial via *Haplogrep* a permis d'identifier la lignée maternelle de GRA17 comme une lignée typiquement européenne : la lignée HV0d. Cette dernière est majoritairement présente aujourd'hui au nord du Bassin méditerranéen⁸.

L'analyse de statistiques de forme f_3 (Mbuti; GRA17, test), où « test » représente une population européenne actuelle, a permis de montrer des affinités avec les populations actuelles localisées à l'ouest de l'Europe occidentale (valeurs f_3 les plus hautes) (Fig. 5, n°1). De plus, l'ACP construite à partir des données génomiques disponibles (Fig. 6) montre que GRA17 rentre dans la variabilité des groupes actuels du sud de la France.

Enfin, la couverture des SNPs informatifs en termes de caractères phénotypiques ciblés est trop faible pour permettre une caractérisation précise de la couleur des cheveux ou des yeux. Seul le caractère « peau claire » a pu être déterminé avec une probabilité de 55 %.

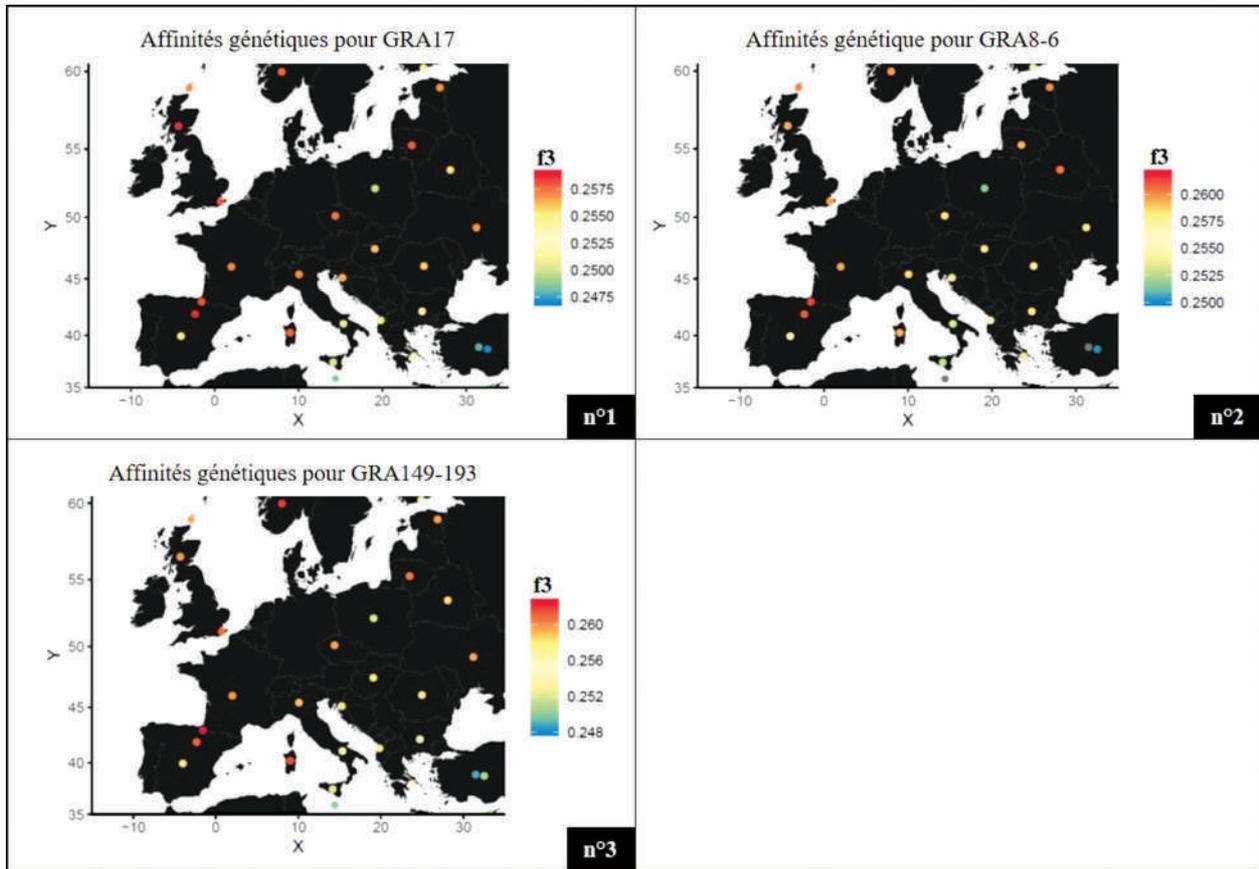
2.4 Restitution du visage

Les analyses anthropologiques et paléogénomiques nous apprennent que GRA17 (même si la fiabilité

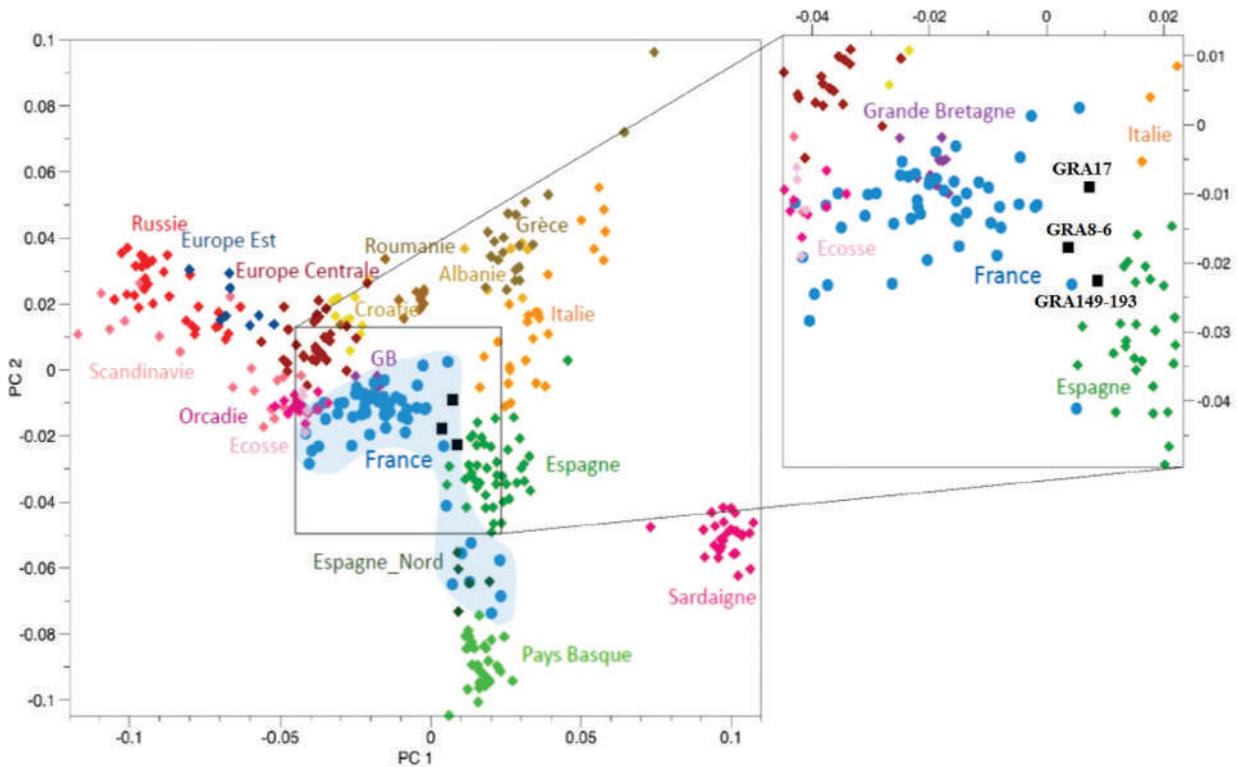
de certains critères reste modérée) est le crâne d'une petite fille âgée d'environ 9 ans qui aurait eu la peau claire, dont les origines maternelles seraient typiquement européennes, voire méditerranéenne, et dont le génome se place dans la variabilité française actuelle. À partir de ces éléments et avec toutes les précautions et les approximations que cela nécessite, nous nous sommes proposé, dans un but uniquement muséographique, de lui restituer un visage.

À partir des images TDM (Fig. 7, n° 1), le modèle 3D du crâne de GRA17 (Fig. 7, n° 2) a été réalisé. Une série de points craniométriques y a été positionnée et les points de la mandibule non identifiables – du fait de son absence – ont été estimés à partir de la morphologie générale du crâne (Fig. 7, n° 3). Le sexe génétique, féminin, a permis d'exclure la variabilité masculine dans le calcul du modèle 3D du visage (Fig. 7, n° 4). Une fois la modélisation du visage et du haut du corps effectuée (Fig. 7, n° 5), la modélisation des vêtements et de l'ornementation a été inspirée de la reconstitution vestimentaire de l'adolescente de la tombe 12 des tombes aristocratiques de Saint-Dizier datées du VI^e s. ap. J.-C. (Truc *et alii* 2008) permettant le rendu final réaliste (Fig. 7, n° 6).

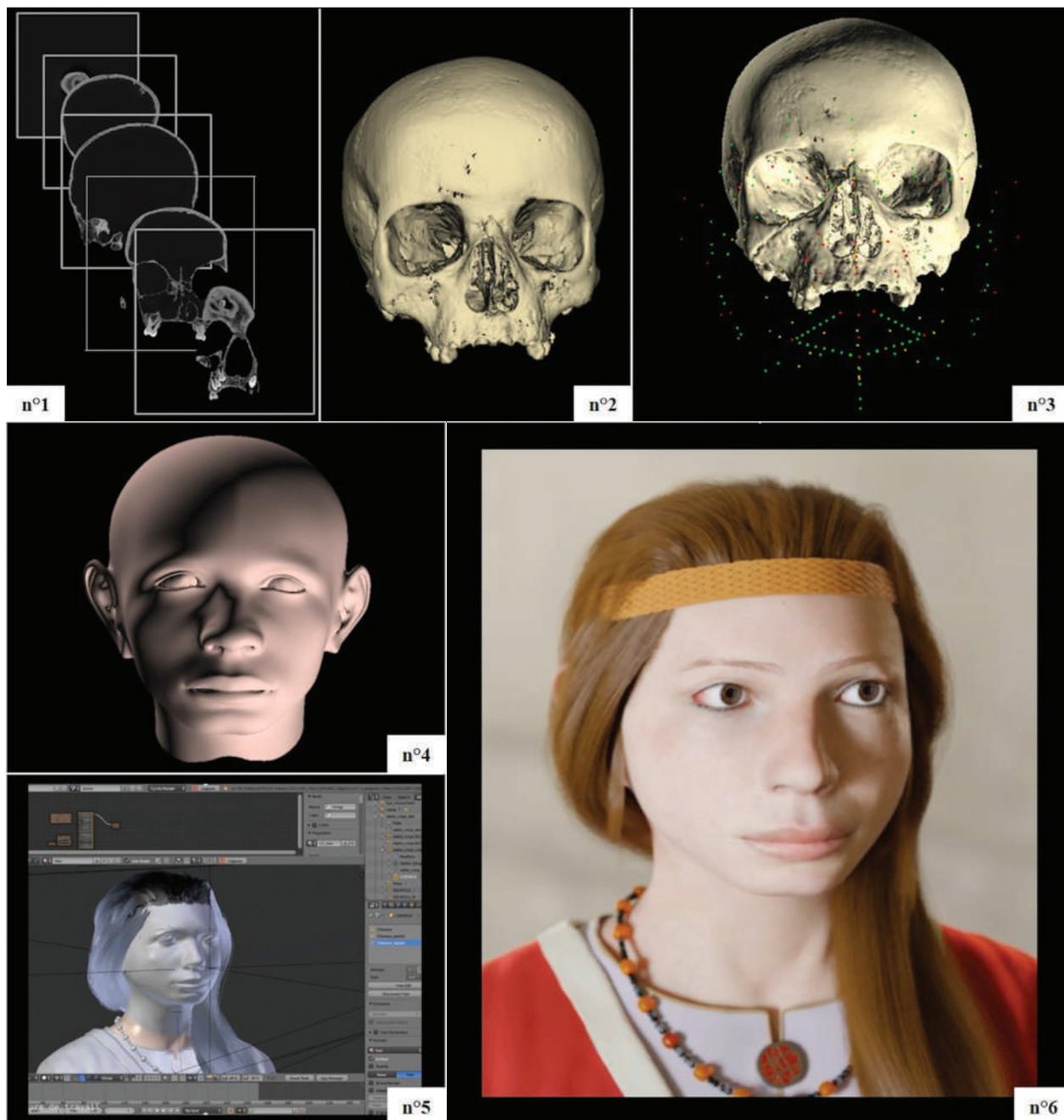
Obtenir un tel visage nous a incités à pousser la démarche de personnification de cet enfant en lui choisissant un prénom. Notre choix, Adèle, fait écho à Adèle de Carlat, vicomtesse de Carlat, mais également de Millau et Rodez par mariage, ayant vécu dans la première moitié du XI^e s. ap. J.-C., contemporaine de la fin de l'utilisation culturelle du site de la Granède.



5 > Représentations de l'affinité génétique des individus de la Grande étude. Plus la valeur de f_3 est importante, f_3 (Mbuti; PopModerne, GRA), plus l'individu analysé partage de SNPs avec la population européenne ciblée : [n° 1] Affinités génétiques pour GRA17. [n° 2] Affinités génétiques pour GRA8-6. [n° 3] Affinités génétiques pour GRA149-193.



6 > Analyse en Composantes Principales (ACP) comparant le génome de GRA17, GRA8-6 et GRA149-193 à ceux des individus du panel Human Origin.



7 > Chaîne de traitement menant à la restitution réaliste d'Adèle :
 [n° 1] Coupes tomодensitométriques (TDM) du crâne de GRA17 (résolution : 0,105 mm). [n° 2] Modélisation 3D du crâne de GRA17 à partir des images TDM. [n° 3] Points craniométriques à positionner sur GRA17 (en jaune) et points calculés nécessaires à la production de l'approximation faciale 3D (en vert et rouge). [n° 4] Approximation faciale 3D de GRA17.
 [n° 5] Écran de travail de la modélisation des cheveux, des vêtements et bijoux sur le logiciel Blender® v.2.79.
 [n° 6] Proposition d'un portrait réaliste d'Adèle.

3. GRA 8-6 : EMILIUS

3.1 Découverte et contexte archéologique

La sépulture 8, contenant l'individu 6 (GRA8-6), a été découverte à l'intérieur de l'église dans une annexe au chœur. Elle était installée en appui sur l'UM 10 (Fig. 1, n° 2 ; Fig. 8). Cette localisation particulière peut être reconnue comme privilégiée.

D'après la datation ¹⁴C de GRA8-6, 425-571 ap. J.-C. (Lyon-4563 GrA), il serait chronologiquement contemporain de la fondation de l'église.

L'analyse archéothanatologique a permis de caractériser cet ensemble comme une sépulture primaire individuelle dans laquelle l'individu s'est décomposé en espace vide (Saint-Pierre et Colombo 2010). La sépulture est orientée nord-sud, orientation



8 > Sépulture de l'individu GRA8-6 (cl. Chr. Saint-Pierre).

partagée par moins de 4% des sépultures identifiées, la tête de GRA8-6 au nord. Elle est de plan rectangulaire, avec des parois latérales en blocs de pierre non liés et agencés verticalement, mais perturbée à la tête par l'implantation d'une sépulture plus récente (sépulture 11) et au pied par un réseau racinaire dense. Parmi les 9 groupes typologiques de sépultures identifiés à la Granède, son architecture et l'analyse archéothanatologique ont cependant permis de la rapprocher du groupe 6 : coffrage mixte (présence simultanée de pierres et éléments périssables type bois). C'est l'un des groupes les moins représentés puisqu'environ 8% des sépultures mises au jour sur le site y sont classées. Enfin, GRA8-6 a été déposé à même le substrat, sur le dos, les membres allongés, le visage à l'ouest, les membres supérieurs avec les mains sur le bassin. Cette position est largement majoritaire sur le site (Saint-Pierre et Colombo 2010).

3.2 Anthropologie

GRA8-6, dans un état de conservation moyen, présente des os coxaux trop dégradés pour pouvoir déterminer avec fiabilité son sexe et estimer son âge. Cependant, l'ensemble des points d'ossification observables fusionnés, notamment l'extrémité sternale de la clavicule et les anneaux épiphysaires des vertèbres, les derniers à achever leur maturation (Scheuer et Black 2000), permet de considérer GRA8-6 comme un adulte mature, ayant plus de 30 ans. De plus, la présence d'une usure modérée des molaires tend à appuyer ce constat.

Avec un fémur mesurant 45,4 cm, GRA8-6 devait mesurer entre 1,66 et 1,74 m. En plus d'un chignon occipital, cet individu présente également une certaine robustesse du crâne (arcades sourcilières épaisses, processus mastoïde volumineux, menton développé, arcade dentaire maxillaire large).

En dehors d'une perte massive *post mortem* des dents monoradiculées (Fig. 9, n°1), GRA8-6 ne présente qu'un dépôt de tartre relativement léger, ce qui tend à lui définir un état de santé bucco-dentaire meilleur que pour la population de la Granède en général dont près des deux tiers présentent du tartre, plus de la moitié au moins une dent cariée et plus du tiers la perte d'au moins une dent *ante mortem* (Naji, information orale).

GRA8-6 présente quelques enthésopathies. Ces modifications des insertions des tendons ou ligaments peuvent être mises en relation avec une sur-sollicitation des membres et des muscles lors d'activités répétées plus ou moins intenses (Dutour 1992). Le développement de l'insertion du ligament costo-claviculaire des clavicules, plus marqué à droite qu'à gauche (Fig. 9, n°2), de l'insertion du muscle grand pectoral sur la crête du tubercule majeur de l'humérus, et de l'insertion du muscle deltoïde sur la tubérosité deltoïdienne de l'humérus (Fig. 9, n°3) indique une activité entraînant une sollicitation importante et asymétrique de l'épaule et du bras droits de GRA8-6. Cependant ces enthésopathies ne sont pas surprenantes pour la population de la Granède puisque 88% des hommes (contre 59% des femmes) présentent des enthésopathies du membre supérieur (Berthon *et alii* 2016).

Quelques signes d'arthrose sont visibles à l'extrémité sternale de la clavicule et peuvent être associés aux marqueurs osseux d'activité précédemment décrits. Dans la population adulte de la Granède, les signes d'arthrose sont présents sur le membre supérieur avec une prévalence d'environ 53% (Berthon *et alii* 2016).

GRA8-6 présente également des signes d'infection non spécifique (réactions sous-périostées plus ou moins marquées et étendues) au niveau du membre inférieur droit : dans le tiers médian des diaphyses du tibia et de la fibula (Fig. 9, n°4), face latérale de l'extrémité distale de la fibula et face médiale de l'extrémité distale du tibia (Fig. 9, n°5), face plantaire de la première phalange distale du pied – gros orteil – (Fig. 9, n°6). Ces signes sont assez peu courants dans la population. Enfin, cet individu n'a aucune atteinte traumatique (fracture ou autre) qui, toutes localisations confondues, présente dans la population une prévalence d'environ 67 % pour les hommes et 23% pour les femmes (Berthon *et alii* 2016).

3.3 Paléogénomique

Le premier séquençage de la librairie d'ADN obtenue pour GRA8-6 a permis de quantifier un pourcentage d'ADN endogène humain d'environ 45 %, démontrant une bonne conservation de l'ADN endogène au sein de ce nouveau vestige.



9 > Analyse anthropologique de GRA8-6:

[n° 1] Crâne de GRA8-6 en vue antérieure (cl. A. Colombo). [n° 2] Extrémités sternales des clavicules gauche et droite en vue inférieure : mise en évidence de l'insertion en creux surdéveloppée du ligament costo-claviculaire (flèches blanches). [n° 3] Vue antérieure de l'humérus droit montrant l'insertion en creux développée du muscle grand pectoral sur la crête du tubercule majeur de l'humérus (flèche supérieure) et de l'insertion développée du muscle deltoïde sur la tubérosité deltoïdienne de l'humérus (flèche inférieure). [n° 4] Réaction sous-périostée (cercle en pointillés) dans le tiers médian de la fibula. [n° 5] Face médiale de l'extrémité distale du tibia présentant une réaction sous-périostée (cercle en pointillés). [n° 6] Face plantaire de la première phalange distale du pied avec (flèche) une réaction sous-périostée (cl. W. Berthon pour les images n° 2 à 6).



10 > Chaîne de traitement menant à la restitution réaliste d'Emilius :

Vue antérieure [n° 1] et latérale gauche [n° 2] du crâne de GRA8-6 avec les points craniométriques positionnés (en vert) et les points calculés nécessaires à la production de l'approximation faciale 3D (en jaune et bleu).
[n° 3] Approximation faciale 3D de GRA8-6. [n° 4] Proposition d'un portrait réaliste d'Emilius.

Tout comme GRA17, l'ADN humain récupéré pour l'échantillon GRA8-6 présente les caractéristiques d'ADN ancien notamment des fragments de petite taille, en moyenne de 85 pb. Le séquençage poussé de la librairie d'ADN a livré plus de six millions de séquences permettant la reconstitution d'un génome nucléaire à faible couverture de 0,08x, alors que le génome mitochondrial a une couverture de 4,39x. Avec un Ry de 0,0865 ($\pm 0,0008$), GRA8-6 se voit attribuer un sexe masculin alors qu'il était resté indéterminé par l'analyse osseuse.

L'ADN mitochondrial analysé via *Haplogrep* a permis d'identifier la lignée maternelle de GRA8-6 : la lignée J1b1a2. Il s'agit d'une lignée typiquement européenne. Cette lignée est majoritairement présente aujourd'hui en Italie et en Grèce⁹. L'analyse de l'ADN nucléaire, et plus précisément des marqueurs du chromosome Y avec *Y-leaf*, a permis de déterminer précisément la lignée paternelle de GRA8-6, R1b1a1b1a1a1c2b2b1a, qui appartient au macrohaplogroupe R1b¹⁰ majoritaire en Europe pouvant

représenter selon les régions jusqu'à 80% des lignées maternelles aujourd'hui.

L'analyse de statistiques de forme f3(Mbuti; GRA8-6, test), a permis de pointer des affinités avec les populations actuelles localisées à l'ouest de l'Europe occidentale et plus particulièrement du nord de l'Espagne (valeurs f3 les plus hautes) (Fig 5, n° 2). De plus, l'ACP construite à partir de ces données (Fig. 6) montre que GRA8-6 rentre dans la variabilité des groupes actuels du sud de la France.

Enfin, la couverture des SNPs informatifs en termes de caractères phénotypiques est trop faible pour permettre de caractériser la couleur des cheveux ou des yeux. Seul le caractère « peau claire » a pu être déterminé avec une probabilité de 68 %.

3.4 Restitution du visage

Les analyses anthropologiques et paléogénomiques nous apprennent que GRA8-6 est un homme adulte ayant eu une activité physique répétée suffisamment intense et durable dans le temps pour avoir marqué son squelette. Il avait certainement la peau claire, des origines maternelles et paternelles typiquement européennes voire méditerranéennes, avec une affinité pour les populations actuelles du sud de la France. Comme pour Adèle, avec toutes les précautions nécessaires, nous nous sommes proposés, sur la base de ces éléments, de redonner un visage à cet homme dans un but muséographique.

De la même manière que pour Adèle, le modèle 3D du crâne de GRA8-6 a été réalisé, puis la série de points craniométriques y a été positionnée (Fig. 10, n° 1 et n° 2). Le modèle du visage de GRA8-6 est a priori moins sujet à discussion que celui d'Adèle étant donné le caractère complet du crâne et de la mandibule. Le sexe génétique masculin a permis d'exclure la variabilité féminine du calcul du modèle 3D du visage (Fig. 10, n° 3). Une fois la modélisation du visage et du haut du corps effectuée, des vêtements ont été choisis volontairement neutres et sans ornement, les données dans la littérature pour cette époque étant peu précises (Fig. 10, n° 4).

Le visage ainsi restitué nous a amené à choisir un prénom à cet individu. Notre choix, Emilius, fait notamment référence à l'une des hypothèses de l'origine du nom de la ville de Millau (Artières 1943, p. 23-24).

4. GRA 149-193

4.1 Découverte et contexte archéologique

La sépulture 149, contenant l'individu 193 (GRA149-193), a été découverte lors de la campagne de fouille

2017 qui avait pour objectif l'étude complémentaire des fortifications. Elle est située à proximité de l'entrée du site à l'extérieur des remparts, entre le chemin d'accès et le mur 49.2 contre lequel elle repose (Fig. 1, n° 3 ; Fig. 11, n° 1 et 2) et dont la construction serait contemporaine de l'installation de l'église. Cette sépulture est complètement isolée (exclue ?) de l'espace funéraire. La datation ¹⁴C de GRA149-193 le situe chronologiquement entre 672 et 772 ap. J.-C. (ETH-82884), soit à une période de transition importante sur le site.

Repérée par sa couverture de dalles de calcaire, elle est orientée nord-ouest - sud-est, la tête de GRA149-193 placée au nord-ouest. Cette orientation n'a été reconnue que pour cette sépulture ; 91 % étant orientées ouest-est, environ 4 % orientées nord-sud, 4% sud-ouest - nord-est, moins de 1% est-ouest (Saint-Pierre *et alii* 2010, 2011, 2012).

L'analyse archéothanatologique et architecturale de la sépulture n'a pas permis de mettre en évidence avec certitude le groupe typologique auquel cette sépulture appartient. Toutefois, la présence d'une dalle au niveau de la tête et la position en appui contre le mur des dalles de couverture permettraient d'identifier une sépulture en demi-bâtière (Fig. 11, n° 1) que l'on pourrait rattacher au groupe 1 : en bâtière. Ce groupe est le plus représenté avec près du quart des structures funéraires du site. Déjà présent lors des premiers siècles d'occupation médiévale de la Granède, il devient bien plus fréquent à compter de la transition des VII^e-VIII^e s. ap. J.-C.

L'individu bien représenté conservait une logique anatomique évidente, attestant du dépôt primaire dans la sépulture. L'analyse archéothanatologique a montré que GRA149-193 aurait été inhumé sur le côté droit, les genoux fléchis, les membres supérieurs ramenés vers l'avant du corps, les mains proches du visage. Or, parmi les sujets exhumés sur le site et dont la position d'inhumation a pu être définie, 93 % d'entre eux ont été déposés sur le dos, les positions latérales représentant les 7% restants. Excepté l'individu GRA149-193, cette position a été identifiée pour des individus immatures seulement et surtout des enfants.

4.2 Anthropologie

L'analyse anthropologique du squelette de GRA149-193 a permis d'affirmer que la maturation osseuse de cet individu est achevée. L'âge au décès de ce sujet ne peut donc être estimé qu'à partir des processus de sénescence. L'examen des surfaces sacro-pelviennes gauche et droite donne un âge estimé appartenant à la classe [30-49] ans. Le niveau d'usure dentaire (Fig. 12, n° 1 et *cf. infra*) de GRA149-193 n'est par ailleurs pas incohérent avec la partie haute de



11 > Sépulture de l'individu GRA149-193 :
 [n° 1] Dalle de couverture de la sépulture en appui contre le mur 49.2. [n° 2] GRA149-193 in situ (cl. Chr. Saint-Pierre).

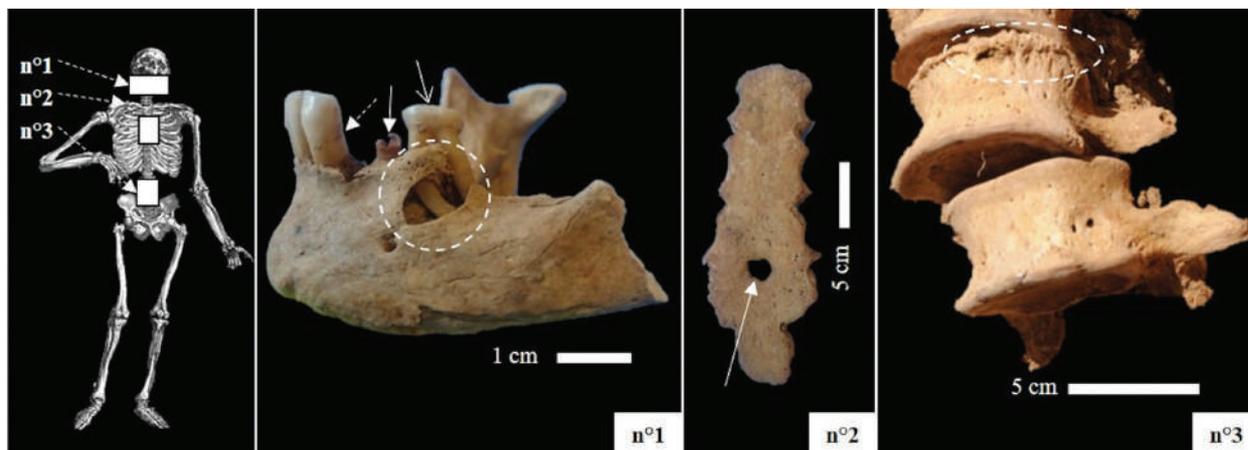
l'intervalle d'âge estimé. La bonne conservation du squelette en général, et particulièrement des deux os coxaux, a permis de déterminer de manière certaine son sexe : féminin. De même, avec la bonne préservation des os longs et un fémur de 38,3 cm, sa stature a été estimée entre 1,45 et 1,52 m. De plus, quelques variations anatomiques ont été identifiées : une perforation sternale (Fig. 12, n°2), un chignon occipital et un torus palatin. Les deux dernières ne sont pas rares dans la population ostéoarchéologique de la Granède (Saint-Pierre *et alii* 2010, p. 88).

L'analyse paléopathologique de GRA149-193 a permis de montrer un état bucco-dentaire médiocre (Fig. 12, n°1). En plus d'un dépôt de tartre surtout sur les faces linguales des incisives inférieures, cinq dents ont été perdues *ante mortem*, plusieurs caries ont atteint la cavité pulpaire, la deuxième prémolaire inférieure gauche n'étant plus représentée que par sa racine (comme trois autres dents non identifiables) et un abcès s'est formé au niveau de la racine mésiale de la première molaire inférieure gauche avec une lésion ostéolytique de 8 mm de diamètre environ (Fig. 12, n°1). Étant donné l'aspect réactif de l'os autour de cette lésion et de sa taille, il n'est pas

inconcevable de penser qu'une infection généralisée liée à la rupture de l'abcès puisse avoir entraîné le décès. De plus, une usure dentaire importante laisse apparaître *a minima* des îlots de dentine sur toutes les dents retrouvées jusqu'à une abrasion complète de la couronne. Comparé à l'ensemble des individus adultes, GRA149-193 a un état de santé bucco-dentaire moins bon, puisque présentant l'ensemble des atteintes possibles et notamment un abcès dentaire, signe présent pour moins d'un sujet adulte sur cinq (Naji, information orale).

La présence d'ostéophytes marginaux sur les bords antérieurs des plateaux vertébraux des 3^e, 4^e et 5^e vertèbres lombaires, 7^e, 11^e et 12^e vertèbres thoraciques indique que GRA149-193 développait une arthrose thoraco-lombaire (Fig. 12, n°3), qui n'est pas incohérente avec son âge et qui est très représentée dans la population de la Granède (Naji, information orale).

Enfin, une déformation bilatérale et symétrique des humérus de GRA149-193 a été observée. Elle est caractérisée par une courbure médio-latérale accentuée et une tête humérale déportée postérieurement.



12 > Analyse anthropologique de GRA149-193 :

[n° 1] Mandibule de l'individu GRA149-193 résumant son état de santé bucco-dentaire médiocre : tartre (flèche en pointillé), couronne de la seconde prémolaire gauche détruite par un processus carieux (flèche pleine), usure dentaire sur la moitié de la hauteur de la couronne de la première molaire gauche (flèche avec tête ouverte), abcès (cercle pointillé).
 [n° 2] Perforation sternale (variation anatomique). [n° 3] Vertèbres lombaires en vue latérale gauche avec présence d'ostéophytes marginaux (cercle pointillé) (cl. A. Colombo).

Cependant, l'absence de cal osseux et le caractère bilatéral et symétrique excluent un traumatisme (*i.e.* fracture) pendant la vie adulte de l'individu ; associé à l'absence de déformation de l'extrémité proximale, un traumatisme durant l'enfance (*i.e.* fracture du cartilage de croissance) est également exclu. Les atteintes constitutionnelles, notamment les ostéochondrodysplasies sont exclues aussi. En effet, elles sont généralement associées à des déformations d'autres localisations anatomiques et à une disproportion des membres. Ainsi, la déformation observée pourrait correspondre à une séquelle de rachitisme, acquis lors de la jeune enfance, lié à une carence en vitamine D (Brickley, Mays et Ives 2010).

4.3 Paléogénomique

Le premier séquençage de la librairie d'ADN obtenue pour GRA149-193 a permis de quantifier un pourcentage d'ADN endogène humain d'environ 26 %, démontrant de nouveau une assez bonne conservation de l'ADN endogène au sein de ce vestige. Tout comme les deux autres individus analysés, l'ADN humain récupéré correspond bien à de l'ADN ancien avec des fragments de faible longueur, en moyenne 73 pb. Le séquençage poussé de la librairie a permis d'obtenir près de 75 millions de séquences, permettant de récupérer un génome nucléaire à faible couverture d'environ 0,18x, alors que le génome mitochondrial présente une couverture de 23,9x.

Avec un R_y de 0,0008 (\pm 0,0001), le sexe féminin déterminé par la méthode anthropologique est confirmé ici.

L'ADN mitochondrial analysé avec *Haplogrep* a permis d'identifier l'haplogroupe H3 comme lignée mater-

nelle de GRA149-193. Cette lignée est représentée partout en Europe aujourd'hui avec les fréquences les plus élevées pour les pays méditerranéens¹¹.

L'analyse de statistiques de forme f3(Mbuti; GRA149-193, test) où « test » représente une population européenne actuelle, a permis de pointer des affinités avec les populations actuelles localisées à l'ouest de l'Europe occidentale et plus particulièrement du nord de l'Espagne et de Sardaigne (valeurs f3 les plus hautes) (Fig 5, n°3). De plus l'ACP construite à partir des données nucléaires (Fig. 6) montre que, comme les autres individus étudiés ici, GRA149-193 entre dans la variabilité des groupes actuels du sud de la France.

Enfin, la couverture des SNPs informatifs en termes de caractères phénotypiques, trop faible pour permettre une caractérisation précise de la couleur des cheveux ou de la peau, permet d'identifier des « yeux bruns » avec une probabilité de 83 %.

DISCUSSION – CONCLUSION

Chacun des trois individus présentés ici a été témoin d'une phase majeure dans l'histoire du site archéologique de la Granède et a fait l'objet de pratiques funéraires ou de gestes particuliers nous ayant menés à en chercher les raisons et à connaître leur identité.

Si le crâne d'Adèle a été placé volontairement dans un mur de l'église, il est difficile de comprendre avec certitude pourquoi elle a été l'objet de ce geste remarquable. Fallait-il y voir la volonté de marquer la mémoire d'un état antérieur de l'édifice, d'une transition entre deux états de l'église ? Cependant, la datation ¹⁴C ne va pas dans ce sens. Faut-il alors

questionner la chronologie des modifications architecturales attribuées à la fin du VII^e s. - début VIII^e s. ap. J.-C. ? Peu probable au vu de la chronologie solide établie au fur et à mesure des campagnes de fouilles et d'étude.

À notre connaissance, peu de sites médiévaux en France ont mis en évidence le dépôt d'un crâne dans les murs d'une église, et cela sans fournir la preuve de la volonté de ce dépôt (Bizot et Sarrelongue 1988) ou sans interprétation satisfaisante (par exemple Geoffroy, Roumegoux et Thoquenne 1996). Cependant, avant d'être déposé dans un mur, le crâne a nécessairement dû être prélevé d'une sépulture (identifiée ou non). S'il est connu à l'époque mérovingienne que les prélèvements de crâne dans des sépultures n'étaient pas anecdotiques, la cause de ces prélèvements relève plus de l'interprétation (Simmer 1982). Par ailleurs, même si dans la majorité des cas les crânes prélevés ne sont pas retrouvés, parfois ils sont identifiés comme accompagnant d'autres défunts ou comme des dépôts secondaires en dehors des sépultures. Il a même été évoqué que ces dépôts étaient le témoin de vidange de sépultures voire de cimetières par souci de place (Simmer 1982), mais ils concernent généralement plusieurs crânes. La pratique mérovingienne de prélèvement n'a, jusqu'à preuve du contraire, jamais été associée à celle d'un dépôt dans le mur d'une église.

L'état pathologique d'un enfant peut parfois mener à des gestes funéraires particuliers. Cela a été démontré parmi les premières pratiques funéraires identifiées pour l'Homme moderne. Qafzeh 11 (adolescent du site paléolithique moyen de Qafzeh), seul individu à avoir été inhumé avec des bois de cerf, a subi un traumatisme crânien dans son enfance entraînant des dommages cérébraux qui auraient eu pour conséquences un retard de croissance, des troubles neurologiques et de la personnalité (Coqueugniot *et alii* 2014). L'état pathologique peut également amener à une localisation particulière de la sépulture. Ainsi, à la Granède, un autre enfant (GRA57-37), strictement contemporain d'Adèle, diagnostiqué avec une histiocytose langerhansienne (Colombo *et alii* 2015), a été inhumé dans le chœur de l'église (Fig. 1, n° 2), alors que les inhumations à l'intérieur de l'édifice n'ont eu lieu que jusqu'au VIII^e s. ap. J.-C. Adèle ne présentait aucune condition pathologique majeure, nous conduisant à écarter la cause pathologique comme raison de ce geste particulier. Cependant, il convient tout de même de rester prudent, cette observation étant nécessairement biaisée par l'absence du reste du squelette.

Chaque culture présente ses propres pratiques funéraires (Bocquentin *et alii* 2010). Il est donc légitime de se demander si l'identification d'une nouvelle pratique correspond simplement à un écart à la

norme des pratiques (Bocquentin *et alii* 2010), plutôt standardisées à la Granède, ou s'il témoigne de la présence sur le site d'une nouvelle culture, qui peut être le fait d'une acculturation ou de la migration d'une population d'origine différente. De plus, nous n'avons pas pu identifier au sein de la collection ostéoarchéologique de la Granède le reste du squelette d'Adèle. Se pourrait-il alors que ce crâne provienne d'un autre site de la région ? Dans tous les cas, les analyses paléogénomiques démontrent que GRA17 présente des affinités génétiques avec les populations actuelles du sud de la France, et font par conséquent pencher pour une origine relativement locale/régionale. Il est cependant important de noter que la différenciation génétique des populations d'Europe de l'Ouest devient problématique après l'âge du Bronze, les groupes humains considérés présentant à partir de cette période des pools génétiques très ressemblants (Haak *et alii* 2015). Seule une origine relativement « lointaine », en Europe du Nord, du Sud, Centrale ou de l'Est, voire extra-européenne pourrait être identifiée avec une fiabilité satisfaisante (par exemple Veeremah *et alii* 2018). Enfin, même si l'argument est à nuancer du fait de son faible poids (Hauser et De Stefano 1989), la particularité morphologique du crâne d'Adèle tendrait à la rapprocher de la population ostéoarchéologique de la Granède en général. L'absence de données génomiques pour des populations contemporaines d'Adèle ne permet pas d'apporter plus de précisions à cette question pour le moment. Une origine allochtone qui aurait pu expliquer les gestes inhabituels dont Adèle a bénéficié ne semble pas être la réponse ici, à moins que le caractère « allochtone » représente une autre région du sud de la France.

La particularité de ce crâne pourrait alors être celle d'appartenir à une petite fille. Mais ceux qui l'ont placé là en avait-il seulement conscience ?

Emilius ne diffère pas des autres individus exhumés à la Granède par les pratiques funéraires dont il a bénéficié. Retrouvé sans parure, ni objet dans la sépulture, sa position d'inhumation est identique à la très grande majorité de la population. De plus, même si le groupe typologique dans lequel sa sépulture a été classée n'est pas le plus représenté, il ne peut pas non plus être qualifié d'anecdotique et est reconnu durant toute la période d'occupation du site. L'orientation nord-sud, assez peu représentée sur le site, peut être attribuée à la densité importante de sépultures dans les espaces contraints où elles ont été découvertes. Il faut certainement y voir ici une optimisation de l'espace. Ainsi la particularité de la sépulture d'Emilius tient-elle en sa localisation à l'intérieur de l'église dans l'annexe à côté du chœur. La volonté de l'y placer est difficilement questionnable ; daté du début de l'occupation médiévale de

la Granède, il appartient certainement à l'une des premières générations ayant occupé le site. Cette localisation est-elle alors marqueur d'un statut social au moins différent, sinon supérieur ?

Emilius est un adulte établi présentant les signes d'une activité physique intense et/ou répétée du membre supérieur droit qui n'est pas incompatible avec une fonction agricole ou artisanale. Mais ces atteintes osseuses ne le rendent pas exceptionnel puisqu'elles sont présentes dans toute la population adulte (Berthon *et alii* 2016). Aussi, biologiquement, la seule différence à mettre, peut-être, en évidence serait un état de santé bucco-dentaire meilleur que le reste de la population et l'absence de signes traumatiques, identifiés pour deux tiers des hommes adultes (Berthon *et alii* 2016). Ce qui pourrait suggérer une qualité de vie meilleure, et peut-être un statut social plus élevé, même si des recherches récentes tendent à minimiser cette relation (Steckel *et alii* 2018, p. 86). Un état de santé bucco-dentaire différent peut également signifier, au moins en partie, une alimentation différente. Un accès à d'autres sources alimentaires peut être considéré en fonction du statut social, même s'il convient de rester prudent quant à l'interprétation faite (Herrscher *et alii* 2007 ; Miclon *et alii* 2019).

Enfin, dans l'espace restreint de cette annexe où a été inhumé Emilius, trois autres sépultures ont été installées (Fig. 1, n°2). Deux datations ¹⁴C, contemporaines de celles obtenues pour Emilius, ont été fournies : 388-540 ap. J.-C, pour un adulte de sexe indéterminé (GRA37-18), 422-563 ap. J.-C. (GRA10-8) pour un enfant. La troisième sépulture, située entre celle d'Emilius et de l'autre adulte, appartient à un enfant décédé en période périnatale (GRA9-7). Faut-il y voir ici une cellule familiale ?

Pourtant contemporain de l'agrandissement de l'église, et donc certainement d'une période de pleine activité sur le site, GRA149-193 a été découvert en dehors de l'espace funéraire bien délimité, en dehors même des fortifications. Cette femme a bénéficié de gestes funéraires particuliers : un dépôt en position latérale, peu courant et réservé à certains enfants ou adolescents à la Granède, et une localisation tout à fait inhabituelle de sa sépulture, conduisant à se demander les raisons de cette « exclusion ». Faut-il y voir là le marqueur d'une culture différente ou d'un individu appartenant à une population autre ?

De même que pour Adèle, une origine relativement locale/régionale a pu être déterminée par l'analyse paléogénomique. En l'état actuel de notre recherche, cela ne justifie pas l'exclusion de GRA149-193.

Il est connu de longue date que les populations du passé ont varié les pratiques funéraires de certains membres de leur propre communauté. Les sépul-

tures peuvent différer de par leur localisation (parfois à l'extérieur de l'espace funéraire), la position du corps ou le type d'élément matériel retrouvé dans la sépulture avec le défunt. Ces individus exclus pouvaient être des criminels, des femmes mortes en couches, des enfants non baptisés ou des individus malades ou handicapés (Murphy 2008). Si rien n'indique que GRA149-193 soit une criminelle ou morte en couches, l'absence de preuve n'étant pas preuve d'absence, seule l'option liée à son état de santé peut être discutée. Même si GRA149-193 ne présente pas les signes d'une maladie spécifique, elle présente les signes d'un état de santé plutôt médiocre, non seulement acquis lors de sa vie adulte, mais certainement aussi pendant l'enfance. Qu'il s'agisse de son état de santé, comme d'un éventuel statut social moins favorisant, cela ne sous semble pas suffisant pour justifier son exclusion. Au risque de pousser trop loin l'interprétation, la localisation de la sépulture en bordure du chemin d'accès, en ferait-elle le témoin d'une éventuelle sanction ?

Les analyses paléogénomiques effectuées sur ces trois individus tendent à montrer qu'ils sont génétiquement proches les uns des autres (sans avoir de lien de parenté, cohérent avec leurs datations étalées) et que leurs génomes s'insèrent dans la diversité génétique des populations du sud de la France. Afin de questionner la continuité ou non de la population de la Granède à travers la période d'occupation médiévale, il conviendrait de séquencer un nombre conséquent d'individus de la collection ostéoarchéologique mais également d'obtenir des données génomiques de comparaison sur d'autres populations contemporaines. Quoi qu'il en soit, l'homogénéité génétique des groupes européens à partir de l'âge du Bronze complique ce type de questionnements par la difficulté de distinction de groupes humains régionalement proches. Ainsi, au contraire de l'arrivée de populations en provenance de régions éloignées (par exemple Veeramah *et alii* 2018), l'arrivée d'un groupe provenant de la moitié sud de la France et remplaçant la population de la Granède ne serait pas perceptible au niveau génomique. Nous resterons donc prudents quant aux interprétations pouvant être faites sur l'évolution de la population de la Granède. Par ailleurs, l'obtention de données génomiques sur un nombre plus conséquent d'individus du site de la Granède pourrait permettre de questionner la filiation et la généalogie d'individus ciblés (par exemple O'Sullivan *et alii* 2018), notamment dans le cas d'une hypothétique cellule familiale liée à Emilius.

Les questions d'origines soulevées lors de cette étude pourront également être complétées par des analyses isotopiques en éléments strontium et plomb (Montgomery, Budd et Evans 2000).

D'autres analyses isotopiques, notamment celles des éléments carbone, azote et oxygène, apporteront des indications sur les régimes alimentaires (par exemple Herrscher *et alii* 2007) et permettront de nourrir l'argumentation quant au statut social des individus de la Granède.

Malgré tout, chacun des trois individus analysés a ses particularités et son individualité. La combinaison des approches anthropologiques et paléogénomiques nous a permis d'aller plus loin dans l'interprétation de cette individualité en proposant une restitution de ce qu'aurait pu être l'apparence de deux d'entre eux. Ces restitutions ne sont pas figées mais vouées à évoluer en fonction de l'acquisition des nouvelles connaissances que nous obtiendrons sur la population de la Granède. Les caractères phénotypiques, par exemple, pourraient

être mieux déterminés grâce à une capture ciblée de SNPs diagnostiques. La restitution du visage d'Adèle, plus que celui d'Emilius, peut, certes, être discutée, le modèle 3D de son visage ayant été obtenu grâce à un logiciel qui s'appuie sur une base de données de sujets adultes. Cependant, à notre connaissance, il n'existe pas de méthode informatique 3D permettant de réaliser une approximation faciale pour des individus immatures.

L'intérêt muséographique de ces visages retrouvés pardonnera les approximations qui ont pu être faites. Ces visages, devenant médias muséographiques, utiles à la narration de l'histoire du site, sont le consensus des résultats obtenus à partir des connaissances et des moyens techniques disponibles aujourd'hui.

[NOTES DE COMMENTAIRE]

- 1 - MA.CRO.S.ARCHÉO, projet développé par Hélène Coqueugnot, UMR 5199 PACEA, et financé par le LabEx Sciences archéologiques de Bordeaux, n°ANR-10-LABX-52. Méthode et logiciel d'estimation de l'âge des sujets immatures à partir de la maturation osseuse : <http://extranet.pacea.u-bordeaux1.fr/macros/accueil.php>
- 2 - Analyses menées en 2019 au sein de la plateforme de paléogénomique de l'UMR 5199 PACEA (CNRS, MCC, Université de Bordeaux).
- 3 - Acquisitions effectuées au sein de l'UMS 3626 PLACAMAT (CNRS, Université de Bordeaux).
- 4 - Dans notre cas, les prélèvements osseux utiles aux analyses génétiques ou génomiques, même s'ils ne nécessitent que peu de matériel, peuvent être destructeurs pour les structures de l'oreille interne. Effectuer un scanner ou microscanner avant le prélèvement ADN permet de conserver l'information fournie par celle-ci. Les doses de rayons X émises pour obtenir ces images n'endommagent pas l'ADN (Immel *et alii* 2016).
- 5 - Logiciel gratuit d'imagerie 3D pour l'anthropologie créée par B. Dutailly (IE, UMR 5199 PACEA - UMS 3657 Archeovision).

- 6 - www.blender.org
- 7 - www.makehumancommunity.org
- 8 - Cette lignée européenne, HV, serait apparue dans le sud de l'Europe et est présente au moins depuis le Mésolithique (www.eupedia.com/europe/Haplogroup_HV_mtDNA.shtml).
- 9 - L'origine de la lignée J1 est datée de 14000 ans. Elle se serait diffusée depuis le Proche-Orient vers l'Europe méditerranéenne il y a environ 8000 ans (Pala *et alii* 2012) (www.eupedia.com/europe/Haplogroupe_J_ADNmt.shtml).
- 10 - L'haplogroupe R1b serait apparu au Mésolithique, vers le Caucase, et aurait diffusé vers l'Europe remplaçant massivement les lignées Y européennes autochtones à partir de l'âge du Bronze (Myres *et alii* 2011), (www.eupedia.com/europe/Haplogroupe_R1b_ADN-Y.shtml).
- 11 - L'haplogroupe H3 serait apparu au Mésolithique et aurait diffusé en Europe au cours de l'expansion néolithique (www.eupedia.com/europe/Haplogroupe_H_ADNmt.shtml).

Références bibliographiques

ACHILLI ET ALII 2004 : Alessandro Achilli, Chiara Rengo, Chiara Magri, Vincenza Battaglia, Anna Olivieri, Rosaria Scozzari et Antonio Torroni, The molecular dissection of mtDNA haplogroup H confirms that the Franco-Cantabrian glacial refuge was a major source for the European gene pool, dans *American Journal of Human Genetics*, 75, 2004, p. 910-918.

ARTIÈRES 1943 : Jules Artières, *Millau à travers les siècles*, Imprimerie Artières et Maury, Millau, 1943, 558 p.

BERTHON ET ALII 2016 : William Berthon, Stephan Naji, Christophe Saint-Pierre, Antony Colombo et Olivier Dutour, Marqueurs d'activité dans une population médiévale rurale adulte (la Granède, Millau, France), *Colloque 2016 du Groupe des Paléopathologistes de Langue Française (Toulouse, 11-12 mars 2016)*.

BIZOT ET SERRALONGUE 1988 : Bruno Bizot et Joël Serralongue, Un édifice funéraire du haut Moyen Âge à Seyssel Albigny (Haute-Savoie), dans *Archéologie du Midi Médiéval*, 6, 1988, p. 25-49.

BOCQUENTIN ET ALII 2010 : Fanny Bocquentin, Philippe Chambon, Isabelle Le Goff, Julien Leclerc, Jean-Gabriel Pariat, Grégory Pereira et Frédérique Valentin, De la récurrence à la norme : interpréter les pratiques funéraires en préhistoire, dans *Bulletins et mémoires de la société d'anthropologie de Paris*, 22, 3, 2010, p. 157-171.

BRICKLEY, MAYS ET IVES 2010 : Megan Brickley, Simon Mays et Rachel Ives, Evaluation and interpretation of residual rickets deformities in adults, dans *International Journal of Osteoarchaeology*, 20, 1, 2010, p. 54-66.

BROTHWELL 1965 : Donald Brothwell, *Digging up Bones: The Excavation, Treatment, and Study of Human Skeletal Remains*, The British Museum (Natural History), Londres, 1965, 194 p.

BRUZEK 2002 : Jaroslav Bruzek, A method for visual determination of sex, using the human hip bone, dans *American Journal of Physical Anthropology*, 117, 2002, p. 157-168.

BRUZEK, SCHMITT ET MURAIL 2005 : Jaroslav Bruzek, Aurora Schmitt et Pascal Murail, Identification biologique individuelle en paléanthropologie. Détermination du sexe et estimation de l'âge au décès à partir du squelette, dans DUTOUR O., HUBLIN J.-J. ET VANDERMEERSCH B. (dir.), *Objets et Méthodes en Paléanthropologie*, Comité des travaux historiques et scientifiques, Paris, 2005, p. 217-246 (*Orientations et méthodes*, 7).

CHAITANYA ET ALII 2018 : Lakshmi Chaitanya, Krystal Breslin, Sofia Zuñiga, Laura Wirken, Ewelina Pośpiech, Magdalena Kukla-Bartoszek, Titia Sijen, Peter de Knijff, Fan Liu, Wojciech Branicki, Manfred Kayser et Susan Walsh, The HlrisPlex-S system for eye, hair and skin colour prediction from DNA: Introduction and forensic developmental validation, dans *Forensic Science International Genetics*, 35, 2018, p. 123-135.

CLEUVENOT ET HOUËT 1993 : Emmanuel Cleuvenot et Francis Houët, Proposition de nouvelles équations d'estimation de stature applicables pour un sexe indéterminé et basées sur les échantillons de Trotter et Gleser, dans *Bulletins et mémoires de la société d'anthropologie de Paris*, 5, 1, 1993, p. 245-255.

COLOMBO ET ALII 2013 : Antony Colombo, Hélène Coqueugniot, Bruno Dutailly, Pascal Desbarats et Anne-Marie Tillier, Nouvelles données sur l'édification des molaires et l'estimation de l'âge dentaire des enfants par imagerie médicale et 3D : apports et perspectives, dans *Bulletins et mémoires de la société d'anthropologie de Paris*, 25, 3-4, 2013, p. 127-146.

COLOMBO ET ALII 2015 : Antony Colombo, Christophe Saint-Pierre, Stephan Naji, Michel Panuel, Hélène Coqueugniot et Olivier Dutour, Langerhans cell histiocytosis or Tuberculosis on a medieval child (Oppidum de la Granède, Millau, France - 10th-11th centuries AD), dans *Tuberculosis*, 95, supplément 1, 2015, p. S42-S50.

COQUEUGNIOT ET ALII 2010 : Hélène Coqueugniot, Pascal Desbarats, Bruno Dutailly, Michel Panuel et Olivier Dutour, Les outils de l'imagerie médicale et de la 3D au service des maladies du passé, dans VERGNIEUX R. ET DELEVOIE C. (éd.), *Virtual Retrospect 2009, Actes du colloque de Pessac (18-20 novembre 2009)*, Ausonius éditions, Bordeaux, 2010, p. 177-180.

COQUEUGNIOT ET ALII 2014 : Hélène Coqueugniot, Olivier Dutour, Baruch Arensburg, Henri Duday, Bernard Vandermeersch et Anne-Marie Tillier, Earliest cranio-encephalic trauma from the Levantine Middle Palaeolithic: 3D reappraisal of the Qafzeh 11 skull, consequences of pediatric brain damage on individual life condition and social care, dans *PLoS ONE*, 9, 7, 2014, e.0102822.

DABNEY ET ALII 2013 : Jesse Dabney, Michael Knapp, Isabelle Glocke, Marie-Theres Gansauge, Antje Weihmann, Birgit Nickel, Cristina Valdiosera, Nuria Garcia, Svante Pääbo, Juan-Luis Arsuaga et Matthias Meyer, Complete mitochondrial genome sequence of a Middle Pleistocene cave bear reconstructed from ultrashort DNA fragments, dans *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110, 39, 2013, p. 15758-15763.

DEMIRJIAN ET GOLDSTEIN 1976 : Arto Demirjian et Harvey Goldstein, New systems for dental maturity based on seven and four teeth, dans *Annals of Human Biology*, 3, 5, 1976, p. 411-421.

DUDAY 2009 : Henri Duday, *The Archaeology of the Dead. Lectures in archaeoanthatology*, Oxbow Books, Oxford, 2009, 230 p.

DUDAY ET ALII 1990 : Henri Duday, Patrice Courtaud, Éric Crubezy, Pascal Sellier et Anne-Marie Tillier, L'anthropologie « de terrain » : reconnaissance et interprétation des gestes funéraires, dans *Bulletins et mémoires de la société d'anthropologie de Paris*, 2, 3-4, 1990, p. 29-50.

DUTAILLY ET ALII 2009 : Bruno Dutailly, Hélène Coqueugniot, Pascal Desbarats, Stefka Gueorguieva et Rémi Synave, 3D surface reconstructing using HMM algorithm, dans *Proceedings - International Conference on Image Processing, ICIP*, 2009, art. no. 5413911, p. 2505-2508.

DUTOUR 1992 : Olivier Dutour, Activités physiques et squelette humain : le difficile passage de l'actuel au fossile, dans *Bulletins et mémoires de la société d'anthropologie de Paris*, 4, 3-4, 1992, p. 233-241.

DUTOUR 2011 : Olivier Dutour, *La paléopathologie*, Comité des travaux historiques et scientifiques, Paris, 2011, 172 p.

DUTOUR, HUBLIN ET VANDERMEERSCH 2005 : Olivier Dutour, Jean-Jacques Hublin et Bernard Vandermeersch, *Objets et Méthodes en Paléanthropologie*, Comité des travaux historiques et scientifiques, Paris, 2005, 452 p. (*Orientations et méthodes*, 7).

GAMBA ET ALII 2014 : Cristina Gamba, Eppie Jones, Matthew Teasdale, Russell McLaughlin, Gloria Gonzalez-Fortes, Valeria Mattiangeli, László Domboróczki, Ivett Kóvári, Ildikó Pap, Alexandra Anders, Alasdair Whittle, János Dani, Pál Raczky, Thomas Higham, Michael Hofreiter, Daniel Bradley et Ron Pinhasi, Genome flux and stasis in a five millennium transect of European prehistory, dans *Nature communications*, 5, 1, 2014, article n° 5257.

GEOFFROY, ROUMÉGOUX ET THOQUENNE 1996 : Jean-François Geoffroy, Yves Roumégoux et Virginie Thoquenne, Cambrai antique et médiéval : la fouille d'une partie du quartier de l'ancienne église Saint-Martin, dans *Revue du Nord*, 78, 1996, p. 137-162.

GUYOMARC'H ET ALII 2012 : Pierre Guyomarc'h, Frédéric Santos, Bruno Dutailly, Pascal Desbarats, Christophe Bou et Hélène Coqueugniot, Three-dimensional computer-assisted craniometrics: A comparison of the uncertainty in measurement induced by surface reconstruction performed by two computer programs, dans *Forensic Science International*, 21, 1-3, 2012, p. 221-227.

GUYOMARC'H ET ALII 2014 : Pierre Guyomarc'h, Bruno Dutailly, Jérôme Charton, Frédéric Santos, Pascal Desbarats et Hélène Coqueugniot, Anthropological Facial Approximation in Three Dimensions (AFA3D): Computer-Assisted Estimation of the Facial Morphology Using Geometric Morphometrics, dans *Journal of Forensic Sciences*, 59, 6, 2014, p. 1502-1516.

HAAK ET ALII 2015 : Wolfgang Haak, Iosif Lazaridis, Nick Patterson, Nadin Rohland, Swapan Mallick, Bastien Llamas, Guido Brandt, Susanne Nordenfelt, Eadaoin Harney, Kristin Stewardson, Qiaomei Fu, Alissa Mittnik, Eszter Bánffy, Christos Economou, Michael Francken, Susanne Friederich, Rafael Garrido Pena, Fredrik Hallgren, Valery Khartanovich, Aleksandr Khokhlov, Michael Kunst, Pavel Kuznetsov, Harald Meller, Oleg Mochalov, Vayacheslav Moiseyev,

Nicole Nicklisch, Sandra L. Pichler, Roberto Ritsch, Manuel A. Rojo Guerra, Christina Roth, Anna Szécsényi-Nagy, Joachim Wahl, Matthias Meyer, Johannes Krause, Dorcas Brown, David Anthony, Alan Cooper, Kurt Werner Alt et David Reich, Massive migration from the steppe was a source for Indo-European languages in Europe, dans *Nature*, 522, 2015, p. 207-211.

HAUSER ET DE STEFANO 1989 : Gertrud Hauser et G. De Stefano, *Epigenetic variants of the human skull*, Schweizerbart, Stuttgart, 1989, 320 p.

HERRSCHER ET ALII 2007 : Estelle Herrscher, Frédérique Valentin, Hervé Bocherens et Renée Colardelle, Les squelettes de Saint-Laurent de Grenoble, des témoins de l'alimentation et de la santé au Moyen Âge (XIII^e-XV^e siècles, France), dans AUDOUIN-ROUZEAU Fr. ET SABBAN Fr. (dir.), *Un aliment sain dans un corps sain : perspectives historiques, deuxième colloque de l'Institut européen d'histoire et des cultures de l'alimentation*, Presses universitaires François-Rabelais, Tours, 2007, p. 123-138.

IMMEL ET ALII 2016 : Alexander Immel, Adeline Le Cabec, Marion Bonazzi, Alexander Herbig, Heiko Temming, Verena Schuenemann, Kirsten Bos, Frauke Langbein, Katerina Harvati, Anne Bridault, Gilbert Pion, Marie-Anne Julien, Oleksandra Krotova, Nicholas Conard, Susanne Münzel, Dorothee Drucker, Bence Viola, Jean-Jacques Hublin, Paul Tafforeau et Johannes Krause, Effect of X-ray irradiation on ancient DNA in sub-fossil bones - Guidelines for safe X-ray imaging, dans *Scientific Reports*, 6, 2016, article 32969.

MEYER ET KIRCHER 2010 : Matthias Meyer et Martin Kircher, Illumina Sequencing Library preparation for highly multiplexed target capture and sequencing, dans *Cold Spring Harbor Protocols*, 2010, article pdb.prot.5448.

MICLON ET ALII 2019 : Valentin Miclon, Mathieu Gaultier, C. Genies, O. Cotté, F. Yvernault et Estelle Herrscher, Social characterization of the medieval and modern population from Joué-lès-Tours (France) : contribution of oral health and diet, dans *Bulletins et mémoires de la société d'anthropologie de Paris*, 31, 1-2, 2019, p. 77-92.

MONTGOMERY, BUDD ET EVANS 2000 : Janet Montgomery, Paul Budd et Jane Evans, Reconstructing the lifetime movements of ancient people: A neolithic case study from Southern England, dans *European Journal of Archaeology*, 3, 3, 2000, p. 370-385.

MOORREES, FANNING ET HUNT 1963 : Coenraad Moorrees, Elizabeth Fanning et Edward Hunt, Age variation of formation stages for ten permanent teeth, dans *Journal of Dental Research*, 42, 6, 1963, p. 1490-1502.

MURAIL ET ALII 2005 : Pascal Murail, Jaroslav Bruzek, Francis Houët et Eugenia Cunha, DSP: a tool for probabilistic sex diagnosis using worldwide variability in hip-bone measurements, dans *Bulletins et mémoires de la société d'anthropologie de Paris*, 17, 3-4, 2005, p. 167-176.

MURPHY 2008 : Eileen Murphy, *Deviant Burial in the Archaeological Record*, Oxbow Books, Oxford, 2008, 244 p. (*Studies in funerary archaeology*, 2).

MYRES ET ALII 2011 : Natalie Myres, Siiri Rootsi, Alice Lin, Mari Järve, Roy King, Ildus Kutuev, Vicente Cabrera, Elza Khusnutdinova, Andrey Pshenichnov, Bayazit Yunusbayev, Oleg Balanovsky, Elena Balanovska, Pavao Rudan,

Marian Baldovic, Rene Herrera, Jacques Chironi, Julie Di Cristofaro, Richard Villems, Toomas Kivisild et Peter Underhill, A major Y-chromosome haplogroup R1b Holocene era founder effect in Central and Western Europe, dans *European Journal of Human Genetics*, 19, 1, 2011, p. 95-101.

O'SULLIVAN ET ALII 2018 : Niall O'Sullivan, Cosimo Posth, Valentina Coia, Verena Schuenemann, Douglas Price, Joachim Wahl, Ron Pinhasi, Albert Zink, Johannes Krause et Frank Maixner, Ancient genome-wide analyses infer kinship structure in an Early Medieval Alemannic graveyard, dans *Science Advances*, 4, 9, 2018, eaa01262.

PALA ET ALII 2012 : Maria Pala, Anna Olivieri, Alessandro Achilli, Matteo Accetturo, Ene Metspalu, Maere Reidla, Erika Tamm, Monika Karmin, Tuuli Reisberg, Baharak Hooshyar Kashani, Ugo Perego, Valeria Carossa, Francesca Gandini, Joana Pereira, Pedro Soares, Norman Angerhofer, Sergei Rychkov, Nadia Al-Zahery, Valerio Carelli, Mohammad Hossein Sanati, Massoud Houshmand, Jiri Hatina, Vincent Macaulay, Luisa Pereira, Scott Woodward, William Davies, Clive Gamble, Douglas Baird, Ornella Semino, Richard Villems, Antonio Torroni et Martin Richards, Mitochondrial DNA signals of late glacial recolonization of Europe from near eastern refugia, *American Journal of Human Genetics*, 90, 5, 2012, p. 915-924.

PATTERSON ET ALII 2012 : Nick Patterson, Priya Moorjani, Yontao Luo, Swapan Mallick, Nadin Rohland, Yiping Zhan, Teri Genschoreck, Teresa Webster et David Reich, Ancient admixture in human history, dans *Genetics*, 192, 3, 2012, p. 1065-1093.

RALF ET ALII 2018 : Arwin Ralf, Diego González, Kaiyin Zhong et Manfred Kayser, Yleaf: Software for Human Y-Chromosomal Haplogroup Inference from Next-Generation Sequencing Data, dans *Molecular Biology and Evolution*, 35, 5, 2018, p. 1291-1294.

SAINT-PIERRE 2013 : Christophe Saint-Pierre, Un maillon de l'occupation du territoire millavois au haut Moyen Âge : le site de hauteur de la Granède (Millau), une agglomération entre Condatomagos et Amiliavus, dans *Vivre en Rouergue n° spécial, Cahiers d'archéologie aveyronnaise*, 26, 2013, p. 128-140.

SAINT-PIERRE ET ALII 2010 : Christophe Saint-Pierre, Antony Colombo, Colin Duval, Maxime Scrinzi, Nathalie Albinet, Paul Lagarrigue et Sybille Legendre, *Fouille programmée, opération triennale 2007/2009, La Granède, Millau (12) : Rapport complémentaire 2010, Volume 1*, Service départemental d'archéologie de l'Aveyron, SRA Midi-Pyrénées, 2010, 384 p.

SAINT-PIERRE ET ALII 2011 : Christophe Saint-Pierre, Stephan Naji, Colin Duval, Maxime Scrinzi, Paul Lagarrigue, Sybille Legendre et Guilhem Marty, *La Granède, Millau, Aveyron, Église paléochrétienne et espace funéraire. Opération de fouille programmée annuelle 2011*, Service départemental d'archéologie de l'Aveyron, SRA Midi-Pyrénées, 2011, 311 p.

SAINT-PIERRE ET ALII 2012 : Christophe Saint-Pierre, Émilie Comes, Pierre-Éric Girard, Stephan Naji et Maxime Scrinzi, *La Granède (Millau, Aveyron), Église paléochrétienne et espace funéraire. Opération de fouille programmée annuelle 2012*, Service départemental d'archéologie de l'Aveyron, SRA Midi-Pyrénées, Toulouse, 2012, 134 p.

SAINT-PIERRE ET COLOMBO 2010 : Christophe Saint-Pierre et Antony Colombo, *Fouille programmée, opération triennale 2007/2009, La Granède, Millau (12) : Rapport complémentaire 2010. Volume 2 : Catalogue des sépultures 2006 - 2010*, Service départemental d'archéologie de l'Aveyron, SRA Midi-Pyrénées, 2010, 622 p.

SCHEUER ET BLACK 2000 : Louise Scheuer et Sue Black, *Developmental juvenile osteology*, Academic Press, San Diego, 2000, 587 p.

SCHMITT 2005 : Aurore Schmitt, Une nouvelle méthode pour estimer l'âge au décès des adultes à partir de la surface sacro-pelvienne iliaque, dans *Bulletins et mémoires de la société d'anthropologie de Paris*, 17, 1-2, 2005, p. 89-101.

SIMMER 1982 : Alain Simmer, Le prélèvement des crânes dans l'est de la France à l'époque mérovingienne, dans *Archéologie médiévale*, 12, 1982, p. 35-49.

SKOGLUND ET ALII 2013 : Pontus Skoglund, Jan Stora, Anders Götherström et Mattias Jakobsson, Accurate sex identification of ancient human remains using DNA shotgun sequencing, dans *Journal of Archaeological Science*, 40, 2013, p. 4477-4482.

SNODDY ET ALII 2018 : Anne Marie Snoddy, Hallie Buckley, Gail Elliott, Vivien Standen, Bernardo Arriaza et Siân Halcrow, Macroscopic features of scurvy in human skeletal remains: A literature synthesis and diagnostic guide, dans *American Journal of Physical Anthropology*, 167, 4, 2018, p. 876-895.

STECKEL ET ALII 2018 : Richard Steckel, Clark Larsen, Charlotte Roberts et Joerg Baten, *The Backbone of Europe: Health, Diet, Work and Violence over Two Millennia*, Cambridge University Press, Cambridge, 2018, 483 p.

TILLIER 2005 : Anne-Marie Tillier, La croissance des enfants dans les populations du passé. Questions méthodologiques et perspectives en paléanthropologie, dans DUTOUR O., HUBLIN J.-J. ET VANDERMEERSCH B. (dir.), *Objets et*

Méthodes en paléanthropologie, Comité des travaux historiques et scientifiques, Paris, 2005, p. 247-269 (*Orientations et méthodes*, 7).

TRUC ET ALII 2008 : Marie-Cécile Truc, Bruno Bell, Hubert Cabart, Thomas Calligaro, Svante Fischer, Cécile Paresys, Willy Tegel et Jean-Hervé Yvinec, Trois riches tombes du VI^e siècle sur le site de « La Tuilerie » à Saint-Dizier (Haute-Marne), dans GUILLAUME J. ET PEYTREMANN É. (dir.), *L'Austrasie : sociétés, économies, territoires, christianisation, Actes des XXVI^e journées internationales d'archéologie mérovingienne (Nancy, 22-25 septembre 2005)*, Presses universitaires de Nancy, Nancy, 2008, p. 313-329 (*Mémoires publiés par l'association française d'archéologie mérovingienne*, 19).

VEERAMAH ET ALII 2018 : Krishna Veeramah, Andreas Rott, Melanie Groß, Lucy van Dorp, Saïoa López, Karola Kirsanow, Christian Sell, Jens Blöcher, Daniel Wegmann, Vivian Link, Zuzana Hofmanová, Joris Peters, Bernd Trautmann, Anja Gairhos, Jochen Haberstroh, Bernd Paffgen, Garrett Hellenthal, Brigitte Haas-Gebhard, Michaela Harbeck et Joachim Burger, Population genomic analysis of elongated skulls reveals extensive female-biased immigration in Early Medieval Bavaria, dans *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 115, 13, 2018, p. 3494-3499.

WALKER ET ALII 2009 : Phillip Walker, Rhonda Bathurst, Rebecca Richman, Thor Gjerdrum et Valerie Andrushko, The causes of porotic hyperostosis and cribra orbitalia: A reappraisal of the iron-deficiency-anemia hypothesis, dans *American Journal of Physical Anthropology*, 139, 2, 2009, p. 109-125.

WEISSENSTEINER ET ALII 2016 : Hansi Weissensteiner, Dominic Pacher, Anita Kloss-Brandstätter, Lukas Forer, Günther Specht, Hans-Jürgen Bandelt, Florian Kronenberg, Antonio Salas et Sebastian Schönherr, HaploGrep 2: mitochondrial haplogroup classification in the era of high-throughput sequencing, dans *Nucleic Acids Research*, 44, 2016, p. W58-W63.

- * *Antony COLOMBO* : Chercheur associé à la chaire d'anthropologie biologique Paul Broca, EPHE - PSL Université, 4-14 rue Ferrus, 75014 Paris - colomboantony@gmail.com
- ** *Florent COMTE* : Ingénieur d'études, UMR 5607 Ausonius, Université Bordeaux Montaigne, CNRS ; LabEx Sciences archéologiques de Bordeaux, n°ANR-10-LABX-52, Maison de l'archéologie, 8, esplanade des Antilles, 33607 Pessac - florent.comte@u-bordeaux-montaigne.fr
- *** *Marie-France DEGUILLLOUX* : Maître de conférences, UMR 5199 PACEA, Université de Bordeaux, CNRS, MCC ; LabEx Sciences archéologiques de Bordeaux, n°ANR-10-LABX-52, bât. B8, allée Geoffroy-Saint-Hilaire, CS50023, 33615 Pessac - marie-france.deguilloux@u-bordeaux.fr
- **** *Mélanie PRUVOST* : Chargée de recherche, UMR 5199 PACEA, Université de Bordeaux, CNRS, MCC ; LabEx Sciences archéologiques de Bordeaux, n°ANR-10-LABX-52, bât. B8, allée Geoffroy-Saint-Hilaire, CS50023, F-33615 Pessac - melanie.pruvost@u-bordeaux.fr
- ***** *Marie-Hélène PEMONGE* : Ingénieure d'études, UMR 5199 PACEA, Université de Bordeaux, CNRS, MCC ; LabEx Sciences archéologiques de Bordeaux, n°ANR-10-LABX-52, bât. B8, allée Geoffroy-Saint-Hilaire, CS50023, 33615 Pessac - marie-helene.pemonge@u-bordeaux.fr
- ***** *Stephan NAJI* : Chercheur associé au département d'anthropologie de l'université de New York, 25 Waverly Place - 805D, New York, NY 10003 USA - stephan.naji@nyu.edu
- ***** *Christophe SAINT-PIERRE* : Service départemental d'archéologie de l'Aveyron, 195 rue des Artisans, ZA Bel Air, 12000 Rodez - christophe.saintpierre@aveyron.fr