



HAL
open science

L'absence de brai de bouleau à l'âge du Bronze. Biais de recherche ou réalité archéologique ?

Tabea J. Koch, Maïlys Turini, Arnaud Mazuy, Patrick Ferreira, Hélène Paolini-Saez, Kewin Peche-Quilichini, Martine Regert

► To cite this version:

Tabea J. Koch, Maïlys Turini, Arnaud Mazuy, Patrick Ferreira, Hélène Paolini-Saez, et al.. L'absence de brai de bouleau à l'âge du Bronze. Biais de recherche ou réalité archéologique?. Bulletin de l'Association pour la Promotion des Recherches sur l'Âge du Bronze, 2024, 22, pp.180-187. hal-04503123

HAL Id: hal-04503123

<https://hal.science/hal-04503123>

Submitted on 14 Mar 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.

L'absence de brai de bouleau à l'âge du Bronze.

Biais de recherche ou réalité archéologique ?

Tabea Koch^{1,2*}, Maïlys Turini¹, Arnaud Mazuy¹, Patrick Ferreira³, Hélène Paolini-Saez⁴, Kewin Peche-Quilichini⁵ et Martine Regert¹

¹Université Côte d'Azur, CNRS, CEPAM, Nice, France.

²YEAR Centre/PalaeoHub, Department of Archaeology, University of York, York, UK.

³Inrap Méditerranée/Corse & Hisoma/UMR 5189

⁴Laboratoire Régional d'Archéologie – Corse & UMR 5608 TRACES.

⁵Inrap Méditerranée & UMR 5140 ASM.

* Autrice pour correspondance (tabeakoch@palaeome.org)

Résumé

L'utilisation de substances adhésives a été largement documentée en Europe, et ce, depuis le Paléolithique moyen. L'adhésif le mieux conservé et donc le plus répandu est le brai de bouleau, un goudron végétal qui est obtenu par traitement thermique contrôlé d'écorce de bouleau. Les matières adhésives sont des substances organiques amorphes, dont seule l'analyse chimique permet de déterminer la composition moléculaire afin d'accéder à leur nature et leur degré de transformation. Durant les âges des métaux, le brai de bouleau a été utilisé de diverses façons pour ses propriétés adhésives et hydrophobes, notamment pour emmancher des outils et des armes, ou réparer, décorer et imperméabiliser des récipients en céramique. À l'âge du Fer, on l'utilisait également pour assembler ou décorer des objets en métal. Cependant, les preuves archéologiques de l'utilisation du brai de bouleau à l'âge du Bronze restent rares par rapport aux périodes précédentes et suivantes. Les raisons de cette quasi-absence peuvent être liées à plusieurs phénomènes : problèmes de conservation, biais de recherche, ou évolution technique ? Pour appréhender cette question, nous avons analysé deux résidus adhésifs de l'âge du Bronze provenant de Corse par des méthodes d'analyse moléculaire. Nos résultats montrent que la production et l'utilisation du brai de bouleau, jusqu'alors connues uniquement pour l'âge du Fer en Corse, peuvent être retracées jusqu'au milieu de l'âge du Bronze. Nous proposons que le faible nombre de matériaux organiques adhésifs attribués à l'âge du Bronze résulte d'un biais de recherche du fait d'investigations centrées sur d'autres périodes ou sur des objets de prestige, plutôt qu'à une absence archéologique réelle de ce type de vestige.

Mots-clefs : adhésifs, brai de bouleau, âge du Bronze, Corse, Mezzana, I Casteddi

1. Introduction

Le brai de bouleau est une substance adhésive obtenue par distillation à chaud de l'écorce de bouleau. En Europe, il s'agit du premier adhésif fabriqué et utilisé par les Néandertaliens dès le Paléolithique moyen (Grünberg et al., 1999 ; Mazza et al., 2006 ; Niekus et al., 2019 ; Schmidt et al., 2023). Même si d'autres matériaux ont été utilisés par la suite durant la Préhistoire (pour un aperçu général et global des adhésifs archéologiques, voir : Langejans et al., 2022), le brai de bouleau demeure l'adhésif prédominant dans l'Europe préhistorique. Ce matériau a servi à emmancher des outils lithiques (Osipowicz, 2005), des outils en os (Kabaciński et al., 2023), ou encore à décorer des artefacts en ambre (Petersen, 2013 ; Toft et Petersen, 2013). Des hypothèses ont été proposées sur la mastication intentionnelle de ce matériau, suite à la découverte d'artefacts portant des empreintes dentaires (Aveling et Heron, 1998 ; Jensen et al., 2019 ; Kashuba et al., 2019). Un nombre accru de découvertes de brai de bouleau peut être attribué aux sites mésolithiques des zones humides, qui favorisent la préservation des matériaux organiques. C'est également le cas pour le Néolithique, au cours duquel le nombre d'artefacts contenant du brai de bouleau est significatif sur les sites lacustres (Regert et al., 1998, 2000 ; Rageot et al., 2021), mais aussi en contexte gelé (Sauter et al., 2000 ; Wierer et al., 2018). À partir de cette période, des objets et des récipients en céramique témoignent d'utilisations plus diversifiées du brai de bouleau (Regert et al., 2003 ; Morandi et al., 2018 ; Rageot et al., 2021). L'avènement de la technologie céramique pourrait être un facteur ayant favorisé la conservation d'un plus grand nombre de résidus organiques amorphes adhérant à la surface de récipients. En particulier, la réparation de poteries est régulièrement attestée à partir du Néolithique. Des céramiques cassées ou fissurées sont réparées par la technique d'une double perforation pour le passage d'un lien solidarissant les deux parties, souvent associée à un adhésif assurant la cohésion de la réparation (Bosquet et al., 2001 ; Peche-Quilichini et al., 2017). Avec l'émergence de la métallurgie, le brai de bouleau est attesté dans la fabrication d'outils, d'armes et d'ornements en métal (Stacey, 2004 ; Courel et al., 2018 ; Langlois et al., 2023). Par exemple, la préservation exceptionnelle des artefacts de la momie glaciaire trouvée dans l'Ötztal a permis la conservation de cette colle sur une hache en cuivre fixée à un manche en bois (Sauter et al., 2000).

Bien qu'un grand nombre d'analyses ait été effectuée pour des contextes archéologiques du Néolithique et de l'âge du Fer, les évidences archéologiques sont plutôt rares pour l'âge du Bronze. Seules quelques études ont utilisé des techniques de caractérisation biomoléculaire pour identifier le brai de bouleau en tant que tel (voir **tab. 1**).

Site archéologique	Pays	Datation/Période	Type d'adhésifs	Contexte	Analyse effectué	Référence
Pitten	Autriche	Âge du Bronze	Brai de bouleau	Réparation	GC-MS	(Hayek et al., 1990)
Buchsberg	Autriche	Âge du Bronze	Brai de bouleau	Traitement de surface	GC-MS	(Hayek et al., 1990)
Kirchspiel	Danemark	Âge du Bronze	Brai de bouleau	Fragment libre	GC-MS	(Hayek et al., 1990)
Spjald	Autriche	Âge du Bronze	Brai de bouleau	Traitement de surface	GC-MS	(Hayek et al., 1990)
Stillfried	Autriche	Âge du Bronze	Brai de bouleau	Traitement de surface (4) et fragment libre (1)	GC-MS	(Hayek et al., 1990)
Cà Nove di Cavaion	Italie	1800-1500 BCE	Brai de bouleau	Résidu sur céramiques (2) et fragments libres roulés	GC-MS*	(Chelidonio, 1997)
Heroy	Norvège	1690-1520 BCE	Brai de bouleau	2 fragments libres	GC-MS	(Nordby and Sørgaard, 2020)
Döge – Zápportározó	Hongrie	Âge du Bronze ancien	Brai de bouleau	Vase fragmenté de production	Spectrométrie infrarouge	(Jakucs and Sándorné Kovács, 2012)

*Les résultats d'analyse ne sont pas rapportés dans la référence

Tab. 1 - Liste des sites de l'âge du Bronze où le brai de bouleau a été identifié à l'aide d'analyses chimiques.

L'étude la plus complète a été réalisée par Hayek et al. (1990) à l'aide de la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS). Les auteurs ont identifié le brai de bouleau comme le principal composant de la matière organique prélevée sur plusieurs types d'artefacts. Ceci démontre la diversité des utilisations du brai de bouleau à l'échelle européenne au cours de l'âge du Bronze, mais seulement sur un petit nombre d'artefacts. Nordby et Sørgaard (2020) ont identifié du brai de bouleau comme le principal constituant de deux « pains de brai » provenant de Heroy (Norvège), qui étaient probablement mélangés à de l'écorce de bouleau et à du charbon de bois. À Cà Nove di Cavaion (Vérone-I), dans le nord de l'Italie, plusieurs artefacts ont été mis au jour : des tessons de poterie avec de la colle, de longs morceaux goudronneux, des bâtons en bois de cerf et des galets avec une matière noire qui a été considérée comme du brai de bouleau (Rottländer 1988, cité par Chelidonio, 1997). Des sites voisins ont livré des vestiges similaires dont la nature reste à déterminer, car aucune analyse chimique n'a été menée (Perini, 1987 ; Chelidonio, 1990). D'autres études ont utilisé des méthodes spectroscopiques pour caractériser ces adhésifs. Par exemple, l'une des premières études a montré que le brai de bouleau était probablement le matériau utilisé pour imperméabiliser les récipients en terre cuite sur un certain nombre de sites en Suède (Sandermann, 1965), mais ces spectres sont difficiles à distinguer de ceux de résines de conifère. C. Nicolas (2016) a noté que les pointes de flèches armoricaines du nord de la France pourraient avoir été emmanchées avec du brai de bouleau, mais leur caractérisation moléculaire reste délicate compte-tenu de la faible quantité de matière organique préservée. Au sein du faible nombre de témoignages de brai de bouleau à l'âge du Bronze, la plupart des découvertes concerne l'utilisation de ce matériau. Notons toutefois la mention d'une base de récipient perforé trouvée en Hongrie potentiellement associée à la production du brai de bouleau (Jakucs et Sándorné Kovács, 2012).

Ces quelques études montrent que le brai de bouleau a été utilisé et produit à l'âge du Bronze, mais les preuves dont nous disposons sont très sporadiques et aucune étude à grande échelle

n'a été menée jusqu'à présent. En revanche, de nombreuses recherches systématiques se sont concentrées sur le Néolithique (Urem-Kotsou et al., 2018 ; Rageot et al., 2021) ou sur des objets prestigieux de l'âge du Fer (Stacey, 2004 ; Courel et al., 2018 ; Langlois et al., 2023). La question que l'on peut se poser alors est pourquoi les résidus organiques amorphes de type adhésif de l'âge du Bronze sont moins nombreux. Est-ce lié à de mauvaises conditions de préservation ou bien à la manipulation des artefacts durant et après la fouille (lavage, stockage) ? Ou encore, ce fait pourrait-il témoigner d'un changement technologique et de l'utilisation d'autres matériaux se conservant moins bien que le brai de bouleau ? En effet, d'autres matériaux ayant des propriétés adhésives auraient pu être utilisés de manière prédominante au cours de cette période avec une pauvre préservation en contexte archéologique (par exemple : colle d'os, gommages végétales, etc.). Ou au contraire, les substances adhésives sont bien présentes mais n'ont pas fait l'objet de prélèvement, d'inventaire ni d'analyses chimiques systématiques.

Pour commencer à répondre à ces questions, nous présentons ici les analyses de deux artefacts adhésifs des sites corses de Mezzana et d'I Casteddi datant de l'âge du Bronze. Les deux objets sont des résidus organiques adhérant à des tessons de céramique, l'un d'eux ayant été employé pour réparer une poterie. Des analyses chimiques ont été effectuées pour identifier la nature de ces substances organiques. Nous essayerons ensuite de mettre les résultats obtenus en relation avec des études antérieures sur les substances adhésives en Corse et enfin, nous nous interrogerons sur la sous-représentation de ce type de vestige à l'âge du Bronze afin d'ouvrir une discussion sur ce qu'implique la quasi-absence d'adhésifs à cette période.

2. Étude de cas : utilisation du brai de bouleau en Corse

2.1 Les sites archéologiques

Dans le cadre d'une étude de cas, nous avons analysé des résidus d'adhésifs provenant de deux sites archéologiques en Corse (voir **fig. 1**).

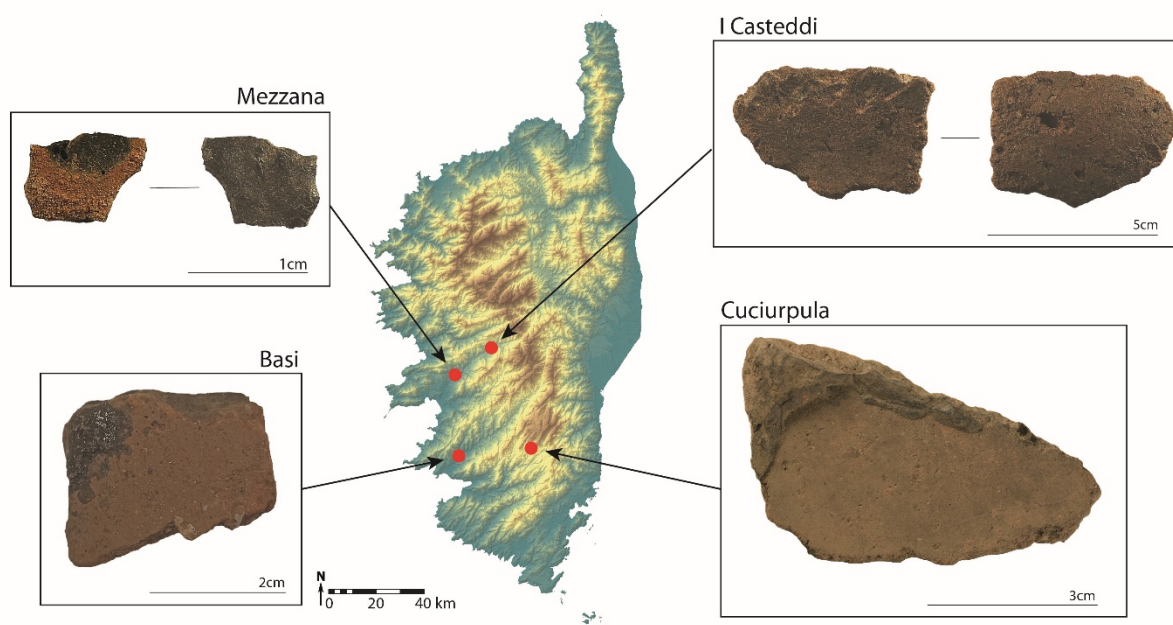


Fig. 1 - Carte de la Corse indiquant les sites archéologiques mentionnés où d'éventuels résidus adhésifs ont été découverts (photos : M. Turini ; carte : K. Peche-Quilichini ; DAO : T. Koch).

Le site de Mezzana (responsable de fouille : P. Ferreira) est situé en Corse-du-Sud sur la commune de Sarrola-Carcopino à 40 mètres d'altitude (Vidal et al., 2017). Pour l'âge du Bronze, 25 à potentiellement 34 structures en creux (fosses et/ou trous de poteaux) ont été identifiées. Des galets, des charbons de bois, des tessons de céramique et des pierres de calage y ont été mis au jour. Un échantillon du site de Mezzana a été prélevé sur un tesson de céramique qui montrait des traces d'un résidu sombre et noirâtre. Le tesson a été retrouvé dans une fosse interprétée comme une fosse dépotoir (âge du Bronze récent 2 / âge du Bronze final 1). Le site d'I Casteddi (responsable de fouille : H. Paolini-Saez) se situe sur la commune de Tavera en Corse-du-Sud, à 423 mètres d'altitude, dans la vallée de la Gravona (Paolini-Saez et al., 2019). Il s'agit d'un site occupé dès le Néolithique moyen. La présence d'habitations dès l'âge du Bronze moyen, puis à l'âge du Bronze final et à l'âge du Fer y est attestée. Le tesson avec un résidu de réparation appartient à un récipient (vase silo) retrouvé entier dans une fosse. Le vase se situait dans une zone d'habitation qui est occupée durant le Bronze moyen, puis au second âge du Fer dans une zone artisanale pour le travail du métal. Deux autres tessons ont été découverts sur les sites de Basi (situé dans la commune de Serra-di-Ferro à 100m d'altitude ; responsable de fouille : T. Perrin), et de Cuciurpula (situé entre les communes de Serra-di-Scopamena et Sorbollano entre 955 et 1085m d'altitude ; responsable de fouille : K. Peche-Quilichini) avec des traces de résidu pouvant être une substance adhésive (voir **fig. 1**). Le tesson de Basi montrait des traces sombres et noirâtres sur une des surfaces et le tesson de Cuciurpula présentait des traces issues d'un résidu de réparation le long d'une cassure. Les échantillons de Basi et de Cuciurpula sont en cours d'analyse et les résultats ne seront pas présentés ici.

2.2 Méthodes de prélèvements des échantillons

Les résidus d'adhésifs ont été prélevés sur les tessons de céramique à l'aide d'une lame de scalpel stérile. Environ 2 mg sont nécessaires pour la caractérisation chimique. L'échantillonnage de ces matériaux doit être réalisé dans les meilleures conditions possibles dès leur découverte sur le site ou peu après la fouille pour éviter toute contamination ou dégradation post-découverte. De préférence, les tessons et/ou les échantillons ne doivent pas être stockés dans des sacs ou des contenants en plastique et doivent être manipulés avec des gants pour éviter toute contamination.

2.3 Techniques analytiques mises en œuvre

L'origine naturelle des résidus de colle ne peut être identifiée que par une caractérisation chimique. Des composés organiques spécifiques sont caractéristiques des différentes colles naturelles ou artificielles, telles que le brai de bouleau, la résine de conifère, le bitume ou la cire d'abeille. En nous appuyant sur les protocoles établis dans des publications antérieures (Rageot, 2015 ; Rageot et al., 2019, 2021), nous avons procédé à une analyse des résidus organiques par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) afin d'identifier les composés moléculaires préservés dans les échantillons et de déterminer la composition des adhésifs de Mezzana et I Casteddi.

2.4 Résultats

Dans les deux échantillons analysés, le cortège de constituants moléculaires identifiés comprend majoritairement des triterpènes de la famille des lupanes, accompagnés d'acides gras issus de l'écorce. Cet assemblage moléculaire (**fig. 2**) est typique du brai de bouleau (Reunanen et al., 1993 ; Aveling et Heron, 1998 ; Rageot et al., 2019).

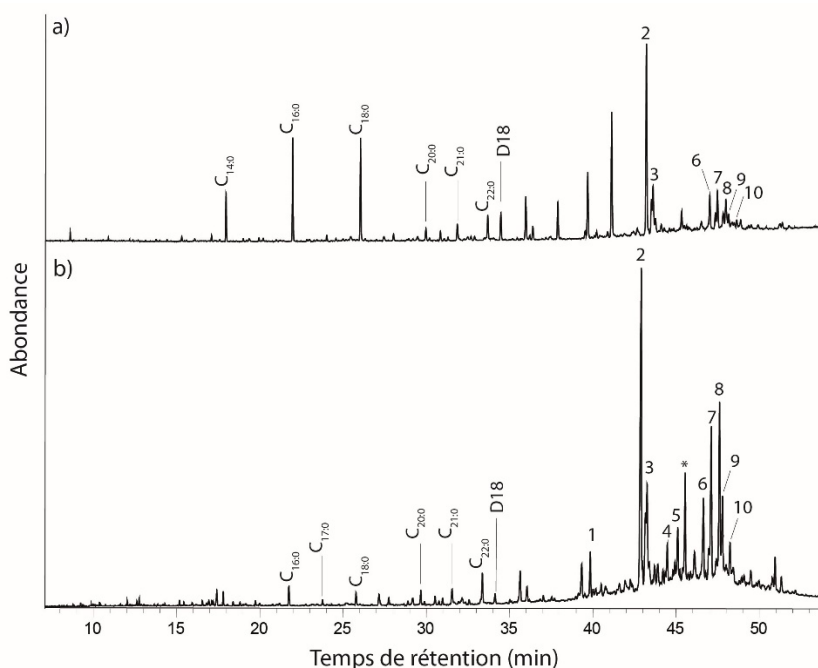


Fig. 2 - Chromatogrammes des résidus identifiés comme du brai de bouleau prélevés sur les tessons de : a) I Casteddi et b) Mezzana. C_{x,y} = acides gras (x = nombre d'atomes de carbone ; y = nombre d'insaturations), DX = diacide (X = nombre d'atomes de carbone), 1 = lupane-2,20(29)-diène, 2 = lupane-2,20(29)-dien-28-ol, 3 = allobétul-2-ène, 4 = lupénone, 5 = lupéol, 6 = 28-oxoallobetulène, 7 = bétulone, 8 = bétuline, 9 = 3-oxoallobétulane, 10 = allobétuline, * = standard interne.

3. Discussion

3.1 Continuité de l'utilisation du brai de bouleau en Corse tout au long des âges des métaux

L'emploi d'adhésifs en Corse a déjà été le sujet de plusieurs études. Jusqu'à présent, pour l'âge du Bronze en Corse, la technique de réparation des poteries était reconnue grâce à des trous réalisés de part et d'autre d'une fissure ou d'une fracture, sans qu'un quelconque lien ou résidu d'adhésif n'ait été conservé. Nos résultats montrent que le brai de bouleau était aussi utilisé pour réparer des récipients à l'âge du Bronze, comme cela a déjà été discuté pour l'âge du Fer (Rageot et al., 2016 ; Peche-Quilichini et al., 2017). Le matériau utilisé dans ces réparations est majoritairement du brai de bouleau sans lien avec d'autres substances comme la résine de conifère ou la cire d'abeille. Le brai de bouleau a également été découvert sous forme de fragments libres sur le site de l'âge du Fer de Cuciurpula, pouvant être liés à la production ou au stockage de ce matériau (Rageot et al., 2016). Bien que la présence et l'utilisation d'autres produits ayant des propriétés adhésives soient attestés en Corse pour l'âge du Fer (Rageot et al., 2016 ; Drieu et al., 2018), le brai de bouleau semble être le matériau privilégié utilisé pour réparer les récipients en céramique.

L'identification de brai de bouleau sur les sites de Mezzana et I Casteddi montre de façon indubitable que la fabrication et l'usage du brai de bouleau déjà connus pour l'âge du Fer puisent leur racine au moins à l'âge du Bronze sur l'île. Ces conclusions pourraient être soutenues par les futurs résultats des analyses chimiques en cours des artefacts de Basì et de Cuciurpula. Bien que des technologies similaires soient attestées sur le continent du nord-ouest méditerranéen pour le Néolithique (Rageot et al., 2021), les preuves archéologiques de la production et de l'utilisation du brai de bouleau restent une question ouverte pour la Corse, et plus largement pour l'ensemble des îles du nord-ouest méditerranéen. De même, l'origine de l'écorce utilisée pour fabriquer le brai est aussi une question intéressante à explorer, la Corse, avec ses massifs montagneux, fournissant naturellement cette matière première (Reille et al., 1999 ; Peche-Quilichini et al., 2010 ; Rageot et al., 2016).

3.2 Biais de recherche ou réalité archéologique ?

Les publications antérieures sur les résidus d'adhésifs à l'âge du Bronze sont peu nombreuses en regard des résultats publiés sur le Néolithique ou l'âge du Fer. Cependant, les résultats présentés ici sur deux sites en Corse montrent que ce savoir-faire peut être retracé jusqu'à l'âge du Bronze dans ce contexte géographique.

Outre les données sur les adhésifs de l'âge du Bronze dans la littérature, certaines études font référence à des objets potentiellement de nature adhésive, mais sans pour autant que des analyses chimiques aient été effectuées. Dans certains cas, cela est dû à la faible quantité de résidus conservés sur les artefacts, ce qui est souvent le cas pour les outils lithiques (Nicolas, 2016). Bien que parfois la quantité de matière organique soit insuffisante pour mettre en œuvre des analyses en GC-MS, d'autres méthodes micro-destructives telles que l'introduction directe en spectrométrie de masse (DI-MS) ou la spectroscopie infrarouge peuvent apporter des informations préliminaires sur la nature de l'échantillon et permettre d'évaluer si un échantillonnage supplémentaire est nécessaire (Regert and Rolando, 2002 ; Rageot et al., 2016 ; Chen et al., 2021).

Quelques articles font cependant état d'une plus grande quantité de matériau adhésif préservé. C'est le cas des adhésifs d'emmanchement conservés sur les outils lithiques des sites lacustres du nord de l'Italie (Perini, 1987). Cependant, aucune analyse chimique n'a été effectuée pour déterminer la nature de l'adhésif et le fait que certains de ces objets aient été restaurés complique les analyses potentielles. Les publications citées précédemment attestent d'adhésifs

non-analysés démontrent que l'exploitation des adhésifs a bien persisté pendant l'âge du Bronze. Les lacunes constatées pour cette période ne sont donc probablement pas dues à un manque de matériel archéologique, mais plus vraisemblablement à un manque d'orientation de la recherche, qui semble s'être davantage concentrée sur d'autres périodes ou encore sur des objets prestigieux.

Les futures analyses chimiques d'artefacts de l'âge du Bronze permettront de mieux comprendre les techniques de collage et d'assemblage utilisées à cette époque et les liens qu'elles entretiennent avec les périodes précédentes et suivantes. Les artefacts qui pourraient être découverts seront les adhésifs liés à la réparation de la céramique (comme les artefacts supplémentaires de Basì et Curciupula), les matériaux d'emmanchement des outils en pierre et en os, ou les adhésifs liés aux objets en métal (à des fins d'assemblage ou de décoration). Ces résidus sont souvent de couleur foncée et adhèrent à l'objet auquel ils sont associés (céramique, os, métal, matériaux périssables, etc.), mais il est parfois difficile de les distinguer du sédiment encaissant ou des matériaux végétaux modernes qui pourraient s'accrocher à l'objet. Ils peuvent être également préservés sous forme d'agrégat libre dans le sédiment. Ces résidus peuvent par ailleurs être perdus lors du traitement post-fouille. Idéalement, l'objet en question ne doit pas être lavé rigoureusement (surtout éviter de broser les tessons), de sorte que les résidus restent sur l'objet. Si nécessaire, il peut être rincé à l'eau. Lorsque les résidus organiques adhérant à des objets, outils ou ustensiles ne sont pas échantillonnés sur place au moment de leur découverte, la meilleure façon d'éviter toute contamination par des plastifiants pour des analyses ultérieures est d'éviter tout contact direct avec des sachets en plastique. Les objets peuvent être conservés dans des récipients en verre (par exemple pour les agrégats libres) ou enveloppés pas trop serrés dans du papier d'aluminium (pour les tessons de céramique avec des résidus d'adhésif) avant d'être mis dans des sachets en plastique. C'est grâce à un recensement systématique de ce type de vestiges au moment de la découverte ou des études post-fouilles et à des approches interdisciplinaires systématiques à l'interface de l'archéologie et de la chimie organique analytique que nous serons à même, à l'avenir, de combler notre déficit actuel de connaissances sur les techniques de fabrication, les usages et les savoir-faire liés aux adhésifs organiques de l'âge du Bronze en Europe.

Remerciements

Nous remercions la Collectivité de Corse pour le financement du projet doctoral "INVISARCH : L'usage des substances organiques révélé par la chimie en Corse, du Néolithique à l'âge du Fer" (MT). Que Thomas Perrin soit également remercié pour la collaboration fructueuse sur le site de Basì. Nous tenons aussi à remercier les financeurs ayant permis la réalisation des opérations archéologiques mentionnées dans cet article : la Direction Régionale des Affaires Culturelle de Corse, la Collectivité de Corse et la Communauté de communes Celavu Prunelli. T. Koch a reçu un financement du programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union européenne dans le cadre de la convention de subvention Marie Skłodowska-Curie n° 956351.

Références

- Aveling, E., Heron, C., 1998. Identification of Birch Bark Tar at the Mesolithic Site of Star Carr. *Ancient Biomolecules*. 2.
- Bosquet, D., Regert, M., DUBOIS, N., Jadin, I., 2001. Identification de brai de bouleau sur quatre vases du site rubané de Fexhe-le-Haut-Clocher «Podrî l’Cortri». Premiers résultats.
- Chelidonio, G., 1990. L’utilizzo della selce nell’eta del Bronzo: appunti per un inquadramento prolematico. Nuovi scavi nella palafitta di Cisano. Verona.
- Chelidonio, G., 1997. Preliminary Approach to Birch Tar Use in Cà Nove di Cavaion (Verona-I) Bronze Age Site. In: Brzezinski, W., Piotrowski, W. (Eds.), *Proceeding of the First International Symposium on Wood Tar and Pitch*. State Archaeological Museum, Warsaw.
- Chen, S., Vahur, S., Teearu, A., Juus, T., Zhilin, M., Savchenko, S.N., Oshibkina, S., Asheichyk, V., Vashanau, A., Lychagina, E., Kashina, E., German, K., Dubovtseva, E., Kriiska, A., Leito, I., Oras, E., 2021. Classification of archaeological adhesives from Eastern Europe and Urals by ATR-FT-IR spectroscopy and chemometric analysis. *Archaeometry*.
- Courel, B., Schaeffer, P., Féliu, C., Thomas, Y., Adam, P., 2018. Birch bark tar and jewellery: The case study of a necklace from the Iron Age (Eckwersheim, NE France). *Journal of Archaeological Science: Reports*. 20, 72–79.
- Drieu, L., Peche-Quilichini, K., Lachenal, T., Regert, M., 2018. Domestic activities and pottery use in the Iron Age Corsican settlement of Cuciurpula revealed by organic residue analysis. *Journal of Archaeological Science: Reports*. 19, 213–223.
- Grünberg, J.M., Graetsch, H., Baumer, U., Koller, J., 1999. Untersuchung der mittelpaläolithischen “Harzreste” von Königsau, Ldkr.Aschersleben-Staßfurt. *Jahresschrift für mitteldeutsche Vorgeschichte*. 81, 7–38.
- Hayek, E.W.H., Krenmayr, P., Lohninger, H., 1990. Identification of Archaeological and Recent Wood Tar Pitches Using Gas Chromatography/Mass Spectrometry and Pattern Recognition. *Analytical Chemistry*. 62, 2038–2043.
- Jakucs, J., Sándorné Kovács, J., 2012. Északkelet-magyarországi és északnyugat-romániai középső neolitik festett kerámiák festékanyagának azonosítása Fourier-transzformációs Infravörös Spektrofotometriai (FTIR) módszerrel. *Környezet – Ember – Kultúra: Az alkalmazott természettudományok és a régészet párbeszéde*. 307–316.
- Jensen, T.Z.T., Niemann, J., Iversen, K.H., Fotakis, A.K., Gopalakrishnan, S., Vågene, Å.J., Pedersen, M.W., Sinding, M.-H.S., Ellegaard, M.R., Allentoft, M.E., Lanigan, L.T., Taurozzi, A.J., Nielsen, S.H., Dee, M.W., Mortensen, M.N., Christensen, M.C., Sørensen, S.A., Collins, M.J., Gilbert, M.T.P., Sikora, M., Rasmussen, S., Schroeder, H., 2019. A 5700 year-old human genome and oral microbiome from chewed birch pitch. *Nat Commun*. 10, 5520.
- Kabaciński, J., Henry, A., David, É., Rageot, M., Cheval, C., Winiarska-Kabacińska, M., Regert, M., Mazuy, A., Orange, F., 2023. Expedient and efficient: an Early Mesolithic composite implement from Krzyż Wielkopolski. *Antiquity*. 97, 295–313.
- Kashuba, N., Kirdök, E., Damlien, H., Manninen, M.A., Nordqvist, B., Persson, P., Götherström, A., 2019. Ancient DNA from mastics solidifies connection between material culture and genetics of mesolithic hunter-gatherers in Scandinavia. *Communications Biology*. 2.
- Langejans, G., Aleo, A., Fajardo, S., Kozowyk, P., 2022. *Archaeological Adhesives*. Oxford Research Encyclopedia of Anthropology.

- Langlois, J., Rageot, M., Regert, M., 2023. Approche archéométrique des harnais. In: Lepaumier, H. (Ed.), *Environnement Archéologique d'une Tombe à Char*. Édition Presses universitaires de Rennes, pp. 232–235.
- Mazza, P., Martini, F., Sala, B., Magi, M., Colombini, M., Giachi, G., Landucci, F., Lemorini, C., Modugno, F., Ribechini, E., 2006. A new Palaeolithic discovery: tar-hafted stone tools in a European Mid-Pleistocene bone-bearing bed. *Journal of Archaeological Science*. 33, 1310–1318.
- Morandi, L.F., Porta, S.N., Ribechini, E., 2018. Evidence for Birch Bark Tar Use as an Adhesive and Decorative Element in Early Iron Age Central Italy: Technological and Socio-Economic Implications. *Archaeometry*. 60, 1077–1087.
- Nicolas, C., 2016. *Flèches de pouvoir à l'aube de la métallurgie de la Bretagne au Danemark (2500-1700 av. n. è.)*. Sidestone Press, Leiden.
- Niekus, M.J.L.T., Kozowyk, P.R.B., Langejans, G.H.J., Ngan-Tillard, D., van Keulen, H., van der Plicht, J., Cohen, K.M., van Wingerden, W., van Os, B., Smit, B.I., Amkreutz, L.W.S.W., Johansen, L., Verbaas, A., Dusseldorp, G.L., 2019. Middle Paleolithic complex technology and a Neandertal tar-backed tool from the Dutch North Sea. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 116, 22081–22087.
- Nordby, C.C., Sørgaard, K.O., 2020. Ritual or Mundane? Scandinavian Tar Loaves from the Bronze Age. In: Austvoll, K.I., Eriksen, M., Fredriksen, P., Melheim, L., Prøsch-Danielsen, L., Skogstrand, L. (Eds.), *Contrasts of the Nordic Bronze Age Essays in Honour of Christopher Prescott*. Brepols, Turnhout, pp. 139–147.
- Osipowicz, G., 2005. A method of wood tar production, without the use of ceramics. *Reconstr. Exp. Archaeology EuroREA*. 2, 11–17.
- Paolini-Saez, H., Arobba, D., Aubert, S., Chapon, P., Gratuze, B., Jamai-Chipon, A., Lambert, M., Lechenault, M., Le Bourdonnax, F.-X., Leck, A., Le Flecher, T., Marcel, M., Pereira, E., Piccardi, E., Regert, M., Villat, X., 2019. Rapport final, fouille programmée pluriannuelle 2017-2019, I Casteddi – Tavera – Corse-du-Sud, Service régional d'archéologie Corse. Ajaccio.
- Peche-Quilichini, K., Py, V., Regert, M., 2010. Exploitation des matières premières végétales en contexte insulaire montagnard: l'exemple de l'habitat du premier âge du Fer de Cuciurpula (Serra-di-Scopamène et Sorbollano, Corse-du-sud). In: C. Delhon, I.T.-P., S. Thiébault (Ed.), . Edition APDCA, Antibes.
- Peche-Quilichini, K., Rageot, M., Regert, M., 2017. Systèmes de réparation, de réutilisation et de recyclage des vaisselles céramiques protohistoriques de Corse. *Bulletin de la Société préhistorique française*. 114, 137–166.
- Perini, R., 1987. Campagne 1969-1976 Scavi archeologici nella zona palafitticola di Fiaavé-Carera -2: Resi della cultura materiale metallo, osso, litica, legno. Servizio Beni Culturali della Provincia Autonoma di Trento.
- Petersen, P.V., 2013. Amber pendants, bears and elks. *Bernsteinanhänger, Bären und Elche. Die Kunde*. 64, 2019–237.
- Rageot, M., 2015. *Les substances naturelles en Méditerranée nord-occidentale (VIe-Ie Millénaire BCE) : chimie et archéologie des matériaux exploités pour leurs propriétés adhésives et hydrophobes (Doctorat)*. Université Nice Sophia Antipolis.
- Rageot, M., Lepère, C., Henry, A., Binder, D., Davtian, G., Filippi, J.-J., Fernandez, X., Guilaine, J., Jallet, F., Radi, G., Thirault, E., Terradas, X., Regert, M., 2021. Management systems of adhesive materials throughout the Neolithic in the North-West Mediterranean. *Journal of Archaeological Science*. 126, 105309.
- Rageot, M., Peche-Quilichini, K., Py, V., Filippi, J.-J., Fernandez, X., Regert, M., 2016. Exploitation of Beehive Products, Plant Exudates and Tars in Corsica During the Early Iron Age. *Archaeometry*. 58, 315–332.

- Rageot, M., Théry-Parisot, I., Beyries, S., Lepère, C., Carré, A., Mazuy, A., Filippi, J.-J., Fernandez, X., Binder, D., Regert, M., 2019. Birch Bark Tar Production: Experimental and Biomolecular Approaches to the Study of a Common and Widely Used Prehistoric Adhesive. *Journal of Archaeological Method and Theory*. 26, 276–312.
- Regert, M., Delacotte, J.-M., Menu, M., Pétrequin, P., Rolando, C., 1998. Identification of Neolithic Hafting Adhesives from Two Lake Dwellings at Chalain (Jura, France). *Ancient Biomolecules*. 2, 81–96.
- Regert, M., Garnier, N., Binder, D., Pétrequin, P., 2000. Les adhésifs néolithiques : quels matériaux utilisés, quelles techniques de production dans quel contexte social? L'exemple des adhésifs des sites de Giribaldi et de Chalain. pp. 585–604.
- Regert, M., Rolando, C., 2002. Identification of Archaeological Adhesives Using Direct Inlet Electron Ionization Mass Spectrometry. *Analytical chemistry*. 74, 965–75.
- Regert, M., Vacher, S., Moulherat, C., Decavallas, O., 2003. Adhesive Production and Pottery Function During the Iron Age at the Site of Grand Aunay (Sarthe, France)*. *Archaeometry*. 45, 101–120.
- Reille, M., Gamsans, J., Andrieu-Ponel, V., de Beaulieu, J.-L., 1999. The Holocene at Lac de Creno, Corsica, France: a key site for the whole island. *New Phytol*. 141, 291–307.
- Reunanen, M., Holmbom, B., Edgren, T., 1993. Analysis of Archaeological Birch Bark Pitches. *Holzforschung*. 47, 175–177.
- Sandermann, W., 1965. Untersuchung vorgeschichtlicher “Gräberharze” und kitte.
- Sauter, F., Ulrich, J., Graf, A., Werther, W., Varmuza, K., 2000. Studies in organic archaeometry I: identification of the prehistoric adhesive used by “Tyrolean Icemen” to fix his weapons. *Arkivoc*. V, 735–747.
- Schmidt, P., Koch, T.J., Blessing, M.A., Karakostis, F.A., Harvati, K., Dresely, V., Charrié-Duhaut, A., 2023. Production method of the Königsau birch tar documents cumulative culture in Neanderthals. *Archaeological and Anthropological Sciences*. 15, 84.
- Stacey, R., 2004. Evidence for use of birch-bark tar from Iron Age Britain. *The newsletter of the prehistoric society*. Number 47.
- Toft, P.A., Petersen, E.B., 2013. Five Thousand Years of Decorated Amber Pendants from the Danish Mesolithic. *Die Kunde*. 64, 197–217.
- Urem-Kotsou, D., Mitkidou, S., Dimitrakoudi, E., Kokkinos, N., Ntinou, M., 2018. Following their tears: Production and use of plant exudates in the Neolithic of North Aegean and the Balkans. *Quaternary International*. 496, 68–79.
- Vidal, L., Bonnaud, S., Peche-Quilichini, K., Seguin, M., 2017. Rapport final d’opération, diagnostic archéologique 2017 : Mezzana – Tranche 1 (Corse, Corse-du-Sud (2A), Sarrola-Carcopino), Service régional d’archéologie Corse. Ajaccio.
- Wierer, U., Arrighi, S., Bertola, S., Kaufmann, G., Baumgarten, B., Pedrotti, A., Pernter, P., Pelegrin, J., 2018. The Iceman’s lithic toolkit: Raw material, technology, typology and use. *PLOS ONE*. 13, e0198292.