



HAL
open science

Premières données xylo- et anthraco-entomologiques à l'époque gallo-romaine: Cas d'études et potentiel d'interprétations sur la petite vrillette *Anobium punctatum* De Geer, 1774 (Coleoptera: Ptinidae)

Magali Toriti, Aline Durand, Fabien Fohrer

► To cite this version:

Magali Toriti, Aline Durand, Fabien Fohrer. Premières données xylo- et anthraco-entomologiques à l'époque gallo-romaine: Cas d'études et potentiel d'interprétations sur la petite vrillette *Anobium punctatum* De Geer, 1774 (Coleoptera: Ptinidae). *Archeosciences, revue d'Archéométrie*, 2022, 1 (46), pp.33-55. 10.4000/archeosciences.11061 . hal-04244764

HAL Id: hal-04244764

<https://univ-rennes.hal.science/hal-04244764>

Submitted on 20 Oct 2023

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

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



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

Magali Toriti, Aline Durand, Fabien Fohrer - *Premières données xylo- et anthraco-entomologiques à l'époque gallo-romaine...*

Premières données xylo- et anthraco-entomologiques à l'époque gallo-romaine : cas d'études et potentiel d'interprétations sur la petite vrillette *Anobium punctatum* De Geer, 1774 (Coleoptera : Ptinidae)

First data xylo- and anthraco-entomological approach in Gallo-Roman period: case studies and interpretative potential on the common furniture beetle *Anobium punctatum* De Geer, 1774 (Coleoptera: Ptinidae)

Magali Toriti¹, Aline Durand², Fabien Fohrer³

1 : Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire (CReAAH) UMR CNRS 6566 - Le Mans Université, Avenue Olivier Messiaen, 72085 Le Mans - France. (mag.toriti@gmail.com)

2 : Centre de Recherche en Archéologie, Archéosciences, Histoire (CReAAH) UMR CNRS 6566, Le Mans Université, Avenue Olivier Messiaen, 72085 Le Mans - France. (aline.durand@univ-lemans.fr)

3 : Centre Interdisciplinaire de Conservation et de Restauration du Patrimoine (CICRP) - Ministère de la culture et de la Communication, 21 rue Guibal, 13003 Marseille - France. (fabien.fohrer@cicrp.fr)

Résumé

Cet article propose un premier état des connaissances sur la petite vrillette (*Anobium punctatum* De Geer, 1774), à partir de données archéobotaniques. L'analyse systématique des traces de ce xylophage et sa présence récurrente sur différents sites gallo-romains documentent les processus de déconstruction d'un bâtiment et éclairent des pratiques comme le réemploi. Elles aident aussi, à comprendre l'attractivité du bois dans le domaine de la conservation patrimoniale. Les études des galeries et des vermoulures (identification, comptage, localisation) alliées aux éléments xylogiques et anthracologiques (essence ligneuse, anatomie) sont confrontées aux données archéologiques : elles révèlent un fort potentiel d'aide aux interprétations des bois archéologiques, notamment des bois ouvragés (charpente, plancher). En raison de sa synanthropie et de sa biologie, cet insecte est ubiquiste. Il peut être considéré comme un marqueur archéologique. Lorsqu'il est identifié, il est possible d'obtenir des informations sur la source de l'infestation de la structure et sur son importance. Ainsi, l'état sanitaire des bois est-il évalué. Parfois, des contextes archéologiques différents (four, foyer) renseignent plutôt sur le réemploi d'anciens bois ouvrés. Enfin, lorsqu'il est absent alors que toutes les conditions semblent réunies pour son implantation, d'autres questionnements se posent : traitement des bois, âge de la structure, tanins contenus dans les essences...

Mots-clés : *Anobium punctatum*, xylophage, bois ouvré, xylo-anthracologie, Antiquité romaine.

Abstract

This article presents a first state of knowledge on the common furniture beetle (*Anobium punctatum* De Geer, 1774), based on archaeobotanical data. The systematic analysis of the traces of this xylophagous and the repetition of its presence on different Gallo-Roman sites document the processes of deconstruction of a building and shed light on practices such as reuse. They also help to understand the attractiveness of wood in the field of heritage conservation. The studies of galleries and faecal pellets (identification, counting, location) combined with xylogological and anthracological elements (wood species, anatomy), all interweaved with archaeological data, reveal a strong potential for supporting in the interpretation of archaeological wood, particularly timber (framework, floor). This ubiquitous insect, because of its synanthropy and biology, can be considered as an archaeological marker. When identified, it is possible to obtain information on the source of the infestation of the structure and its importance, which allows to evaluate the wood condition. Sometimes, different archaeological contexts (kiln, fireplace) document the reuse of old timber. Finally, when it is absent, even though all the conditions seem to have been met for its implantation, other questions arise: treatment of the wood, age of the structure, tannins of the species...

Keywords: *Anobium punctatum*, xylophagous, timber, xylo-anthracology, Roman antiquity.

1. INTRODUCTION

La petite vrillette (*Anobium punctatum* (De Geer, 1774), Coleoptera : Polyphaga : Ptinidae, anciennement Anobiidae) est de nos jours l'un des coléoptères xylophages nuisibles les plus connus pour ses attaques sur le bois de construction et le petit mobilier manufacturé. Cet insecte fait ainsi l'objet de véritables campagnes d'éradication, principalement dans les musées et chez les particuliers. À titre préventif, dans les bâtiments historiques, les architectes et les conservateurs du patrimoine, préconisent actuellement d'enlever l'aubier des bois de charpentes médiévales et modernes encore en place, ce qui va à l'encontre de leur intégrité, et rend très difficile leur datation par dendrochronologie. Ce statut de « nuisible » est difficilement perceptible pour les périodes anciennes. En effet, la petite vrillette semble plutôt discrète durant l'Antiquité car elle n'est attestée que chez Théophraste¹. Plusieurs textes romains mentionnent plus largement les xylophages et la pourriture du bois, notamment Pline l'Ancien² et Vitruve³. Pour traiter la « pourriture et la vermoulure », certains auteurs conseillent l'utilisation de badigeons d'amurque⁴ ou de poix⁵. Ces techniques concernent prioritairement les greniers et les vergers pour prévenir des pertes économiques et des risques de famine. Cependant, quelquefois, la dégradation des bateaux par le térébrant marin ou taret (*Teredo navalis*) est traitée de la même manière. En revanche, les auteurs antiques sont quasi silencieux sur les préconisations concernant le bois de construction (charpente, plancher...).

Les études archéoentomologiques, comme sur le site néolithique de *Chalains* (Ponel, 1997) ou le grenier carbonisé du IIe s. apr. J.-C. de la *ZAC de la Cathédrale* à Amiens (Yvinec, 1997), soulignent la présence quasi-systématique de la petite vrillette dans les assemblages entomologiques, dès lors qu'un contexte d'habitat est à proximité (Ponel, 2001, 2011a et b ; Ponel *et al.*, 2000, 2005, 2018 ; Pécréaux, 2008). Ces approches sont basées sur l'identification d'éléments anatomiques des insectes. Elles ont été pendant longtemps parmi les seules à pouvoir affirmer ou non leur présence et offrent des perspectives d'interprétations archéologiques originales pour l'Europe de l'Ouest (Kenward, 1976 ; Coope, 1981 ; Buckland, Coope, 1991 ; Ponel, Yvinec, 1997 ; Moret, 1998 ; Kenward, Carrott, 2006). L'interprétation de la présence de la petite vrillette est sensiblement toujours identique : il s'agit d'un taxon synanthrope, lié aux bois ouvragés ; c'est même « l'une des espèces les plus typiques des assemblages archéoentomologiques déposés en contexte de forte anthropisation » (Ponel *et al.*, 2005, 323).

Plus récemment, les approches xylo- et anthraco-entomologiques (Toriti, 2018) ont permis l'enregistrement de nouvelles mentions de vrillettes (Toriti *et al.* 2020a, b et c). Ce ne sont plus uniquement les restes anatomiques des insectes qui indiquent leur présence, mais les traces qu'ils laissent dans le bois, à savoir les galeries et les vermoules (déjections fécales des larves). Ainsi, une clef d'identification de ces stigmates pour les xylophages les plus communs en Europe occidentale a été bâtie. Elle intègre également la biologie de chaque espèce, la durée du cycle évolutif, leur préférence pour

¹ *Histoire des Plantes*, Livre V, Chap. 4, 5 : « Les vrillettes ressemblent aux vers ; c'est par elles que le bois est peu à peu troué. Leurs dégâts se réparent facilement car le bois goudronné, une fois mis à la mer est étanche ».

² *Histoire Naturelle*, Livre XII, Chap. 55 : « [...] Au début de la canicule, des vermineux ailés se jettent dessus pour le ronger, ce qui lui donne un aspect sale et vermoulu [...] ».

³ *De l'Architecture*, Livre V, Chap. 12, 7 : « Une fois ces travaux achevés, le plan des hangars à bateaux sera établi de façon à ce qu'ils regardent le plus possible vers le nord. En effet, les orientations méridionales, en raison de la chaleur, engendrent la pourriture, les vers, les tarets et autres bestioles nuisibles et, en les nourrissant, les maintiennent en vie. Ces édifices doivent comporter très peu de bois en raison des risques d'incendie [...] ».

⁴ pâte composée des restes de marc d'olives pressurées.

⁵ Pline l'Ancien, *Histoire des Plantes*, Livre XVII, Chap. 47, 266 et Chap. 37, 234. Caton, *De Agricultura*, Chap. 101 (CI), 92 ; Palladius, *Traité d'Agriculture*, Livre I, Chap. 19, 2 ou encore Varron, *De Rustica*, Livre I, Chap. 57, 1-2.

une essence ligneuse, l'état du bois (sur pied, mort, sec, humide...) ou les parties de l'arbre infestées (branches, tronc, souche...) (Toriti *et al.*, 2021). Jusqu'alors, la plupart des études xylogologiques et anthracologiques avaient pour but d'identifier les essences, d'observer la morphologie du bois et de restituer l'environnement des sites archéologiques (Chabal *et al.*, 1999 ; Marguerie, Hunot, 2007 ; Leroyer *et al.*, 2018). Elles n'ont pas développé l'observation approfondie des traces d'insectes au point de les déterminer. En effet, les galeries sont régulièrement enregistrées, parfois sous le terme de « trou » ou de « tunnel », sous forme de données brutes sans interprétation plus approfondie. Ces dernières années, les traces de xylophages ont été de plus en plus prises en compte par les anthracologues (Carrión, Badal, 2004 ; Py *et al.*, 2015 ; Vidal-Matutano *et al.*, 2020 ; Martín-Seijo, 2020 ; Martín-Seijo *et al.*, 2020). Par ailleurs, quelques archéobotanistes s'intéressent également aux hyphes de champignon lignivores (Blanchette, 1991, 2000 ; Blanchette *et al.*, 1991 ; Théry-Parisot, 2001 ; Badal, 2004 ; Moskal-del Hoyo *et al.*, 2010 ; Henry, Théry-Parisot, 2014). En effet, ils constituent un indice supplémentaire dans l'évaluation de l'état sanitaire du bois. Couplés à la présence de petite vrillette, ils mettent en lumière les conditions environnementales favorables à leur développement respectif.

L'idée n'est pas ici d'examiner l'ensemble des données acquises sur la petite vrillette toutes disciplines confondues. Il s'agit plutôt de tenter une première réflexion synthétique et une mise en perspective sur cette espèce à partir des données xylo- et anthraco-entomologiques obtenues sur onze sites archéologiques d'époque gallo-romaine. Elles offrent une image de l'état sanitaire et mécanique de structures en bois à un moment précis croisées avec les données biologiques, botaniques et archéologiques, elles conduisent à appréhender plus en détail la succession des événements techniques de la vie d'un bâtiment : problème de conception, source d'humidité, infestation en phase de fonctionnement ou post-abandon, entre deux campagnes de fouille, voire lors du conditionnement ou d'une présentation dans les musées... Ces études participent également à compléter l'histoire des animaux, ici des insectes, de leur localisation, de leurs préférences alimentaires et de leur perception par les populations passées.

2. BIOLOGIE DE LA PETITE VRILLETTE

La petite vrillette (*Anobium punctatum*) est une espèce synanthrope, bien que préférentiellement cantonnée aux régions tempérées avec une tendance à plus proliférer dans les zones rurales (Serment, 1980, p. 3). L'impact économique de cet insecte est aujourd'hui important et son attestation archéologique comme patrimoniale diffère selon les pays (Pinniger, Child, 1996 ; Pinniger 2001 ; Kingsley *et al.*, 2001). Infestant les feuillus comme les résineux, ce xylophage est parfois concurrencé par le capricorne des maisons (*Hylotrupes bajulus*), la grande vrillette (*Xestobium rufovillosum*) et le lycte brun (*Lyctus brunneus*) (Lepesme, 1944 ; CTBA, 1996 ; Delobel, Tran, 1993).

Anobium punctatum dégrade les pièces de bois en y creusant des galeries et, surtout, en y perçant les trous d'envol des nouveaux adultes. Ces orifices peuvent alors avoir une influence sur le pourrissement éventuel de la pièce de bois en favorisant un microclimat optimal pour les micro-organismes tels que les champignons (Paulian, 1988 ; Laclos, Büche, 2008). Les adultes émergent de mai à septembre et vivent environ 20 à 30 jours (Figure 1). Ces insectes pondent généralement dans les anfractuosités, les aspérités rugueuses ou les fentes du bois ainsi que dans les anciens trous d'envol. Ils peuvent coloniser les bois sains, mais sont préférentiellement attirés par les bois dégradés, notamment ceux colonisés au préalable par des champignons lignivores. Ainsi, certaines parties du bois comme le duramen deviennent attaquables (Bletchly, 1953 ; Hickin, 1963, 1967). En effet, l'influence du champignon augmente les

possibilités de ponte de manière drastique par le craquellement de la surface du bois. Elle amoindrit aussi la résistance mécanique du support nourricier qui devient plus souple pour les mandibules des larves (Serment, 1980, p. 27). Le cycle de développement complet de l'œuf à l'adulte varie de 1 à 4 ans (Lepesme, 1944 ; Cymorek, 1975 ; Berry, 1977 ; Serment, 1980, 1981 ; Español, 1992 ; Fohrer *et al.*, 2017). Le nombre d'œufs, leur viabilité, puis le développement des larves varient en fonction de la valeur nutritive du bois et des conditions de température et d'humidité. En moyenne, une femelle adulte pond entre 12 et 40 œufs dans sa vie. Ce nombre peut être doublé si les conditions sont optimales : 22,5°C, une humidité ambiante supérieure à 45 % et une humidité du bois d'au moins 30 %. Les larves xylophages creusent des galeries rondes, régulières, qui suivent généralement le fil du bois. Le bois ingéré est transformé dans le tube digestif par une microflore spécialisée dans la dégradation de la cellulose. Les déjections qui en découlent forment la vermoulure. Le bois fraîchement séché peut être attractif si les éléments nutritifs recherchés sont présents en bonne quantité (Becker, 1942 ; Baker *et al.*, 1970 ; Seifert, 1962). Le glucose et l'amidon sont particulièrement appréciés tandis que les sels minéraux ne semblent pas être digérés (Parkin, 1940 ; Muller, 1934). Les larves, agressives, se concurrencent entre elles et certaines n'atteignent pas l'âge adulte. Ainsi, les trous d'envol sont le meilleur indicateur de succession de générations. Au sein des galeries larvaires, il est également possible d'observer les galeries qui s'entrecroisent. Le plus grand danger pour le bois est cette succession de générations, représentée par la multiplication des galeries qui vont petit à petit affaiblir ses propriétés mécaniques (Baker, 1972 ; Serment, 1980).

3. CORPUS ARCHEOLOGIQUE

Le corpus se compose de dix sites archéologiques ayant livré des bois ouvragés, carbonisés ou gorgés d'eau, répartis dans toute la France avec deux foyers principaux : le Sud-Est et le Grand-Ouest. S'y ajoute un onzième site dont les charbons sont issus d'un foyer. Pour pouvoir être comparés, les sites étudiés ont été sélectionnés en fonction d'un cadre chronologique strict : IIe s. av. J.-C.-IIIe s. apr. J.-C. (Figure 2 ; Tableau 1). Les protocoles de prélèvement ont été adaptés à chaque cas de figure et les problématiques xylo-anthracologiques intégrées au mieux dans le programme de fouille et/ou de post-fouille. Dans l'ensemble, il s'agit de sites d'habitat ou proche d'un habitat : urbain pour Camelin et les Jacobins, rural pour le col d'Adon, des thermes proches d'un habitat urbain pour les Poiriers, un quartier de stockage pour Barzan, de puits proches d'habitats pour les Cléons, les Filles-Dieu, la Porte-Allain et Alésia, un port à proximité d'un habitat pour Saint-Lupien et enfin un sanctuaire hors les murs d'*Autricum* (Chartres) pour Saint-Martin-au-Val.

L'hétérogénéité du corpus (Tableau 2) était essentielle pour faire varier, sur une même tranche temporelle, le gradient biogéographique, les biotopes et biocénoses. En effet, les xylophages sont très sensibles aux conditions micro-climatiques. Il s'agissait aussi de vérifier l'applicabilité et l'adaptabilité du protocole de prélèvement et de traitement à des contextes archéologiques différents, humides ou non, à des bois de construction issus de divers types de structures et à des objets en bois. De cette manière, une diversité plus importante de résultats était attendue afin de commencer à écrire l'histoire de la petite vrillette durant l'Antiquité.

4. METHODES

Matériel et protocoles de prélèvement

Le protocole a été adapté en fonction du site étudié. Les objets manufacturés en bois gorgés d'eau provenant de puits (Porte-Allain, Les Cléons et Alésia), dépendent de collections de musées et/ou étaient en cours de restauration par le laboratoire Arc'Antique à Nantes. Dans le cas d'Alésia et des Cléons (Chailloux, 1887), il s'agit de fouilles anciennes, respectivement des années 1930 et de la fin du XIXe s., contrairement aux Filles-Dieu (1982) et à La Porte-Allain (2009-2010). La manière de prélever sur le terrain n'est pas ou peu connu pour les deux premiers cas. Les bois d'Alésia ont par la suite été stockés dans les réserves du musée (Figure 3a). Le protocole a consisté à observer les traces d'insectes xylophages après l'analyse xylogique, mais avant l'imprégnation au PEG (polyéthylène glycol) du laboratoire de conservation et de restauration⁶ (Saedlou, 2011 ; Toriti, 2018). Dans le cas des Jacobins, le prélèvement et l'étude d'un élément du plancher carbonisé a été réalisé par les archéologues de l'INRAP (Seignac in Le Cloirec, 2016). L'évaluation du potentiel xylo-entomologique des bois pour cette étude a été effectuée dans un second temps.

Les charbons du plancher de la cave des entrepôts de la Palisse du Fâ à Barzan (Bouet, 2020) et du foyer des thermes des Poiriers à Fréjus ont été récoltés par les archéologues en suivant les préconisations de la discipline (Chabal, 1997 ; Chabal *et al.*, 1999 ; Marguerie, Hunot, 2007). L'analyse anthracologique a ensuite été conduite par les auteurs (Toriti *et al.*, 2020b ; Excoffon, 2015). Pour les sites du col d'Adon, de l'îlot Camelin, des aménagements de berge de Saint-Lupien, et des bois du bassin du sanctuaire de Saint-Martin-au-Val, le suivi et la maîtrise des prélèvements ont été entièrement menés par les auteurs en collaboration étroite avec les archéologues. Les charbons comme les bois ont été intégralement prélevés. Pour les structures carbonisées du col d'Adon et de Camelin, la fouille a mis en évidence divers éléments (planches, sablières...) (Figure 3b et c) qui ont ensuite été topographiés et prélevés, sans tamisage, d'un seul tenant ou en section lorsque les pièces étaient d'une longueur trop importante. Pour les bois gorgés d'eau de Saint-Lupien (Figure 3d), chaque pieu a été topographié, prélevé et conservé dans son intégralité. Chaque pièce a été nettoyée à l'eau claire puis emballée dans du film transparent et placée à l'abri de la lumière. Les bois de Saint-Martin-au-Val (Figure 3e) présentent les deux états de conservation. En effet, ils sont à la fois carbonisés et gorgés d'eau. Certaines pièces ne sont que très peu carbonisées en surface, d'autres au contraire le sont entièrement. Les pièces qui mesurent plus de 2 m de longueur ont pu bénéficier d'un prélèvement d'un seul tenant et d'une conservation toujours en cours actuellement dans une chambre froide dédiée (Bazin *et al.*, 2020, 2021 ; inédit).

Analyses de laboratoire et création d'un référentiel

Pour apprécier l'état sanitaire du bois archéologique, il était essentiel de créer une clef inédite d'identification des xylophages fondée uniquement sur les traces observables qu'ils laissent dans le bois, c'est-à-dire les galeries d'une part et les vermoultures composées des pellètes fécales des larves xylophages et stockées dans les galeries d'autre part. Les œufs de ponte, très fragiles, n'ont pas été observés sur des échantillons archéologiques. Ils n'ont pas été pris en considération pour bâtir ce référentiel.

En Europe de l'Ouest, il existe actuellement près de 600 espèces d'insectes xylophages. C'est pourquoi le parti pris a été d'étudier les familles les plus communes colonisant le bois ouvré dans le domaine de la

⁶ Restauration réalisée par G. Lemoine, Arc'Antique (Nantes).

conservation patrimoniale, autrement dit les vrillettes, les capricornes, les lyctes, les charançons... (CTBA, 1996 ; Bravery *et al.*, 2003 ; Bobadilla *et al.*, 2015 ; Fohrer *et al.*, 2017 ; Toriti, 2018). Dans ce but, les différentes espèces de ces familles ont été élevées sur des bois actuels dans les locaux du Centre Interdisciplinaire de Conservation et de Restauration du Patrimoine à Marseille (CICRP). L'espèce xylophage est connue grâce à la présence d'imagos, autrement dit d'individus adultes. Les bois actuels infestés ont fait l'objet d'observations et de mesures à la loupe binoculaire et au microscope électronique. Elles reposent sur l'examen attentif de la taille, de la forme et de l'emplacement des galeries (dans le fil du bois ou pas, localisation dans les tissus anatomiques). Elles reposent aussi sur l'observation des vermoulures ou déjections des larves xylophages : présence, homogénéité, hétérogénéité, morphologie, unités fécales avec une forme spécifique et mesurable... Toutes ces caractéristiques sont discriminantes et ont été répertoriées et décrites. Cette approche classique de morphométrie a mis en lumière des différences notables entre les vermoulures. Selon l'espèce xylophage, les pelètes fécales les composant parfois sont en effet de taille, de forme et de texture variées (fusiforme, lenticulaire, tonnelet...) selon l'espèce xylophage (Figure 4) (Toriti *et al.*, 2021). C'est l'association entre l'approche morphologique macro- et microscopique de la vermoulure couplée avec les statistiques menées à partir des mesures des pelètes fécales, qui conduit à attribuer une espèce aux vermoulures et à leur galerie.

La petite vrillette forme des galeries rondes, très régulières, d'une taille de 3 mm de diamètre maximum. Elle suit généralement le fil du bois et ne cible pas particulièrement les vaisseaux ou une autre zone anatomique du bois. Cette espèce laisse une grande quantité de vermoulure après son passage. Homogène, cette dernière est composée d'une multitude de petits grains fécaux fusiformes (Figure 4a). La vermoulure de petite vrillette se distingue de celles des espèces proches de la même famille telles que *C. solidus*, *O. ptilinoides* et *N. castaneum* (Figure 4b, c, d), par son aspect plus effrité, rugueux et désorganisé. De plus, la taille des pelètes fécales fusiformes sont différentes d'une espèce à l'autre (Figure 5). Enfin, des fibres de bois mal digérées peuvent être régulièrement observées chez la petite vrillette (Fohrer *et al.*, 2017). Chez les Ptinidae, la taille et la forme des galeries sont équivalentes. La petite vrillette se différencie par ses pelètes fécales, les plus petites de toutes, même au stade final de la larve. La clef de détermination des traces est actuellement en cours d'ajustement pour les vestiges carbonisés à partir d'expérimentations de carbonisation des bois de référence (Toriti, 2018). Le but est d'observer les effets de la combustion sur les galeries et les vermoulures. Quelques déformations du bois sont notables (Figure 6) et une réduction importante de 15 à 20 % en moyenne apparaît, comme d'autres chercheurs l'ont déjà décrit (Chabal, 1997 ; Lancelotti *et al.*, 2010 ; Théry-Parisot *et al.*, 2010 ; Chrzazvez *et al.*, 2014). Une réduction de cet ordre a également été notée chez les insectes (Campbell, Kenward, 2012). Les expérimentations démontrent aussi une réduction de la taille des galeries, et des vermoulures (Figure 7). Cette diminution des grains fécaux est plus conséquente si ces derniers sont proches de la surface du bois. En revanche, la forme générale des galeries et des grains de vermoulure est conservée. Enfin, il faut noter qu'environ 20 % de la vermoulure a tendance à s'agglomérer : les grains fécaux fusionnent partiellement les uns avec les autres, pouvant ainsi rendre la distinction plus ardue pour un œil non averti.

Une fois le référentiel établi à la fois sur les bois non carbonisés et carbonisés, il peut être appliqué au matériel archéologique. La diagnose xylo-anthracologique des écofacts a été menée à l'aide d'un microscope à réflexion. Toutes les galeries visibles ont été notées, décrites et mesurées tout comme les

vermoules. Les agrégats de vermoules ont été délicatement extraits des charbons ou des bois gorgés d'eau pour pouvoir être observés au microscope électronique puis comparés au référentiel.

Il est important de séparer les galeries observées sur du bois carbonisé et sur du bois gorgé d'eau. En effet, en fonction de l'état de conservation du bois, le dénombrement des galeries n'est pour l'heure, pas comparable. En effet, l'ensemble d'un bois gorgé d'eau peut être observé et par conséquent le nombre de galerie enregistré est plus proche de la réalité. À l'inverse, la fragmentation naturelle d'un bois carbonisé multiplie le risque de comptabiliser plusieurs fois une même galerie. De même, il est nécessaire de différencier le nombre de fragments infestés et le nombre minimum d'individu (NMI). Le NMI est évalué à partir du nombre de galeries de sortie répertoriées sur une pièce de bois. Contrairement aux galeries dites larvaires, les galeries de sortie indiquent la fin du cycle de développement pour un seul adulte.

5. RESULTATS

Données xylo- et anthraco-entomologiques

Au total, 8835 charbons et 1097 bois gorgés d'eau ont été analysés pour l'ensemble du corpus (Tableau 3). Parmi eux, c'est 1831 charbons (20,7 %) et 326 bois (29,9 %) qui sont infestés dont 1401 charbons (15,9 %) et 261 bois (23,9 %) spécifiquement par la petite vrillette (Figure 8 ; Figure 9 ; Figure 10 ; Figure 11a et b). Les autres infestations sont l'œuvre de diverses familles ou genres : ont été identifiés la vrillette brune (*Oligomerus* sp.) (Camelin), la grande vrillette (*Xestobium rufovillosum*) (col d'Adon), la famille des capricornes (Cerambycidae) (Saint-Lupien, col d'Adon), le groupe des charançons du bois (*Cossoninae*) (Camelin), la sous-famille des scolytes (*Scolytinae*) (Saint-Lupien, Saint-Martin-au-Val) ou encore le lycte (*Lyctus* sp.) (Saint-Lupien, Jacobins). Enfin, les indéterminables correspondent à des vermoules trop agrégées ou ayant perdu toute consistance. Le cas des vermoules du plancher de Camelin est à souligner (Figure 11a). En effet, la projection des mesures sur le référentiel « charbon » montre un grand nombre d'*Anobium punctatum* recensé ; mais certains grains correspondraient davantage aux genres *Oligomerus* ou *Nicobium*. C'est dans ce cas l'observation fine au microscope électronique à balayage qui a permis de trancher en ce sens grâce à la forme typique des pélettes fécales : fusiforme avec un apex aigu et bombé et à la juxtaposition parallèle de débris de bois. Il convient toutefois de rester prudent car il pourrait éventuellement s'agir d'une espèce avec des caractères similaires dont les traces n'ont pas été décrites à l'heure actuelle. Néanmoins, le caractère bombé des grains fécaux et l'absence de coque de nymphose privilégient la piste d'*Oligomerus* (Fohrer *et al.*, 2017). Lorsque le doute demeure, en raison d'une surface altérée des grains fécaux carbonisés, les galeries sont enregistrées sous le taxon de « Ptinidae »⁷. De plus, le contexte urbanisé dans lequel se trouve le plancher de Camelin n'interdit pas la présence de vrillettes dans les environs proches du site (synanthrope).

À Saint-Martin-au-Val, les galeries et les vermoules gorgées d'eau analysées sont sensiblement plus petites que celles du référentiel (Figure 11b). La surface de nombreux bois est altérée ou manquante (décor en tilleul mal préservés et avec eux les galeries de sortie) et laisse donc visible les galeries larvaires.

⁷ Les galeries associées à *Oligomerus* et aux Ptinidae, n'ont pas été prises en compte dans le tableau 3, qui reste exclusif à *Anobium punctatum*.

Les essences infestées

Les essences les plus souvent rencontrées au sein du corpus sont le chêne à feuillage caduc (*Quercus F. C.*), le hêtre (*Fagus sylvatica*), le pin d'Alep (*Pinus halepensis*), le pin de type sylvestre (*Pinus type sylvestris*) et le sapin (*Abies alba*). Ce sont tous de bons bois de construction. La proportion de bois sain par rapport au bois infesté a été calculée par essence (Figure 12). Parmi les bois gorgés d'eau, c'est le sapin qui arrive en tête avec une proportion d'infestation qui atteint les 80 % des structures. Pour les bois carbonisés, cette proportion est moindre avec 34 % d'infestation. Le hêtre sous sa forme gorgée d'eau concerne moins d'une dizaine d'objets (Saint-Lupien) qui sont tous sains. En revanche, sous la forme carbonisée, notamment à Fréjus, les bois de hêtre sont infestés à plus de 43 %. Les bois des deux espèces de pins sont attaqués autour de 10/20 %. Le chêne à feuilles caduques est l'essence la moins colonisée par les ravageurs : 1% d'infestation parmi les charbons alors que les bois gorgés d'eau le sont à hauteur de 32%.

Données archéologiques : contextes et répartitions des infestations

Trois groupes de contextes archéologiques composent le corpus (Tableau 1) : tout d'abord, les structures construites en bois de type plancher et charpente (Camelin, col d'Adon, Jacobins, Le Fâ, Saint-Martin-au-Val), ensuite les objets en bois manufacturés (seau, douelle...) d'Alésia, de la Porte-Allain et des Cléons et enfin, les autres aménagements ne relevant pas du domaine de la charpenterie : les pieux et piquets de Saint-Lupien et le foyer thermal des Poiriers.

Les structures utilisant du bois de construction

Au sein de deux îlots d'habitations provenant de la fouille préventive du couvent des Jacobins de Rennes, l'analyse des charbons et des traces d'insectes xylophages a donné lieu à une identification isolée de la petite vrillette, sans idée sur sa répartition générale au sein du plancher étudié (cf. supra 4). Elle est accompagnée par un autre xylophage de bois sec : le lycte (*Lyctus*) (Le Cloirec, 2016). Leur cohabitation met en avant la forte attractivité nutritive en amidon du bois employé.

Dans l'habitat pré-alpin du col d'Adon, les structures étudiées sont proches les unes des autres et se trouvent à l'intérieur même de l'habitation. Une des problématiques des archéologues était de comprendre et d'identifier ces structures carbonisées, effondrées sous les tuiles, qui formaient des empreintes rectangulaires sur le sol. Le doute subsistait notamment pour la structure 4096⁸ : était-ce un plancher ou une paroi verticale séparant l'espace 5 en deux parties ? La répartition des galeries de la petite vrillette sur cette structure révèle une proportion plus élevée d'insectes sur la partie est, particulièrement sur une pièce carbonisée retrouvée sur les traces d'une sablière basse. Cette espèce est ici associée à une autre espèce de la même famille des Ptinidae, la grande vrillette (*Xestobium rufovillosum*), qui privilégie un peu plus les zones d'humidité du bois et plus particulièrement lorsqu'il est au préalable infesté par des champignons lignivores dont les traces ont également été observées sur ces mêmes charbons (Golosetti *et al.*, 2010 ; Toriti, 2018, 251-253). L'association de toutes les données converge pour identifier une cloison. Par ailleurs, la porte et le linteau attenants sont presque vierges d'infestation.

⁸ Anciennement 4090 dans Toriti 2018 : changement des numéros en cours en vue de la publication de la monographie du site (Golosetti *et al.*, en cours).

C'est en plein cœur du milieu urbain de la ville de Fréjus, au sein d'une *insula*, que le plancher 3775 (dimensions : 2,50 x 2,10 m) a été dégagé (Toriti *et al.*, 2020b). Ce dernier est composé de cinq sablières et de 16 planches minimum et constitue le sol d'une probable pièce de réception, décorée d'enduits peints appartenant à la « maison 1A » (Excoffon, Vauxion, 2016). L'installation d'un canal d'écoulement sous la partie est du plancher atteste également la nécessité d'assainir cette surface. La répartition des nombreuses galeries dévoile une concentration plus forte sur la partie est et centrale de la structure. De plus, comme précédemment, *A. punctatum* est ici accompagné de quelques *Oligomerus*, une autre vrillette plus méditerranéenne et thermophile.

Le cas de Saint-Martin-au-Val est unique et inédit. La fouille étant encore en cours, il ne s'agit ici que d'un état des lieux préliminaire. La charpente et le plafond à caissons qui présente un décor exceptionnel appartiennent à un sanctuaire. Ils offrent de très grandes possibilités d'analyses en raison de la qualité de conservation des bois à la fois gorgés d'eau et carbonisés. Pour l'heure, un très grand nombre de galeries et d'individus (NMI) ont été recensés (Tableau 3). Leur répartition générale reste à faire, mais les premières observations mettent en lumière que l'infestation se fait à la jonction soit des assemblages à tenons dissemblables des poutrelles de caisson, soit entre deux planches de fond de caisson. Puis la colonisation s'étend progressivement sur la face arrière où des trous d'envol ont également été observés (Bazin *et al.*, 2020, 2021, inédit).

Les premiers aménagements de berge successifs du port de Saint-Lupien ont livré un échantillonnage de 583 micro-pieux et piquets gorgés d'eau. Ils sont datés des trois premiers quarts du Ier s. apr. J.-C. (Mouchard *et al.*, 2020). La diagnose anthraco-entomologique identifie la petite vrillette ainsi que diverses autres espèces de xylophages : capricornes de bois frais, scolytes, lycètes, et vrillettes. Chacune de ces familles de xylophages dégrade le bois de manière différente : arbre sur pied, bois mort et bois sec (Toriti *et al.*, 2020c). Néanmoins, l'infestation de ces pieux immergés dans l'eau par des insectes terrestres interpelle. En effet, elle a forcément eu lieu avant la mise en place des bois dans l'eau. Étudier leur répartition sur l'ensemble du site n'est donc pas pertinent : elle ne soulignerait qu'une absence/présence.

Le plancher situé dans les entrepôts de la Palisse à Barzan est négatif entomologiquement parlant avec 0,25 % d'infestation. Pourtant, les bois constituent le sol d'une cave, lieu généralement humide qui privilégie le développement des champignons et par voie de conséquence, attire les insectes xylophages dont *A. punctatum* (Toriti *et al.*, 2020a).

Les objets manufacturés

Les éléments de seaux et de tonneaux (douelles, couvercles et fonds) de la Porte-Allain proviennent du puits 5876 (Saedlou, 2011). Les galeries sont généralement groupées sur une partie de l'objet : bord de couvercle, partie inférieure, centrale ou supérieure d'une douelle, d'un couvercle ou d'un fond, ou encore en suivant une fissure du bois ou une mortaise. Dans quelques cas, les galeries ont une répartition éparse sur l'objet. L'intérieur de l'objet semble être bien plus souvent infesté que l'extérieur : 10 objets à l'intérieur contre 7 à l'extérieur.

Les bois du site des Filles-Dieu, étudiés au sein du musée du Carré Plantagenêt au Mans, sont datés du Ier s. apr. J.-C. Mis au jour dans les années 1980, ils ont été restaurés par UTICA en 1998. La collection est composée de sept objets : planches, bardeaux, fuseaux et une chute d'un objet tourné, probablement un bol. L'ensemble observé ne présente aucune trace d'insecte xylophage. L'humidité des sédiments et du

puits dans lequel ces objets ont été découverts a marqué le bois de craquelures et a aidé l'installation de la pourriture cubique.

Le seau en chêne des Cléons est composé de 10 douelles dont neuf sont conservées. La dernière a été entièrement remplacée lors de la restauration. Par endroit, des fissures délimitant des parallépipèdes plus ou moins régulier sont visibles sur la surface du bois, ce qui signale la présence d'une pourriture de type cubique colonisant le bois très humide. Sur cinq douelles, des traces d'insectes xylophages et des trous d'envols ont été reconnus (Toriti, 2018, 386-387). Selon le compte rendu de la fouille, le seau présentait ces traces dès sa découverte, ce qui exclut une potentielle ré-infestation post-fouille et appuie l'idée d'un seau infesté mais pourtant utilisé à l'époque romaine. L'attaque semble avoir commencé par le bas des douelles ce qui accrédite l'hypothèse de la pose du seau sur une surface suffisamment humide. Cet environnement est propice à l'installation du champignon puis, ensuite, de l'insecte

L'ensemble des éléments de seaux, fonds et douelles, du site d'Alésia est issu de deux puits fouillés en 1934 et 1936. Par la suite, les bois ont été stockés dans un dépôt muséal, séchant alors à l'air libre sans les méthodes de conservation préconisées de nos jours. Les différents objets se sont craquelés et rétractés lors du séchage. En 2016, G. Lemoine du laboratoire de conservation Arc'Antique a restauré et imprégné au PEG (polyéthylène glycol) chacun de ces objets afin de les stabiliser. Dans les années 1950, l'équipe du MuséoParc a constaté l'infestation récente des bois par la présence de vermoulure fraîche et d'insectes vivants et volant dans les réserves. Dans un souci d'éradication des nuisibles, les objets ont alors été trempés dans de l'arsenic. Les traces de cet élément chimique toxique ont été confirmées au moment de la restauration. Malgré les traitements anciens et actuels, les vermoultures ont été facilement observables et identifiables (Figure 10a), ce qui conforte l'hypothèse d'une infestation moderne des bois archéologiques car les vermoultures ont été plus résistantes au traitement et mieux préservées.

Autre contexte archéologique

Le foyer 400 243 du site de l'école des Poiriers à Fréjus est une concentration charbonneuse présente dans la chambre de chauffe du secteur nord-ouest des thermes (Excoffon, 2015). Il semble être un des derniers niveaux de fonctionnement destiné à maintenir la température de ce bassin. Toutefois, l'analyse anthracologique n'a révélé qu'une seule essence : le sapin (*Abies alba*). Ce n'est pas une essence qui pousse localement (Barbero et Loisel 1974, Britton *et al.*, 2007 ; Toriti, 2018, 408-411). Elle est infestée à près de 70 % des fragments par la petite vrillette. Ce fort taux pose la question de l'origine de cette colonisation.

6. DISCUSSION

Malgré les aléas de la conservation des traces d'insectes sur le bois gorgé d'eau ou carbonisé, l'état sanitaire du bois d'œuvre et des objets manufacturés a pu être approché. Regardé au prisme de la seule petite vrillette, il est très variable selon la qualité des prélèvements et les contextes archéologiques. S'il faut envisager les interprétations au cas par cas, néanmoins, les résultats obtenus sont suffisamment explicites pour dessiner quelques tendances qui documentent l'histoire de ce ravageur.

Évaluation de l'état sanitaire des bois : vie et mort des bâtiments

Les essences à risque

Les essences ligneuses les plus souvent employées dans la construction sont, *a fortiori*, celles qui sont aussi le plus attaquées par la petite vrillette (Figure 12). Toutefois, les analyses mettent aussi en évidence une attirance de cet insecte pour le bois ou au contraire une certaine résistance du bois face à ses attaques. Le chêne à feuillage caduc (*Quercus F. C.*) avec plus de 2600 échantillons analysés (59,5 % des bois gorgés d'eau et 27,8 % des bois carbonisés), n'est que très peu infesté (bois gorgés d'eau : 32 % ; bois carbonisés : 1 %). Il s'agit de l'essence qui semble être la plus résistante aux nuisibles. Or elle est réputée comme étant le bois de construction par excellence. Cette résistance peut être due à la présence naturelle de tanins ou encore, pourrait venir d'un emploi exclusif du duramen, plus résistant que l'aubier face aux infestations. À l'inverse, le hêtre (*Fagus sylvatica*) et le sapin (*Abies alba*) sont fréquemment colonisés. Le hêtre est attaqué à hauteur d'environ 43 % dans les contextes de bois carbonisés, mais ne présente aucune trace de xylophage sur les éléments gorgés d'eau de Saint-Lupien. Cette différence est certainement due à plusieurs facteurs : le contexte archéologique en est un ; l'environnement, méditerranéen ou non, un autre. Cependant, l'état actuel des données interdit de conclure à une tendance générale. Le sapin présent à Camelin, à Saint-Martin-au-Val, aux Poiriers et au col d'Adon, est l'essence la plus sensible aux attaques d'*Anobium punctatum* avec une proportion à près de 80 % des bois gorgés d'eau présentant une infestation et 34 % des bois carbonisés, peut-être parce qu'il s'agit d'un bois tendre.

Identifier les processus invasifs

Le point de départ des infestations de petite vrillette a pu parfois être caractérisé. C'est le cas à Camelin. Le plancher 3775 se situe dans une pièce où un caniveau, situé sous la sablière la plus à l'est, a été creusé pour assurer le drainage et garder la pièce saine et sèche. Au bout de quelque temps, ce caniveau a humidifié de manière régulière le bois du plancher où s'est développé de la pourriture cubique. Ce champignon s'est petit à petit répandu sur les pièces de bois de la partie est de la structure. Il les a rendues attractives pour deux espèces de vrillettes, *Anobium* et *Oligomerus*. Proportionnellement, les vrillettes ont plus infesté les sablières et les lambourdes de hêtre (*Fagus sylvatica*) que les planches en pin (*Pinus halepensis* et *Pinus type sylvestris*). Les premières sont, dans la composition du plancher plus proche du sol et donc de la source d'humidité. À l'inverse, les planches, alors surélevées par rapport aux soubassements sont atteintes dans un second temps. La petite vrillette attaque sans distinction les feuillus et les résineux. Le scénario probable est donc que l'infestation a d'abord débuté par les parties basses du plancher proches de la source d'humidité. Au fil des générations, les insectes ont ensuite colonisé les pièces supérieures, les premières devenant alors moins attractives. Au vu du NMI et des croisements de galeries, deux générations au moins de petites vrillettes ont infesté le plancher. En se basant sur leur cycle de développement (Figure 1), l'infestation s'est déroulée sur environ 4 ans avant l'incendie. La présence d'*Oligomerus* sp, qui cohabite avec *Anobium*, renforce l'idée de conditions environnementales très favorables à leur prolifération. Aucune trace de traitement du bois des structures de l'îlot Camelin, ni par de la poix ni du mortier par exemple, n'a été observée. L'incendie est venu arrêter net la poursuite de la dégradation du plancher par les insectes.

Au col d'Adon aussi, l'analyse des galeries et leur répartition, notamment pour la cloison 4096, permettent de localiser le point de départ de l'infestation par *A. punctatum*. Il s'agit en l'occurrence de la partie basse de la paroi. Particulièrement visible sur la partie ouest de la paroi, plusieurs générations de petite vrillette se sont succédées. Toutefois, il n'est pas possible en l'état actuel de les dénombrer plus précisément. La présence sur quelques pièces en sapin (*Abies alba*) et en pin sylvestre (*Pinus type sylvestris*) de la grande

vrillette (*X. rufovillosum*), qui privilégie les bois plus humides et préalablement infestés par de la pourriture cubique ou fibreuse, suggère que la paroi aurait pu cloisonner l'espace 5 en deux parties, l'une couverte et l'autre exposée aux intempéries. Concernant la porte 4094, la répartition des galeries ne révèle pas de point d'infestation particulier si ce n'est vers la partie centrale (une pièce fendue ?). La porte est certainement infestée depuis moins longtemps que la paroi attenante. Seul le linteau en chêne (US 4070) semble être préservé des ravageurs soit par les tanins, soit par la maçonnerie, ou l'association des deux.

Les bois gorgés d'eau de Saint-Martin-au-Val, dont les analyses et la fouille sont encore en cours, apporteront certainement de nombreuses informations. En effet, la concentration très particulière des galeries au niveau des assemblages des caissons du plafond précisera peut-être à terme si l'attaque a débuté d'abord par les faces parementées peintes ou plutôt par la charpente et les faces arrière des caissons.

La source de l'infestation a été localisée et une bonne partie des scénarii invasifs reconstituée dans deux cas : le plancher de l'îlot Camelin, dont l'analyse constitue pour l'heure un cas d'école, et les bois de construction du col de l'Adon, Ces deux analyses démontrent tout le potentiel de l'antraco-entomologie pour comprendre les processus de déconstruction des structures faites de bois ou intégrant du bois.

Perception de la petite vrillette durant l'Antiquité

Quelle connaissance les populations antiques avaient-elles de la petite vrillette ? Comment percevaient-elles cet insecte ? Avaient-elles conscience de son existence et des ravages qu'elle occasionne ? Et dans ce cas, que faisaient-elles pour lutter contre ses dégâts ? Autant de questions qui demeurent encore sans réponse. Dans la plupart des cas, il est probable que les vrillettes n'ont pas été détectées. En effet, les galeries et les insectes eux-mêmes sont de petite taille (3 mm de diamètre) et les données anthraco-entomologiques montrent que les dégâts sont concentrés sur des zones discrètes (faces arrière, faces peintes, dessous des planchers...), ce qui rend leur présence bien furtive aux yeux des occupants des lieux.

La petite vrillette est où elle ne devrait pas être : les indices de réemploi

Le réemploi du bois, rarement documenté en archéologie, hormis via les datations dendrochronologiques, illustre des pratiques spécifiques de gestion. Il constitue un fait largement sous-estimé pour l'époque romaine (Bernard, 2003 ; Labbas, 2019). C'est en particulier sur les sites de Saint-Lupien et de l'École des Poiriers que la question de l'utilisation de bois stockés, ou plutôt de réemploi d'anciens bois, notamment des bois de construction, s'est posée.

À Saint-Lupien, l'attestation de réemploi concerne quatre pieux infestés par *A. punctatum* ainsi que quatre autres par une espèce de la famille des Lyctidae (Toriti *et al.*, 2020c), qui n'ont pas pu se développer dans des bois immergés. Par conséquent, l'infestation a donc forcément eu lieu avant leur mise en place dans l'aménagement des berges et sur des bois secs voire déjà ouvragés. L'hypothèse est que les constructeurs auraient retaillé d'anciens bois de construction en forme de pieux ou piquets pour aménager les berges, au lieu de les jeter. Le foyer 400243 des thermes des Poiriers, dont la fonction était de chauffer un ou plusieurs bains, aurait pu être alimenté par une ou plusieurs essences abondantes autour de Fréjus, stockées exclusivement dans ce but. Contre toute attente, la diagnose n'a caractérisé que le sapin (*Abies alba*). Ces bois de sapin étaient infestés par la petite vrillette. Or *A. punctatum* est un insecte de bois sec

qui ne colonise que le bois de construction et le bois ouvré. Par conséquent, le combustible utilisé pour ce bassin des thermes provient, comme à Saint-Lupien, d'un réemploi de vieux bois de construction ou de sapins stockés, mais sous abri dans un environnement sec. Même si le sapin est sans doute plus proche de Fréjus durant l'Antiquité qu'il ne l'est actuellement (Toriti *et al.* 2020b), la gestion du stockage pour sécher le combustible pendant plusieurs années et le transport à prévoir sur minimum 60 km sont prohibitifs au quotidien. Il paraît difficile d'imaginer un approvisionnement exclusif en sapin pour ce foyer de chauffe. Ce combustible proviendrait plutôt d'une réserve particulière ponctuelle ou d'un dépannage. D'autres éléments accréditent cette interprétation. Certaines analyses anthraco-entomologiques de foyers identifient les charançons (*Cossoninae*). Ces xylophages infestent les bois morts en contextes forestiers et humides⁹ (Toriti, 2018). Ainsi, l'attestation de la petite vrillette dans ce contexte de foyer est symptomatique dans ce cas d'un geste et d'un choix de combustible à un moment précis.

Les infestations d'objets : des bois archéologiques toujours attractifs

Un des autres noms courants de la petite vrillette est « la vrillette des meubles », en anglais « common furniture beetle », pour désigner les meubles et le mobilier en bois. L'étude xylo-entomologique des objets a fourni des informations sur l'état général des bois à travers deux types d'infestations différentes : soit au moment de son utilisation (Les Cléons, la Porte-Allain), ou soit plus récente dans le cadre d'une préservation des vestiges (Alésia).

Dans le premier cas, l'infestation a eu lieu avant l'enfouissement des objets dans les comblements des puits. Toutefois, il n'est pas possible de déterminer si les infestations ont eu lieu au moment de l'utilisation des objets ou bien après une phase d'abandon ou plutôt de non-utilisation. Pour Les Cléons, la douelle manquante pourrait éventuellement signifier que l'objet était cassé, donc inutilisable. Les vrillettes auraient pu attaquer le bois à partir de ce moment, et ce d'autant plus que la présence de champignon lignivore est attestée. Pour les bois de la Porte-Allain, l'hypothèse actuelle tend vers des éléments de tonneaux (couvercles, fonds) légèrement infestés. Ils ont très bien pu continuer à être utilisés, malgré l'infestation.

Le cas d'Alésia est un exemple à part. En effet, les objets, datés du IIe et du Ier s. av. J.-C., et découverts dans les années 1930, ont été vraisemblablement infestés durant les années 1950, révélant clairement l'attractivité toujours active du bois archéologique pour les insectes. Cette situation particulière interroge ainsi sur la préservation et la protection du matériel archéologique après la fouille et sur la conservation patrimoniale.

Vermoules anciennes ou actuelles ? Connaître le moment des infestations

Les insectes xylophages ne se nourrissent pas de charbons. Cette question se pose plutôt dans le cas d'étude de bois gorgés d'eau. La connaissance du moment de l'infestation des bois est parfois difficile à appréhender : durant l'utilisation, l'abandon, après la découverte ? Alésia en est le parfait exemple avec des vermoules d'apparence plus fraîches. En charpenterie, il est pour l'heure impossible de connaître avec précision la date du début d'une infestation : elle peut s'interrompre plusieurs années puis reprendre.

⁹ Études de Châteaubateau, Champ-Roche (Cébazat), Chassenon... in Toriti 2018.

Toutefois, il faut souligner que des expérimentations seraient pertinentes pour mieux discriminer les vermoulures archéologiques des actuelles. Dans le cas général, le contexte de découverte et l'ensemble des données archéologiques peuvent aiguiller. Or, lorsqu'un objet est mis au jour dans un puits, son contexte fonctionnel initial est impossible à déterminer. Où était-il ? Dans quel cadre était-il utilisé ? Quand et pourquoi a-t-il été infesté ? Ce qui est acquis au vu des résultats d'analyses, c'est que l'infestation a eu lieu avant que l'objet ne soit dans le puits puisqu'*A. punctatum* ne peut pas se développer dans un milieu immergé. C'est aussi le cas à Saint-Lupien où les infestations de coléoptères (la vrillette mais aussi le lycte) sont antérieures à l'installation des pieux dans la Loire : ces constats renvoient alors à la question du type d'infestation et aux hypothèses de réemploi.

L'absence de vrillette

Les données anthraco-entomologiques du plancher des entrepôts de la Palisse à Barzan sont négatives avec un pourcentage d'infestation très faible (0,25 %) et seulement de rares galeries indéterminables enregistrées. Il s'agit d'un ensemble bien conservé alors que la petite vrillette, comme d'autres xylophages de bois secs, aurait tout à fait pu coloniser les bois humides de cette cave. Pourtant, dans le quartier d'habitat situé à proximité de l'entrepôt, cette espèce a été découverte au sein des assemblages entomologiques issus des sols par P. Ponel (Ponel, 2011b). Cette très faible caractérisation témoigne d'un bon état sanitaire général des bois de ce plancher. La raison de cet état de fait reste encore à découvrir : tanin naturel du chêne, bois fraîchement mis en œuvre, environnement de la cave trop sec ou autre raison comme l'utilisation d'une protection particulière ?

De même, les objets provenant de la fouille de sauvetage des Filles-Dieu et conservés au musée du Carré Plantagenêt au Mans étaient constitués de bois parfaitement sains : ni petite vrillette, ni autres xylophages n'ont été déterminés. Nous sommes ainsi toujours à la recherche des fameuses vrillettes du Mans.

7. CONCLUSION

Avec plus de 7600 individus recensés, la petite vrillette, ennemie des bois ouvragés ou manufacturés, peut être considérée comme un véritable marqueur archéologique. En effet, sa présence, ubiquiste, caractérise l'état sanitaire d'une construction ou d'un objet en bois. La mesure de sa répartition spatiale au sein de la structure ou de l'objet et celle de sa densité permettent d'en évaluer le degré de faiblesse mécanique, voire même de localiser la source de l'infestation. En fonction des contextes et des données archéologiques, la succession des événements invasifs peut être suivie. Ainsi des scénarii de construction et de déconstruction des bâtiments sont reconstitués. La succession des générations, lorsqu'elle est mesurable, donne des indices sur la durée de l'infestation et potentiellement la durée de vie, de fonctionnement, voire d'abandon des structures en bois ou intégrant du bois. La présence d'autres espèces d'insecte (scolytes, platypes...), qui attaquent le bois dans d'autres contextes que celui de la construction en place ou de l'objet fabriqué renseignent plutôt sur l'état de santé de l'arbre ou de la forêt.

De futures analyses, notamment en chimie du bois, pourraient permettre de caractériser d'éventuelles traces de protection naturelle par les tanins) ou artificielle appliquée par les populations (poix, amurque, peinture...). L'idée serait de mesurer la part répulsive des badigeons et de la chimie naturelle du bois.

Au fil des analyses, l'approche xylo- et anthraco-entomologique s'est heurtée à un certain nombre de difficultés. L'une des premières concerne l'importance de suivre un protocole de prélèvement complet et adapté à chaque situation. Le cas du site rennais des Jacobins en constitue une parfaite illustration. Il aurait probablement pu donner des résultats de la même envergure que ceux obtenus sur l'îlot Camelin puisque le plancher est infesté à près de 22 % par un duo original : la petite vrillette et le lycte. De ce fait, l'interprétation reste ici bloquée au stade d'une simple attestation de présence, sans pour autant avoir la certitude que tous les xylophages ont été détectés. L'estimation de la proportion de l'attaque, l'évaluation de la durée minimum de ces infestations et la localisation de la source d'infestation ne peuvent pas être déterminées. Ainsi, la qualité de l'analyse xylo ou anthraco-entomologique dépend étroitement de la conduite adoptée pour enregistrer, référencer et prélever durant l'opération archéologique.

Enfin, il sera nécessaire à l'avenir, notamment lorsque la communauté des xylo-anthracologues sera à même de pouvoir identifier les différents xylophages, de réaliser une véritable synthèse sur la petite vrillette en diachronie et en sollicitant le dialogue interdisciplinaire entre les sciences botaniques, entomologiques et archéologiques.

Remerciements

Cette recherche a été financée par un contrat doctoral de la région Pays de la Loire à l'université du Mans (CReAAH). Les élevages d'insectes xylophages se déroulent dans les locaux du CICRP. Certains d'entre eux ont été possible grâce aux sorties de terrain financées par la mobilité sortante CPER « Développement et internationalisation des lettres, langues, sciences humaines et sociale en Pays de la Loire ». Le financement de l'OSUR a été important pour la réalisation des très nombreuses photographies MEB auprès de Loïc Joanny et Francis Gouttefangeas (CMEBA, ScanMat Rennes, 1). Merci également à Alain Tonetto (MEB Saint-Charles), pour les photos complémentaires. Enfin, les études des sites de Fréjus et de Chartres n'auraient pas été possibles sans la collaboration avec les directions Archéologie et Patrimoine de ces villes. De même, nous tenons à remercier tous les chercheurs, les responsables d'opération et les musées pour nous avoir confié le matériel à étudier : B. Bazin, A. Bouet, J. Bouyet, P. Excoffon, V. Gendrot, R. Golosetti, C. Grapin, D. Guitton, G. Le Cloirec, G. Lemoine, M. Monteil, J. Mouchard, C. Quebriac.

Bibliographie

- Badal, E., 2004. Análisis antracológico de los restos del fuego doméstico del abrigo de los Baños (Ariño, Teruel). In P. Utrilla, J. M. Rodanés (Eds.), *Un asentamiento epipaleolítico en el valle del Río Martín. El Abrigo de los Baños (Ariño, Teruel)*. Universidad de Zaragoza, Monografías Arqueológicas 39 : 63-74.
- Baker, J. M., 1972. The insecticidal action of some components of wood preservatives. *Pesticide Science*, 3, (2): 229-239.
- Baker, J. M., Laidlaw, R. A., Smith, G. A., 1970. Wood Breakdown and Nitrogen Utilisation by *Anobium punctatum* Deg. Feeding on Scots Pine Sapwood. *Wood Research and technology, holzforschung*, 24, (2): 45-54.
- Barbero, M., Loisel R., 1974. Carte écologique des Alpes au 1/100000 Cannes Q. 22, *Documents de cartographie écologique*, t. XIV, 1974, Université de Grenoble.
- Bazin, B., Bouilly, E., Papaïan, S., et coll., 2020. Le complexe cultuel gallo-romain de Saint-Martin-au-Val. Rapport triennal de fouilles archéologiques programmées, 2019-2021, mars 2020, ville de Chartres, Direction de l'Archéologie, 289 p.
- Bazin, B., Bouilly, E., Papaïan, S., Toriti, M., 2021. Le complexe cultuel gallo-romain de Saint-Martin-au-Val. Rapport triennal de fouilles archéologiques programmées, 2019-2021, mars 2021, ville de Chartres, Direction de l'Archéologie, 503 p.

- Becker, G., 1942. Ökologische und physiologische untersuchungen über die holzzerstörenden larven von *Anobium punctatum* de Geer. *Zeitschrift Für Morphologie Und Ökologie Der Tiere*, 39, (1): 98-152.
- Bernard, V., 2003. Stratégie d'approvisionnement en Gaule du nord-ouest (Du Ier siècle avant au IVe siècle après J.-C.). *Revue archéologique de Picardie*. n°1-2 2003. Cultivateurs, éleveurs et artisans dans les campagnes de Gaule romaine, 77-86.
- Berry, R. W., 1977. The evaluation of permethrin for wood preservation. *Pesticide Science*, 8 (3): 284-290.
- Blanchette, R. A., 1991. Delignification by wood-decay fungi. *Annu. Rev. Phytopathol.* 29: 381-403.
- Blanchette, R. A., 2000. A review of microbial deterioration found in archaeological wood from different environments. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* 46: 189-204.
- Blanchette, R. A., Cease, K. R., Abad, A., Koestler, R. J., Simpson, E., Sams, G. K., 1991. An evaluation of different forms of deterioration found in archaeological wood. *Int. Biodeterior.* 28: 3-22.
- Bletchly, J. D., 1953. The influence of decay in timber on susceptibility to attack by the common furniture beetle, *Anobium punctatum* de G. *Annals of Applied Biology*, an international journal of the QQB, mars 1953: 218-221.
- Bobadilla, L., Arriaga, F., Luengo, E., Martinez, R., 2015. Dimensional and morphological analysis of the detritus from six european wood boring insects. *Maderas, Ciencia y tecnologia*, 17, (4) : 893-904.
- Bouet, A., (dir.) 2020. *Barzan IV. L'entrepôt de la palisse à Barzan (Charente-Maritime), port des santons, et les entrepôts urbains et périurbains dans les provinces gauloises*. Collection Suppléments Aquitania (41), Bordeaux 2020, 790 p.
- Bravery, A. F., Berry, R. W., Carey, J. K., Cooper, D. E., 2003. *Recognising Wood Rot and Insect Damage in Buildings*, Building Research Establishment, 3rd edition, 132 p.
- Britton, C., Chabal, L., Pagès, G., Schneider, L., 2007. Approche interdisciplinaire d'un bois méditerranéen entre la fin de l'Antiquité et la fin du Moyen Âge, Saugras et Aniane, Valène et Montpellier. *Médiévales*, 53 : 65-80.
- Buckland, P. C., Coope, G. R., 1991. *A bibliography and literature review of quaternary entomology*. Sheffield: J.R. Collis Publications, Dept. of Archaeology & Prehistory, University of Sheffield, 1991, 24 p.
- Campbell, G., Kenward, H., 2012. Insect and plant remains. In: J. Tipper. *Experimental Archaeology and Fire: the investigation of a burnt reconstruction at West Stow Anglo-Saxon Village*. East Anglian Archaeology, 90-181.
- Carrión, Y., Badal, E., 2004. La presencia de hongos e insectos xilófagos en el carbón arqueológico. Propuestas de interpretación. In: J. Martín Calleja, M. J. Feliu Ortega, M. C. Edreira Sanchez (Eds.). *Avances en Arqueometría, Cádiz*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz y Ayuntamiento del Puerto de Santa María, 98-106.
- Centre Technique du Bois et de l'Ameublement (CTBA), 1996. *Le traitement curatif des bois dans la construction*. Département BIOTEC (Biologie, Environnement, Technologies). Eyrolles, Paris, 140 p.
- Chabal, L., 1997. *Forêts et Sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive). L'Anthracologie, Méthode et Paléoécologie*. Documents d'Archéologie Française 63. Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 192 p.
- Chabal, L., Fabre, L., Terral, J.-F., Théry-Parisot, I., 1999. L'anthracologie. In : A. Ferdière, (ed.), *La Botanique*. collection « Archéologique », Paris, Errance, 1999, 43-104.
- Chailloux, F., 1887. La station gallo-romaine des Cléons, Haute-Goulaine, près Nantes. Mémoires. *Société Française d'Archéologie*, Congrès archéologique de France, séances générales tenues par la Société Française d'Archéologie pour la conservation des monuments historiques, Paris, 1887, (53) : 147-162.
- Chrzaszew, J., Théry-Parisot, I., Fiorucci, G., Terral, J.-F., Thibaut, B. 2014. Impact of post-depositional processes on charcoal fragmentation and archaeobotanical implications: experimental approach combining charcoal analysis and biomechanics. *Journal of Archaeological Science*, 44: 30-42. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2014.01.006>
- Coope, G. R., 1981. Report on the coleoptera from an eleventh-century house at Christ Church Place, Dublin. In: H. Bekker-Nielson, P. Foote, O. Olsen (eds). *Odense University Press, Proceedings of the Eighth Viking Congress (1977)*: 51-56.
- Cymorek, S., 1975. Methoden und Erfahrungen bei der Zucht von *Anobium punctatum* (De Geer)/ Methods and experiences in rearing *Anobium punctatum* (De Geer). *Holz als Roh- und Werkstoff*, 33: 239-246.
- Delobel, A., Tran, M., 1993. *Les coléoptères des denrées alimentaires entreposées dans les régions chaudes*. Orstom/CTA, Faune tropicale XXXII, Paris, 424 p.
- Español, F., 1992. *Fauna Ibérica. Vol. 2: Coleoptera, Anobiidae*. Ed. Madrid (Fr.) Español, coll. Departamento de Biología Animal, Universidad de Barcelona, Museo Nacional de Ciencias Naturales, Consejo Superior de investigaciones científicas, Madrid, 196 p.
- Excoffon, P., (dir.) 2015. École des Poiriers, Fréjus (Var), Rapport final d'opération. Volume I : Résultats archéologiques ; Volume II : études, Ville de Fréjus, décembre 2015, 511 p.

- Excoffon, P., Vauxion, O., 2016. Les enduits peints de l'îlot Camelin à Fréjus. In : J. Boislève, A. Dardenay, F. Monier (eds.), Peintures murales et stucs d'époque romaine. Une archéologie du décor. Actes du 27e colloque de l'AFPMA, Toulouse, novembre 2014, (Pictor, 5) : 59-74.
- Fohrer, F., Toriti, M., Durand, A., 2017. Analyse des vermoulores pour la détermination de quelques espèces d'insectes xylophages de la famille des Ptinidae, *Bulletin de la Société Entomologique de France*, 2017 : 133-142.
- Golosetti, R., coll. Dumas, V., Mocci, F., Walsh, K., Gattacceca, J., Mathé, P.-E., 2010. Rapport final d'opérations archéologiques sur le col d'Adon (Les Mujouls, 06), années 2008-2010. Aix-en-Provence, S.R.A.-P.A.C.A., 160 p.
- Henry, A., Théry-Parisot, I., 2014. From Evenk campfires to prehistoric hearths: charcoal analysis as a tool for identifying the use of rotten wood as fuel. *Journal of archaeological science*, 52: 321-336.
- Hickin, N. E., 1963. *The insect factor in wood decay*. Hutchinson, London, 336 p.
- Hickin, N. E., 1967. *The conservation of building timbers*. The Rentokil library, Hutchinson, London, 140 p.
- Kenward, H. K., 1976. Reconstructing ancient ecological conditions from insect remains; some problems and an experimental approach. *Ecological Entomology* 1: 7-17.
- Kenward, H., Carrott, J., 2006. Insect species associations characterise past occupation sites. *Journal of Archaeological Science*, 33: 1452-1473.
- Kingsley, H., Pinniger, D., Xavier-Rowe, A., Winsor, P., (dir.) 2001. *Integrated pest management for collections. Proceedings of 2001: a pest odyssey*. English Heritage, 150 p.
- Labbas, V., 2019. Remploi et mobilité des bois de construction dans le bâti subalpin médiéval et moderne : le cas du massif du Mercantour (Alpes françaises). In : J. Duma (dir.). *Des ressources et des hommes en montagne*. Paris : Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques, 22 p.
- Laclos, E., Büche, B., 2008. La vrillette sans peine : première note (*Coleoptera Anobiidae*). *L'Entomologiste, revue d'amateurs*, publiée sous l'égide de la Société entomologique de France, 1, (64) : 8 p.
- Lancelotti, C., Madella, M., Ajithprasad, P., Petrie, C. A., 2010. Temperature, compression and fragmentation: an experimental analysis to assess the impact of taphonomic processes on charcoal preservation. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 2: 307-320.
- Le Cloirec, G., (dir.) 2016. Rennes, Ille-et-Vilaine, couvent des Jacobins. Du quartier antique à l'établissement dominicain. 6 premiers volumes, novembre 2016.
- Lepesme, P. 1944. Les Coléoptères des Denrées Alimentaires et des Produits Industriels Entreposés. Paris, Lechevalier, 719 p.
- Leroyer, C., Marguerie, D., Zech-Matterne, V., 2018. 40 ans d'archéobotanique en France (1977-2017), *ArcheoSciences*, 42, (1) : 113-134. <http://journals.openedition.org/archeosciences/5502> ; DOI : 10.4000/archeosciences.5502
- Marguerie, D., Hunot, J.-Y., 2007. Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in western France. *Journal of Archaeological Science*, 34: 1417-1433.
- Martín-Seijo, M., 2020. The Presence of Decayed Wood in Iron Age Contexts of Northwest Iberia: Wood-borer Galleries and Fungal Hyphae. *Environmental Archaeology*, DOI: 10.1080/14614103.2020.1829294
- Martín-Seijo, M., Teira-Brión, A., Currás, A., 2020. After the fire: the end of a house life-cycle at the Iron Age site of Nabás (North-western Iberia). *Veget Hist Archaeobot* 29: 427-446. <https://doi.org/10.1007/s00334-019-00750-5>
- Moret, P., 1998. L'archéo-entomologie, ou les insectes au service de l'histoire. *Revue de Médecine Vétérinaire*, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse, 149 : 995-998. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00723967>
- Moskal-del Hoyo, M., Wachowiak, M., Blanchette, R. A., 2010. Preservation of fungi in archaeological charcoal. *Journal of Archaeological Science*, 37: 2106-2116.
- Mouchard, J., Guitton, D., Monteil, M., Favreau, X., Ménez, N., Yacger, M., Arthuis, R., Bertrand, I., Borvon, A., Cervellin, P., Chagny, B.-N., Dietsch-Sellami, M.-F., Epaud, F., Ganne, A., Gantier, L., Garmi, D., Goubert, E., Le Digol, Y., Maisonneuve, T., Mathé, V., Pécréaux, D., de Peretti, O., Polinski, A., Saedlou, N., Toriti, M., 2020. Le port romain du quartier de Saint-Lupien à Rezé/Ratiatum (Loire-Atlantique) : origine et évolution. *Gallia - Archéologie des Gaules*, CNRS Éditions, 2020, Les ports romains dans les Trois Gaules. Entre Atlantique et eaux intérieures, 77 (1) : 67-97.
- Müller, W., 1934. Untersuchungen über die Symbiose von Tieren mit Pilzen und Bakterien. *Arch Mikrobiol*, 5: 84-147.
- Parkin, E. A., 1940. The Digestive Enzymes of Some Wood-Boring Beetle Larvae. *Journal of Experimental Biology*, 17, (4): 364-377.
- Paulian, R., 1988. *Biologie des coléoptères*. Centre National des lettres. Editions Lechevalier, Paris, 719 p.
- Pécréaux, D., 2008. Potentialités de l'entomologie appliquée aux sites archéologiques subaquatiques. L'exemple du Bronze final du lac du Bourget (Savoie, France). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 107, (1) : 156-157.

- Pinniger, D. B., Child, R. E., 1996. Woodworm - a necessary case for treatment? New techniques for the detection and control of furniture beetle. In: K. B. Wildey (ed.). *Proceedings of the Second International Conference on Urban Pests*. BCP Wheatons Ltd. for Intl. Conf. on Insect Pests (January 1, 1996), 353-359.
- Pinniger, D. B., 2001. *Pest Management in Museums, Archives and Historic Houses*. Archetype Publications, London, 128 p.
- Ponel, P., 1997. Succession des assemblages de Coléoptères à Chalain 3. In : P. Pétrequin (Ed.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-les-Lacs et de Chalain (Jura), III, Chalain station 3, 3200-2900 av. J.-C.* Volume 1, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 113-118.
- Ponel, P., 2001. Les données archéentomologiques, dans Marseille, du Lacydon au Faubourg Sainte-Catherine, Les fouilles de la place du Général-de-Gaulle, Paris, *Documents d'archéologie française*, 87, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, 293-303.
- Ponel, P., 2011a. Chapitre 5 : analyse entomologiques (coléoptères). In : P. Excoffon, (dir.) 2011. *Ville et Campagne de Fréjus romaine. La fouille préventive de « Villa Romana »*. Bibliothèque d'archéologie méditerranéenne et africaine. Errance, Paris, Aix-en-Provence : Centre Camille Jullian (CCJ), vol. 8, pp. 245-249.
- Ponel, P., 2011b. Chapitre 22 : Analyse entomologique du puits PT25055. In : A. Bouet, (dir.) 2011. Un secteur d'habitat dans le quartier du sanctuaire du moulin du Fâ à Barzan (Charente-Maritime). Ausonius éditions - fédération Aquitania, Mémoires 26, Supplément 27, pp 957-967.
- Ponel, P., Yvinec, J.-H., 1997. L'archéentomologie en France, *Les Nouvelles de l'Archéologie*, 68 : 31-37.
- Ponel, P., Matteredne, V., Coulthard, N., Yvinec, J.-H., 2000. La Tène and Gallo-Roman Natural Environments and Human Impact at the Touffréville Rural Settlement, Reconstructed from Coleoptera and Plant Macroremains (Calvados, France). *Journal of Archaeological Science*, 27: 18 p. doi:10.1006/jasc.1999.0514, available online at <http://www.idealibrary.com>
- Ponel, P., Guiter, F., Rocq, C., Andrieu-Ponel, V., 2005. Le paléo-environnement du site de Lattes/Saint-Sauveur au Ier siècle de notre ère, reconstruit à partir de l'analyse des assemblages de Coléoptères subfossiles. *Lattara 18*, chapitre 19 : 319-326.
- Ponel, P., Yvinec, J.-H., Andrieu-Ponel, V., Marian, J., 2018. L'intérêt archéo-entomologique des anciens puits : le paléoenvironnement du Clos-Paul à l'époque gallo-romaine, reconstruit par l'analyse des Coléoptères fossiles (Charleville-Mézières, Ardennes). *Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 29, (4) : 347-361.
- Py, V., Durand, A., Ancel, B., Édouard, J.-L., Walsh, K., Mocchi, F., 2015. Les dynamiques de la végétation et des anthoposystèmes d'altitude cernées par l'anthracologie pastorale et minière à l'échelle d'un haut vallon alpestre (Freissinières, France). *Archeosciences*, revue d'Archéométrie, G.M.P.C.A./Presses universitaires de Rennes, 69-92.
- Saedlou, N., 2011. Découverte exceptionnelle de l'âge du Fer. Objets en bois de Trégueux (Côte-d'Armor) : études typologiques, tracéologiques et xylologiques. Analogies bibliographiques. Rapport 2011, XyloTree, 125 p.
- Seifert, K., 1962. Die chemische Veränderung der Holzzellwand-Komponenten unter dem Einfluß pflanzlicher und tierischer Schädlinge. 3. Mitteilung: Über die Verdauung der Holzsubstanz durch die Larven des Hausbockkäfers (*Hylotrupes bajulus* L.) und des Gewöhnlichen Nagekäfers (*Anobium punctatum* De Geer). *Wood research and technology, holzforschung*, 16, (5): 148-157.
- Serment, M., 1980. *Anobium punctatum* De Geer (Coleoptera Anobiidae). Centre technique du bois, Laboratoire d'entomologie : "The international research group on wood preservation", Working Group I : Biological Problems, Sub-group: Insects in dry wood (other than Termites), paper prepared for the 11th Annual Meeting in Raleigh USA, 5-9 May 1980, Document N° IRG/WP/1103, Stockholm Sweden, 126 p.
- Serment, M., 1981. The most important wood-destroying insects in various countries (results of questionnaire), Centre technique du bois, Paris, The international Research group of wood preservation, biological problems, document n° IRG/WP/1136, 23 p.
- Théry-Parisot, I., 2001. *Économie des combustibles au Paléolithique*. CNRS, Paris. 195 p.
- Théry-Parisot, I., Chabal, L., Ntinou, M., Bouby, L., Carré, A., 2010. Du bois aux charbons de bois : approche expérimentale de la combustion. Taphonomie des résidus organiques brûlés et des structures de combustion en milieu archéologique (actes de la table ronde, 27-29 mai 2008, CEPAM). *P@lethnologie*, 2009/2, pp. 81-93.
- Toriti, M., 2018. *Les bois ouvragés en Gaule romaine: approches croisées archéologiques, anthraco-xylologiques et entomologiques*. Thèse de doctorat, Le Mans Université, p. 1052. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-02382217>.
- Toriti, M., Durand, A., Fohrer, F., 2020a. Les bois carbonisés de la zone de l'entrepôt: approches croisées anthracologiques et paléentomologiques. In : A. Bouet (dir.). *Les fouilles des entrepôts de Barzan, Barzan IV*. Ausonius édition, Bordeaux, 479-486.

- Toriti, M., Durand, A., Excoffon, P., Fohrer, F., 2020b. Xylophagous insects of the wooden floor of Camelin block (Fréjus, France): An interdisciplinary approach combining archaeology and anthraco-entomology. *Quaternary International*, Elsevier, (10.1016/j.quaint.2020.09.034)
- Toriti, M., Durand, A., Fohrer, F., 2020c. L'état sanitaire des premiers aménagements de berge en bois antiques de Saint-Lupien à Rezé/Ratiatum (Loire-Atlantique) : l'apport de la xylo-entomologie. *Gallia - Archéologie des Gaules*, CNRS Éditions, 2020, Les ports romains dans les Trois Gaules. Entre Atlantique et eaux intérieures, 77, (1) : 131-139.
- Toriti, M., Durand, A., Fohrer, F., 2021. *Traces of Common Xylophagous Insects in Wood - Atlas of Identification - Western Europe*. Springer Nature, 200 p. <https://www.springer.com/fr/book/9783030663902>
- Vidal-Matutano, P., Delgado-Darias, T., Lopez-Dos Santos, N., Henríquez-Valido, P., Velasco-Vazquez, J., Alberto-Barroso, V., 2020. Use of decayed wood for funerary practices: Archaeobotanical analysis of funerary wooden artefacts from Prehispanic (ca. 400–1500 CE) Gran Canaria (Canary Islands, Spain). *Quaternary International*, <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2020.10.003>
- Yvinec, J.-H., 1997. Infestation par les insectes d'un grenier carbonisé de la fin du IIe siècle A.D. à Amiens (Somme). *L'Entomologiste*, 53, (3) : 113-128.

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des sites archéologiques.

Table 1: Recapitulative table of archaeological sites.

Tableau 2 : Informations sur les sites archéologiques.

Table 2: Information on archaeological sites.

Tableau 3 : Fréquences absolues et relatives des bois gorgés d'eau (a.) et des fragments de charbons de bois (b.) comprenant des traces d'insectes xylophages dont *Anobium punctatum*.

*Table 3: Absolute and relative frequencies of waterlogged wood (a.) and charcoal fragments (b.) with traces of wood-boring insects including *Anobium punctatum*.*

Liste des Figures

Figure 1 : Cycle de développement chez la petite vrillette

Figure 1: Development Cycle of the common furniture beetle

Figure 2 : Carte de localisation des sites archéologiques étudiés.

Figure 2: Distribution map of the archaeological sites studied.

Figure 3 : Vestiges en bois étudiés. a. Seau, Les Cléons, Musée Dobrée, cl. M. Toriti. b. Plancher carbonisé 3775, îlot Camelin, cl. P. Excoffon. c. Porte carbonisée 4094, col d'Adon, cl. V. Dumas. d. Exemple de pieux découvert à Saint-Lupien, cl. M. Toriti et L. Gantier. e. Plafond semi-carbonisé 10719, Saint-Martin-au-Val, cl. M. Toriti.

Figure 3: Wooden remains studied. a. Bucket, Les Cléons, Musée Dobrée, photo M. Toriti. b. Carbonised floor 3775, Ilot Camelin, cl. P. Excoffon. c. Carbonised door 4094, Col d'Adon, photo V. Dumas. d. Example of wood stake discovered at Saint-Lupien, photo M. Toriti et L. Gantier. e. Semi-carbonised ceiling 10719, Saint-Martin-au-Val, photo M. Toriti.

Figure 4 : Exemples d'unités (pellètes fécales) mesurables composant la vermoulure pour différentes espèces. Famille des Ptinidae : a. *Anobium punctatum*. b. *Calymmaderus solidus*. c. *Oligomerus ptilinoides*. d. *Nicobium castaneum*. e. *Ernobius mollis*. f. *Xestobium rufovillosum*. Autres familles : g. *Xylographus bostrichoides* (Ciidae) (sur champignon type amadou). h. *Pentarthrum huttoni* (Cossoninae). i. *Icosium tomentosum* (Cerambycidae), Clichés CMEBA, Rennes 1 et MEB Saint-Charles, Aix-Marseille Université.

Figure 4: Examples of measurable faecal pellet of frass for different species of wood borers.

Figure 5 : Référentiel « bois » : Mesures des vermoules de Ptinidae.

Figure 5: "Wood" Database: measurement of Ptinidae pellets.

Figure 6 : Échantillon référentiel avant et après carbonisation (galeries et vermoules), cl. M. Toriti.

Figure 6: Reference sample before and after carbonisation (galleries and frass).

Figure 7 : Référentiel « charbon » : mesures des vermoules carbonisées de quelques Ptinidae en comparaison avec la répartition de la taille des vermoules référentielles non carbonisées.

Figure 7: "Charcoal" Database: measurements of carbonized faecal pellets of some Ptinidae in comparison with the distribution of non-carbonized referential faecal pellets.

Figure 8 : Proportion de bois sain par rapport aux bois infestés, notamment par *Anobium punctatum*.

*Figure 8: Proportion of uninfested wood in relation to wood infested, including by *Anobium punctatum*.*

Figure 9 : Florilège de galeries observées. a. Coupe transversale de hêtre (*Fagus*), Camelin. b. Coupe tangentielle de pin d'Alep (*Pinus halepensis*), Camelin. c. Galerie et sa vermoulure, tangentielle de chêne (*Quercus*), Les Jacobins. d. Coupe transversale de pin de type sylvestre (*Pinus type sylvestris*), col d'Adon. e. Galerie et sa vermoulure sur bois gorgé d'eau

de St-Lupien. f. Galeries visibles en tangentielle, sur de l'aubier de chêne (*Quercus*), St-Lupien. g. Galeries de sortie concentrées sur une pièce en sapin (*Abies*) (probable aubier), St-Martin-au-Val. h. Galeries sur transversale de tilleul (*Tillia*), St-Martin-au-Val. i. Vermoules gorgées d'eau conservées dans sa galerie, St-Martin-au-Val. Clichés, M. Toriti.

Figure 9: A selection of galleries observed. a. Cross section of beech (Fagus), Camelin. b. Tangential section of Aleppo pine (Pinus halepensis), Camelin. c. Gallery and its frass, tangential of oak (Quercus), Les Jacobins. d. Cross section of Scots pine (Pinus type sylvestris), col d'Adon. e. Gallery and its frass on waterlogged wood, St-Lupien. f. Galleries visible in tangential, on oak (Quercus) sapwood, St-Lupien. g. Exit holes concentrated on a piece of fir (Abies) (probable sapwood), St-Martin-au-Val. h. Galleries on a lime (Tillia) transverse, St-Martin-au-Val. i. Waterlogged faecal pellets preserved in its gallery, St-Martin-au-Val. Photos: M. Toriti.

Figure 10 : Exemples de grains fécaux d'*Anobium punctatum*. a. Alésia. b. Camelin c. col d'Adon. d. Jacobins. e. Saint-Martin-au-Val. f. Vermoule d'*Oligomerus*, Camelin.

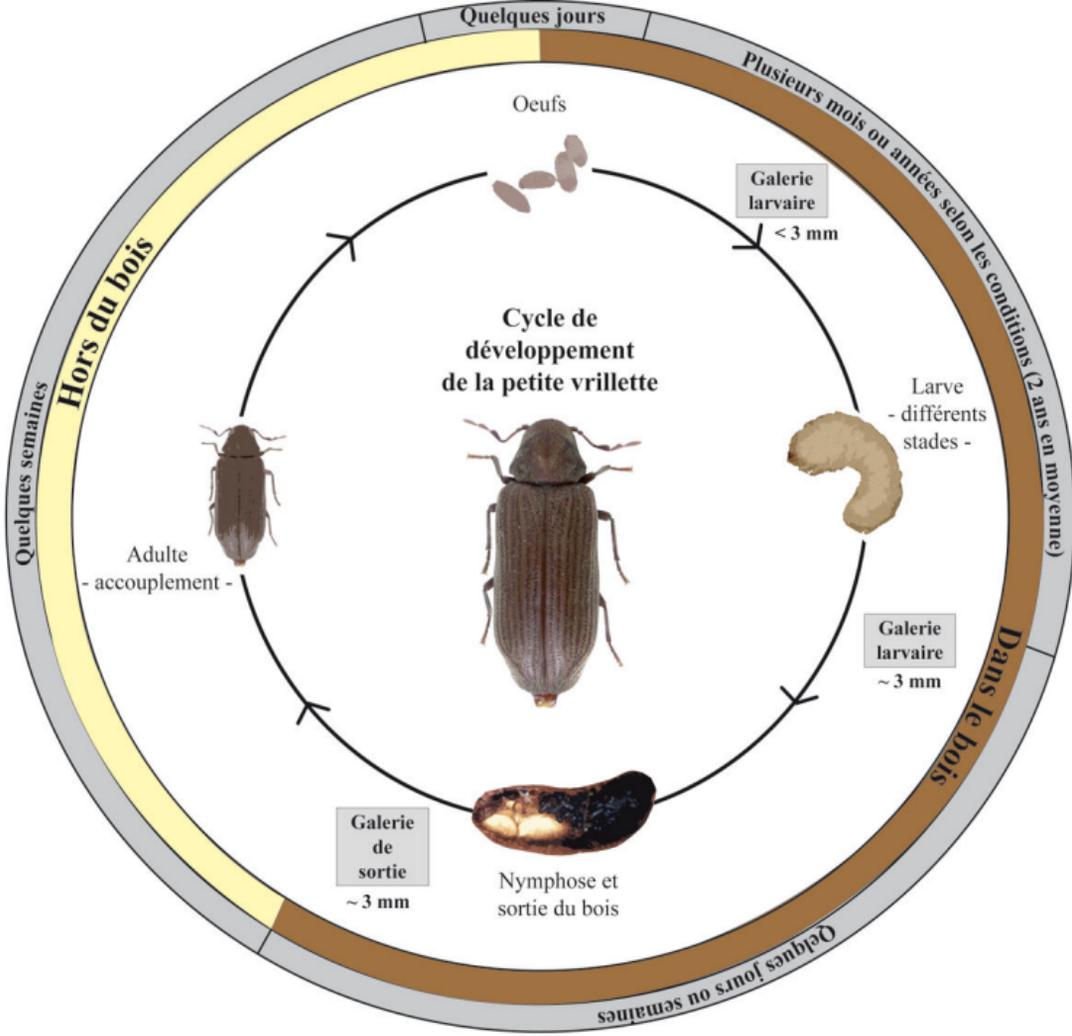
Figure 10: Examples of Anobium punctatum faecal pellets. a. Alésia. b. Camelin c. col d'Adon. d. Jacobins. e. Saint-Martin-au-Val. f. Frass of Oligomerus, Camelin.

Figure 11 : a. Mesures de vermoules carbonisées archéologiques et projections sur le référentiel « charbon ». b. Mesures de vermoules gorgées d'eau archéologiques et projections sur le référentiel « bois ».

Figure 11: a. Measurements of archaeological charred worms and projections onto the "charcoal" database. b. Measurements of archaeological waterlogged worms and projections onto the "wood" database.

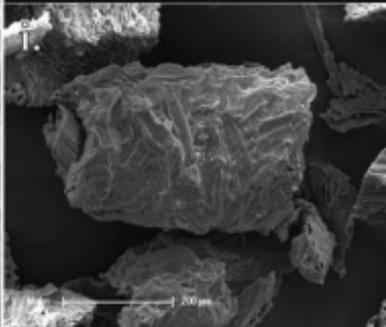
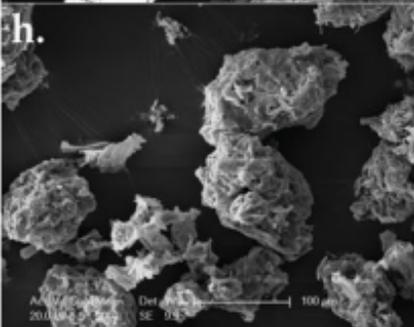
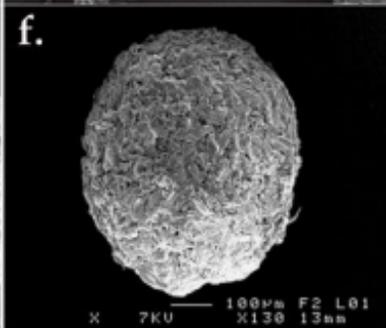
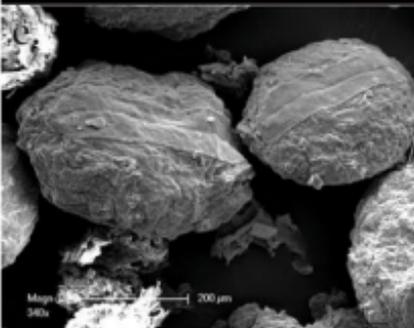
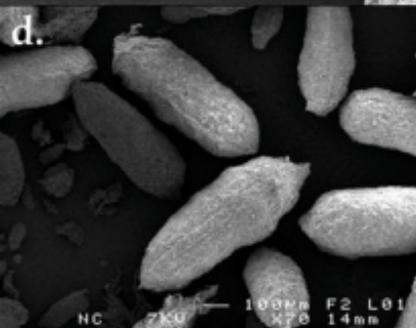
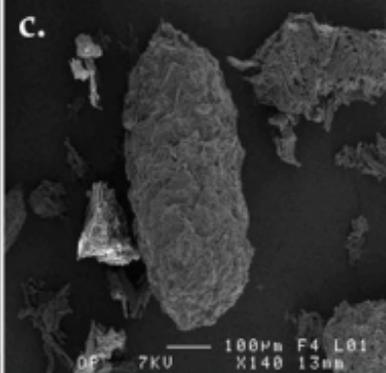
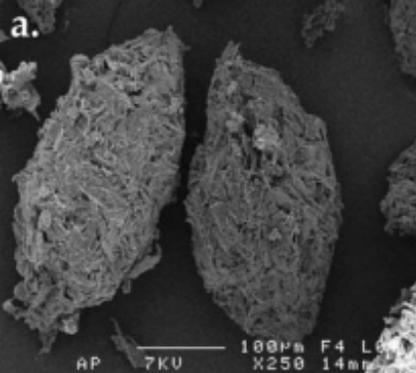
Figure 12 : Proportion de bois sain par rapport à du bois infesté selon les essences ligneuses les plus souvent touchées par *A. punctatum*. a. Bois gorgés d'eau. b. Bois carbonisés.

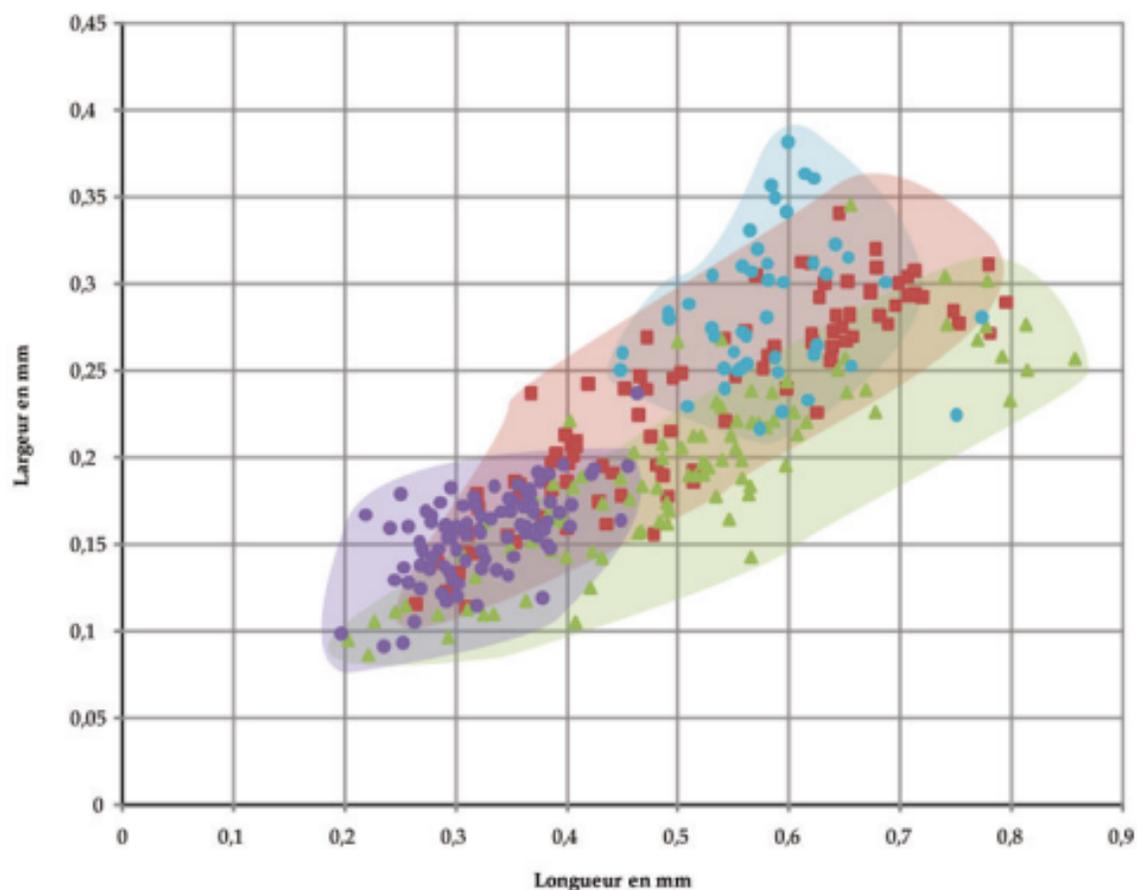
Figure 12: Proportion of uninfested wood compared to infested wood according to the most frequently affected wood species by A. punctatum. a. Waterlogged wood. b. Carbonised wood.







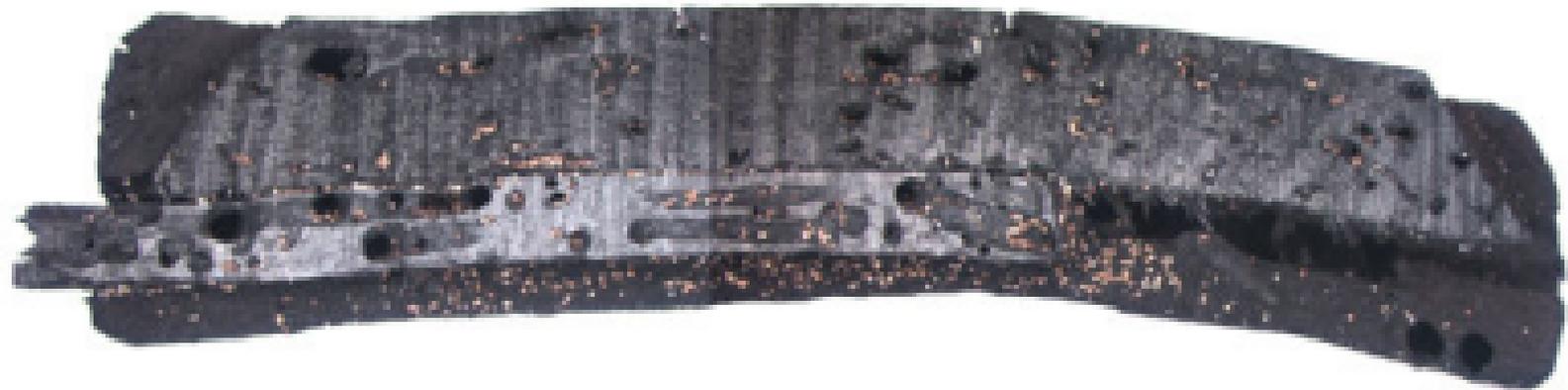
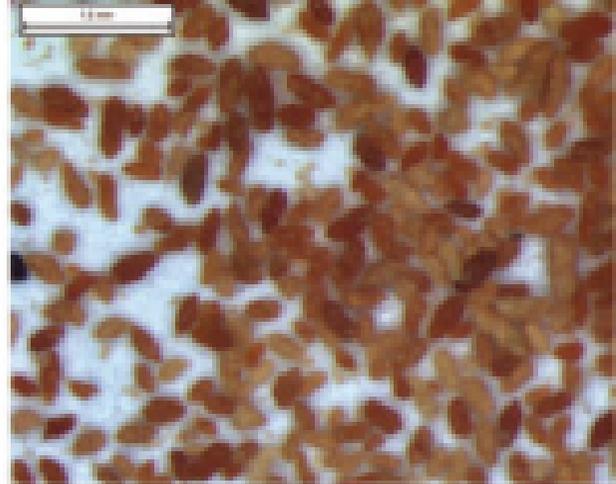


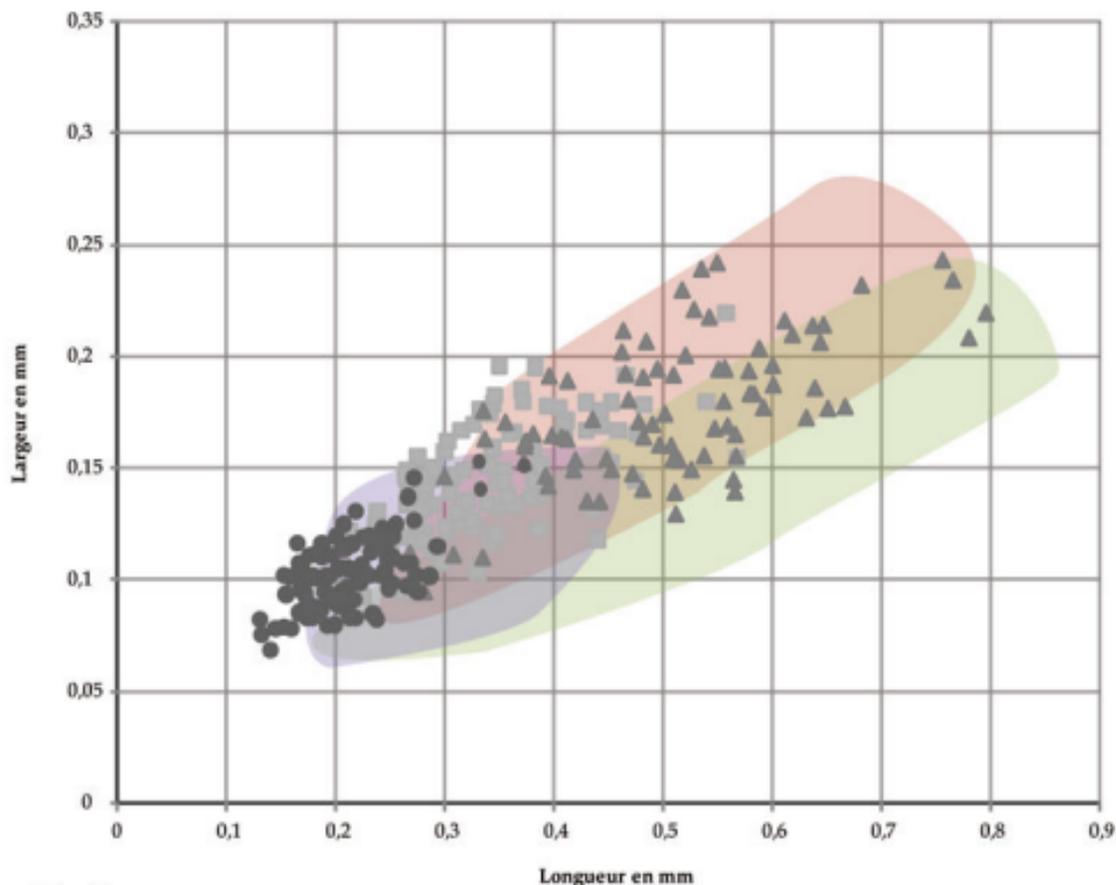


Légendes

■ *Oligomerus ptilinoides* ● *Anobium punctatum* ▲ *Nicobium castaneum* ● *Calymnaderus solidus*

● Aire de répartition des verroulures pour chaque espèce





Légendes

■ *Oligomerus ptilinoides*

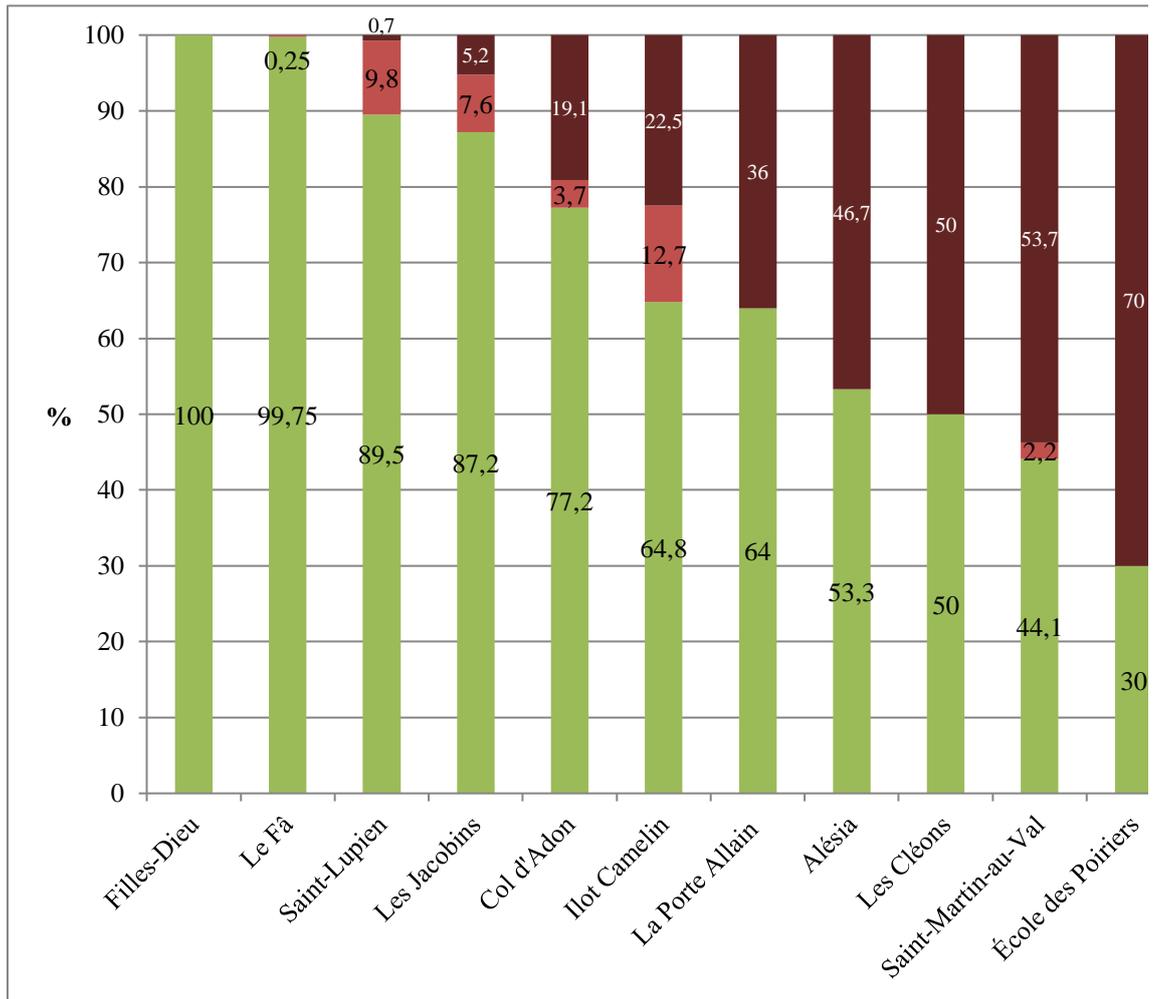
▲ *Nicobium castaneum*

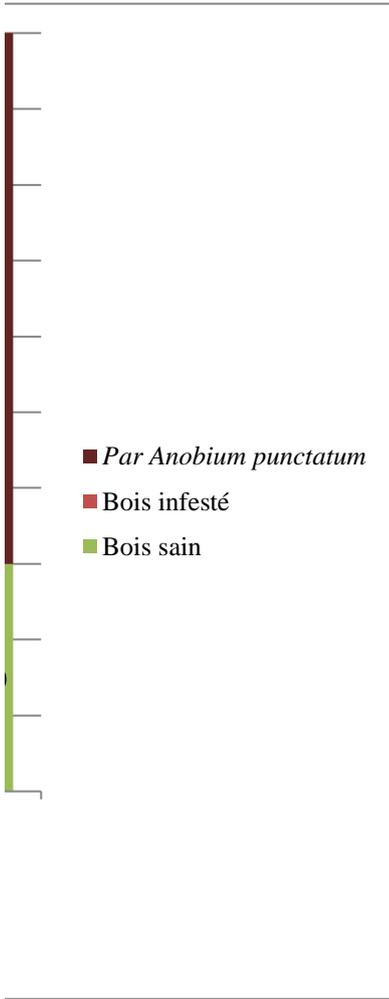
● *Anobium punctatum*

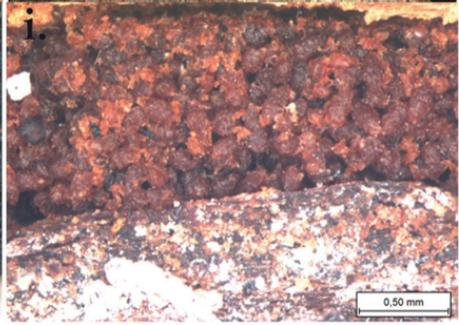
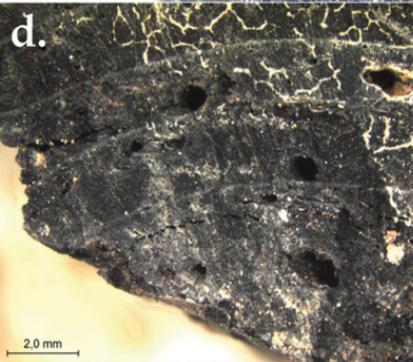
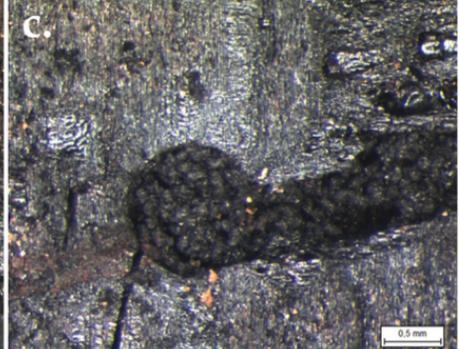
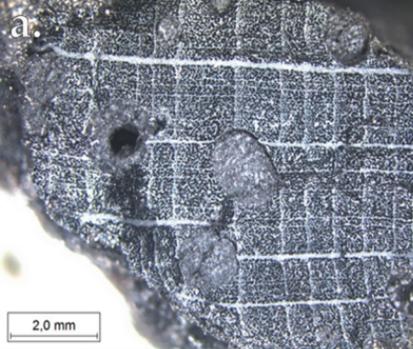
Vermoules non carbonisées d'*Anobium*

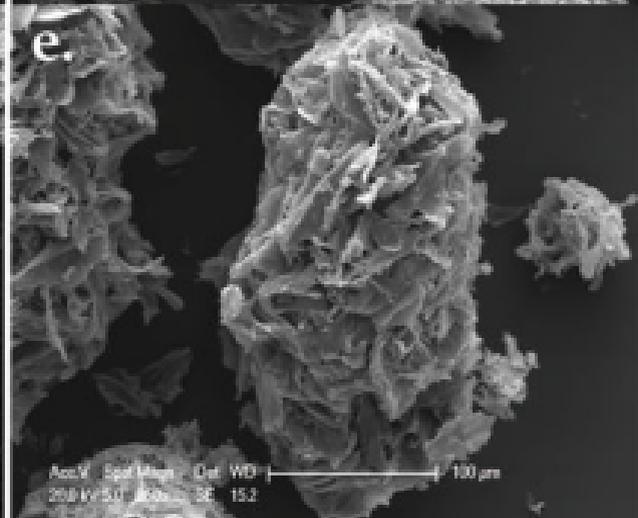
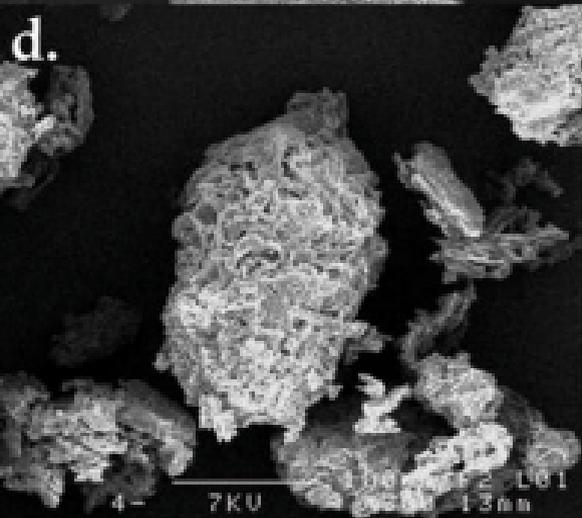
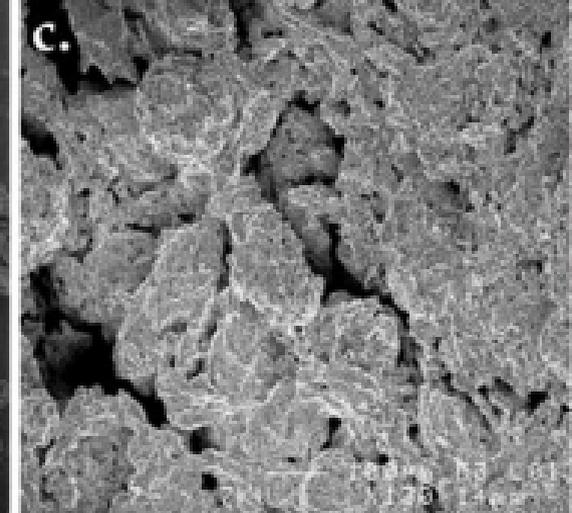
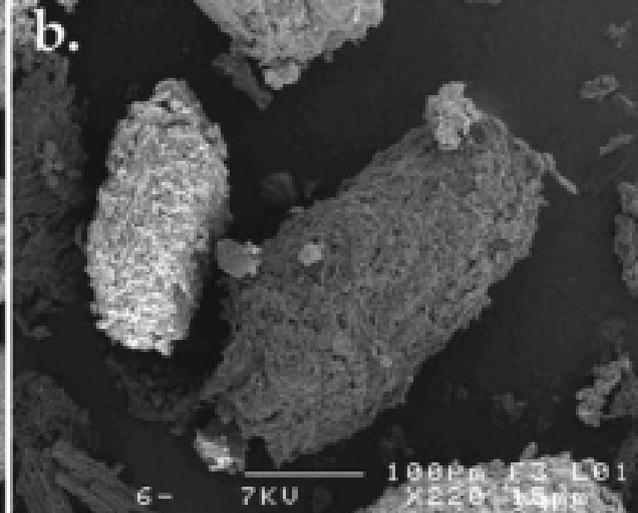
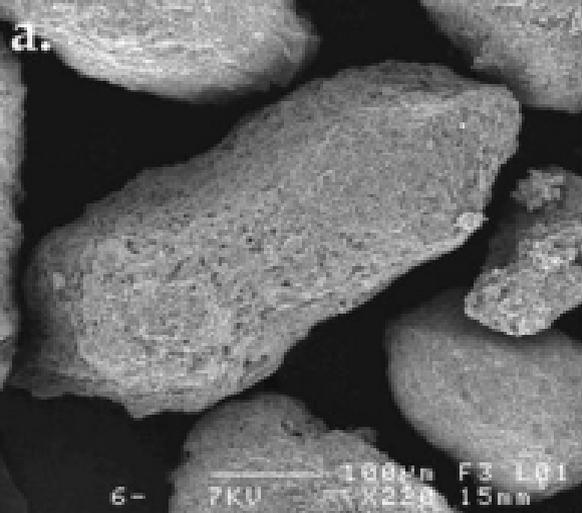
Vermoules non carbonisées d'*Oligomerus*

Vermoules non carbonisées de *Nicobium*

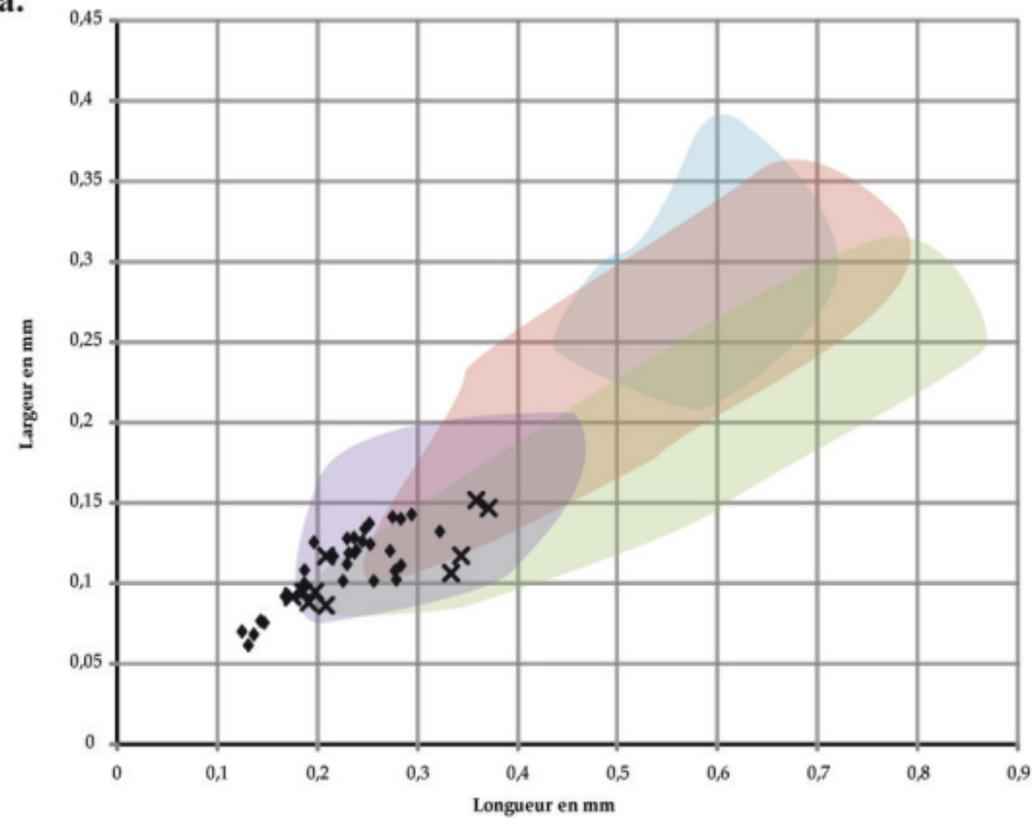








a.

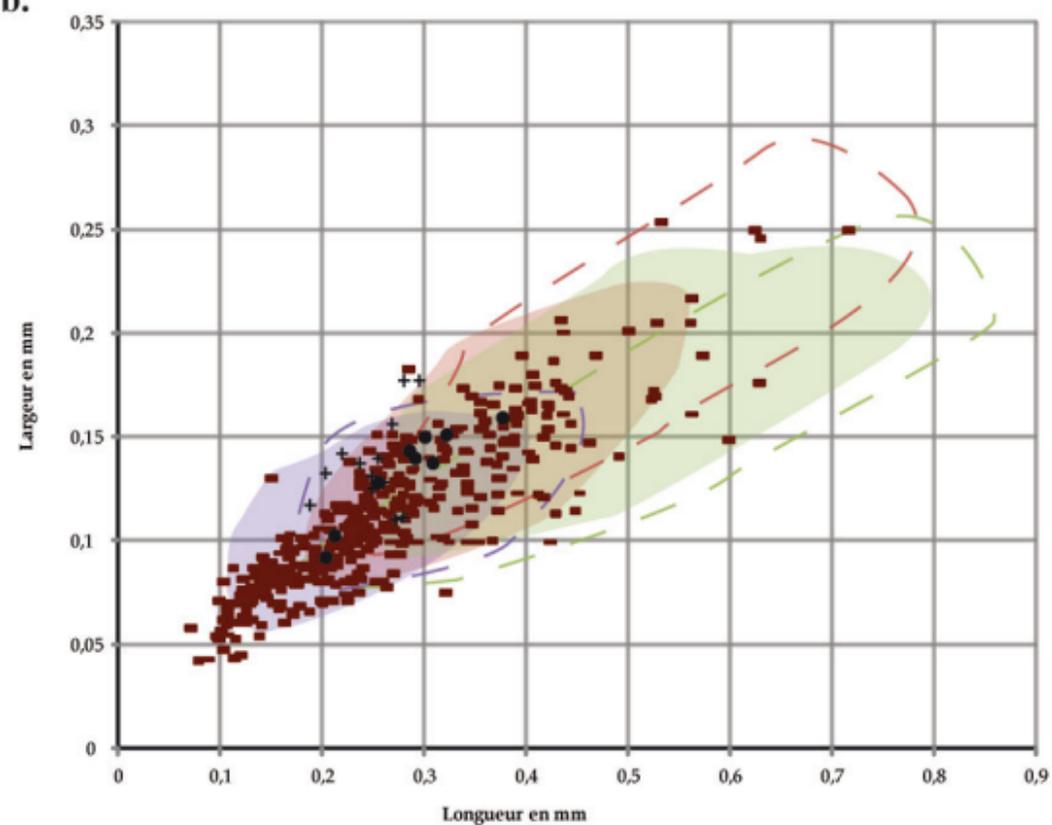


Légendes

- Référentiel des vermoules non carbonisées d'*Anobium*
- Référentiel des vermoules non carbonisées d'*Oligomerus*
- Référentiel des vermoules non carbonisées de *Nicobium*
- Référentiel des vermoules non carbonisées de *Calymmaderus*

- ✕ Saint-Lupien (Rezé)
- ◆ Saint-Martin-au-Val (Chartres)

b.



Légendes

- Référentiel des vermoules carbonisées d'*Anobium*
- Référentiel des vermoules carbonisées d'*Oligomerus*
- Référentiel des vermoules carbonisées de *Nicobium*
- Référentiel «bois» d'*Anobium*
- Référentiel «bois» d'*Oligomerus*
- Référentiel «bois» de *Nicobium*
- Col d'Adon (Mujouls)
- + Jacobins (Rennes)
- Camelin (Fréjus)

