

Bilan et perspectives de l'archéontomologie en France

Jean-Hervé Yvinec

INRAP, CENTRE DE RECHERCHES ARCHÉOLOGIQUES DE LA VALLÉE DE L'OISE
CNRS / MNHN (MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE)
UMR 7209 AASPE « ARCHÉOZOOLOGIE, ARCHÉOBOTANIQUE: SOCIÉTÉS,
PRATIQUES ET ENVIRONNEMENTS »
jean-herve.yvinec@inrap.fr

Jean-Bernard Huchet

CNRS / MNHN, UMR 7209 AASPE « ARCHÉOZOOLOGIE, ARCHÉOBOTANIQUE:
SOCIÉTÉS, PRATIQUES ET ENVIRONNEMENTS »
jean-bernard.huchet@mnhn.fr

Pierre Moret

CNRS / UNIVERSITÉ TOULOUSE JEAN-JAURÈS, UMR 5608 TRACES
« TRAVAUX & RECHERCHES ARCHÉOLOGIQUES SUR LES CULTURES,
LES ESPACES ET LES SOCIÉTÉS »
pierre.moret@univ-tlse2.fr

Philippe Ponel

AIX MARSEILLE UNIVERSITÉ / AVIGNON UNIVERSITÉ / CNRS / IRD
UMR IMBE « INSTITUT MÉDITERRANÉEN DE BIODIVERSITÉ ET D'ÉCOLOGIE
MARINE ET CONTINENTALE »
philippe.ponel@imbe.fr

Bilan de l'archéontomologie en France

Les contextes de conservation des insectes

L'utilisation des insectes en archéologie est limitée par les conditions de conservation propres à chaque gisement ou structure archéologique. Différents cas de figure peuvent se présenter :

- une conservation directe des vestiges d'insectes par dessiccation dans des contextes très secs ou « préservés » (sarcophages en plomb ou en pierre notamment).
- Des minéralisations ponctuelles, par exemple au contact d'un objet métallique ou dans certains types de structures archéologiques (latrines, tombes, etc.) peuvent permettre la conservation des restes d'insectes, comme ce fut le cas du cercueil en plomb gallo-romain d'Évreux (Yvinec *in* Pluton-Kliesch *et al.* 2013).
- La conservation de l'exosquelette lui-même, pour des insectes de petite taille qui se retrouvent imprégnés par des sels métalliques dans la gangue de corrosion d'objets en bronze (Robbiola *et al.* 2011).
- La carbonisation, quand elle se produit de manière lente et à faible température, peut aussi favoriser la conservation des restes d'insectes en association avec des stocks de grains, ce qui livre de fructueuses informations sur les modes et conditions de conservation des céréales et légumineuses à différentes époques. C'est, par exemple, le cas pour le grenier gallo-romain incendié d'Amiens (Matterne, Yvinec & Gemehl 1998). Ces conditions de conservation sont relativement rares par rapport au nombre de sites qui livrent des échantillons de milieu humide.
- Le cas le plus fréquemment observé en climat tempéré est celui de restes d'insectes conservés dans des milieux

très humides ou saturés d'eau. La nappe phréatique, ou sa remontée, favorise la conservation des insectes dans de nombreuses structures excavées mais, la plupart du temps, ce phénomène n'est observé que dans les plus profondes et souvent seulement au fond des puits. Cette réserve faite, le potentiel informatif très élevé permet d'aborder de nombreuses problématiques archéologiques car, dans le passé, la présence des insectes était nettement plus importante dans l'habitat humain que de nos jours. Ce type de conservation se rencontre également dans des environnements naturels diversement anthropisés, comme les zones littorales (Verdin & Fierro-Mircovich 2020), les sols de montagne (Moret *et al.*, dans ce volume), ou enfin les séquences sédimentaires lacustres qui offrent des indices sur certaines activités humaines pratiquées à proximité comme le pastoralisme, l'agriculture, l'exploitation forestière, etc. (Andrieu-Ponel *et al.* 2000; Ponel *et al.* 2000, 2002 et 2013).

Des difficultés de formation et de recrutement

En vingt-cinq ans, un nombre relativement restreint d'étudiants s'est orienté vers l'archéontomologie. Les principales raisons tiennent en partie à l'énorme investissement de départ nécessaire. Le futur spécialiste doit acquérir un minimum de savoirs archéologiques et écologiques à côté des compétences taxonomiques en entomologie qui sont au cœur de sa formation. En effet, un archéontomologiste doit être capable de déterminer des insectes entiers – principalement des coléoptères, dont il existe 11 200 espèces en France –, avant de pouvoir passer à la détermination des restes archéologiques qui se limitent le plus souvent

à une fraction de l'exosquelette: une tête, un élytre, une patte. Développer une telle compétence exige un temps de formation très long pour être opérationnel. De ce fait, se former dans le cadre d'une thèse en trois ans relève de la gageure, même si l'étudiant s'est orienté dès le Master vers cette thématique. Seuls ceux qui ont acquis au préalable des bases solides en entomologie systématique auront les prérequis nécessaires pour se lancer dans l'aventure.

Dans la plupart des assemblages analysés, le taux d'identification des fragments au niveau de l'espèce ou du groupe d'espèces avoisine le 50 %. Ce taux dépend de nombreux paramètres, en premier lieu de la qualité de conservation des restes, mais aussi du niveau de connaissance de la faune d'insectes dans la région étudiée. Le long et minutieux travail d'identification ne peut être accompli en totalité par le seul paléo/archéoentomologiste, qui ne peut prétendre à une compétence totale dans tous les groupes taxonomiques. Dans de nombreux cas, il lui faut recourir au concours d'un spécialiste de l'actuel pour les identifications de certains groupes complexes. Être déjà bien inséré dans le milieu entomologique et entretenir un réseau est un atout indéniable. Enfin, il est indispensable d'avoir un accès direct à une collection de référence aussi exhaustive que possible. Sans cet outil essentiel, il pourra encore moins déterminer de fragments qu'en entomologie traditionnelle, ce qui constitue un écueil supplémentaire.

Au cours des vingt dernières années, plusieurs tentatives de formation d'archéoentomologistes se sont soldées par des échecs ou des reconversions, et l'on ne peut citer qu'un seul cas de spécialisation ayant débouché finalement sur un recrutement au CNRS (J.-B. Huchet). Ces échecs, et les parcours plus ou moins compliqués des personnes concernées, témoignent des difficultés rencontrées pour se former dans cette discipline et ensuite arriver à trouver un poste.

Bilan scientifique

Les archéo-entomologistes ont produit en vingt-cinq ans de nombreuses publications présentant leur spécialité de manière à la promouvoir. Après quelques articles « fondateurs » démontrant son intérêt (Ponel 1993; Huchet 1996; Ponel & Yvenc 1997; Moret 1998), de nombreuses contributions ont poursuivi cette tâche de promotion dans des revues de vulgarisation comme *Archéopages* (Rocq & Yvenc 2002) et divers titres scientifiques (par exemple, Ponel & Yvenc 2009, 2016 ou, à propos de l'archéologie funéraire et de l'ectoparasitisme, Huchet 2014a, 2014b, 2015, 2016 et 2017). Ces efforts de valorisation de la discipline et de ses potentialités ont porté tant vers l'archéologie et l'archéothanatologie que vers l'entomologie, dans l'espoir de susciter l'intérêt de jeunes entomologistes et chercheurs d'horizons divers.

Les chercheurs français sont tous intégrés au réseau international *Quaternary Entomology Dispatch* qui recense toutes les nouvelles actions et publications¹. La base de données internationale *BugsCEP Coleopteran Ecology*

*Package*² référence de manière exhaustive les articles français en paléo et archéoentomologie et héberge aussi la *Bibliography Of Quaternary Entomology*. Certains articles en français abordent des groupes restreints comme les puces, les poux et les punaises, vecteurs de maladies comme la peste (Huchet 2015, 2016; Yvenc, Ponel & Beaucournu 2000). D'autres alimentent les problématiques archéologiques en précisant l'histoire du comblement des structures, le fonctionnement du site ou son implantation environnementale. Il en va ainsi du site gallo-romain de Clos Paul dans les Ardennes: il se trouve aujourd'hui dans un milieu totalement ouvert alors qu'il était initialement implanté dans un environnement forestier très marqué, ce qui pose la question de la nature de cette très petite occupation (Ponel *et al.* 2018). D'autres exemples montrent toute l'importance de l'archéoentomologie dans une approche paléoenvironnementale pluridisciplinaire multi proxy (par exemple, Auxiette *et al.* 2003; Ponel *et al.* 2014).

Les moyens humains et les besoins en archéoentomologie

La communauté professionnelle est peu étoffée par rapport à d'autres pays et les choses n'ont guère évolué depuis 1997 (Ponel & Yvenc 1997). Pour l'archéoentomologie en milieu humide, la plupart des études ont été réalisées grâce à une coopération entre Philippe Ponel et Jean-Hervé Yvenc, avec le support technique du Centre de recherche archéologique de la vallée de l'Oise ou CRAVO, basé à Compiègne. Plusieurs départs à la retraite dans les années qui viennent pourraient assombrir les perspectives de développement de la discipline en France. Néanmoins, une thèse novatrice a été récemment soutenue sur les traces de coléoptères xylophages dans les bois de construction antiques (Toriti 2018). Trois autres sont en cours, l'une à l'université de Tours sur les restes d'insectes recueillis dans des puits d'époque romaine, la deuxième à l'université de Toulouse-Jean-Jaurès sur la conservation des restes d'insectes dans les sols forestiers en moyenne montagne, la troisième sur l'entomofaune des momies préhispaniques à l'université de Bordeaux. Elles démontrent que la discipline commence à se développer. Une quatrième thèse, sur l'impact de l'anthropisation du littoral aquitain via l'approche archéoentomologique, du Néolithique à l'Antiquité, débutera à la rentrée 2022 à l'université de Bordeaux.

À l'heure actuelle, la demande en archéologie préventive est essentiellement axée sur le funéraire et sur les sédiments de milieux humides, issus de puits ou de structures en zones marécageuses. Bien que croissante, elle reste faible au regard du fort potentiel de sites fouillés répondant aux critères de conservation. La « cellule puits » et les responsables d'opérations de l'Inrap et des autres intervenants en archéologie préventive fouillent chaque année de nombreux puits qui font rarement l'objet d'une étude archéoentomologique. Il en va de même pour les sites en milieu humide, dont beaucoup de structures livrent du

1. <https://www.jiscmail.ac.uk/cgi-bin/webadmin?A0=QUATERNARYENTOMOLOGY>.

2. <http://www.bugscep.com>.

matériel organique. Et pourtant, les archéoentomologistes sont trop peu nombreux pour répondre à la demande des responsables d'opérations archéologiques, ce qui constitue une boucle de rétroaction négative.

Les thématiques prioritaires

La définition de grands axes structurants et mobilisateurs a été discutée entre les acteurs français de la discipline. Il en ressort plusieurs pistes qui sont proposées ici.

Espèces synanthropes et insectes ravageurs des denrées alimentaires

La thématique des espèces synanthropes et des ravageurs, essentiellement des coléoptères des denrées alimentaires, semble incontournable (Huchet 2017). Des restes carbonisés d'insectes, qui s'attaquent aux plantes cultivées sur pied dans les champs ou dans les contextes de stockage, sont régulièrement découverts dans les résidus de stocks alimentaires ou de fourrages destinés au bétail (Ponel 1997). Ces espèces ont pu être présentes de longue date mais ne s'être muées en fléau qu'à certaines époques, à la faveur de facteurs qui restent à cerner. Leur présence renvoie de manière générale à la gestion sanitaire des grandes réserves de grains destinées à alimenter les habitats groupés et à la dispersion des pestes des récoltes occasionnées par les transports de céréales sur des distances plus ou moins importantes, avec des durées de stockage qui s'allongent. Ces questions d'actualité, tant dans les médias que dans les milieux scientifiques, mériteraient d'être explorées sur la longue durée.

L'archéoentomologie funéraire

Définie en 1996 par Jean-Bernard Huchet, cette approche originale est une thématique porteuse et incontournable. Les insectes trouvés dans des contextes funéraires, via une approche forensique, sont à même de fournir de précieuses informations sur le traitement du cadavre, son « histoire » taphonomique et, par extension, sur les pratiques funéraires des sociétés anciennes: mise en évidence d'une exposition prolongée des corps avant inhumation, processus anthropique de momification, réintervention dans les tombes... Chaque année, des tombes ou des sarcophages susceptibles de conserver des restes d'insectes sont mis au jour. Une coopération accrue avec l'UMR 7209 AASPE « Archéozoologie, archéobotanique: sociétés, pratiques et environnements », à laquelle appartiennent Jean-Bernard Huchet, Véronique Matterné et Jean-Hervé Yvinec, s'inscrirait parfaitement dans la convention entre l'Inrap, le CNRS et le MNHN et permettrait de produire de très intéressantes informations à un faible coût. Autre axe de développement possible, quoique limité en raison des moyens techniques qui doivent être mis en œuvre, l'étude au microscope électronique à balayage des insectes fossilisés par l'altération de bronzes, comme ceux qui ont pu être identifiés récemment dans les concrétions d'un élément

métallique d'une tombe à char gauloise du III^e siècle ap. J.-C. fouillée à Roissy-en-France dans le Val-d'Oise (Robbiola *et al.* 2011). Ces insectes peuvent apporter des informations précieuses sur les processus postdépotionnels en contexte funéraire (milieu aérobie ou non, présence de matière organique, etc.).

Coléoptères saproxylophages indicateurs de boisements, des oscillations du couvert forestier et des pratiques agropastorales

Les réponses les mieux documentées sont tirées de séquences sédimentaires des îles britanniques. L'impact de la déforestation sur les insectes associés aux forêts « primaires » à partir du milieu de l'Holocène a été perçu depuis longtemps par les entomologistes quaternaristes. Cependant, des données de plus en plus abondantes permettent de reconstruire avec une précision croissante les profonds changements qui ont affecté les faunes de Coléoptères à la suite de la destruction massive des forêts de feuillus qui couvraient les îles britanniques aux alentours de 5 000 BP. Le site de l'âge du Bronze de Thorne Moors dans le Yorkshire, daté approximativement de 3 000 ans BP, a fourni de très riches assemblages de Coléoptères de forêts primaires, comprenant beaucoup d'espèces saproxylophages aujourd'hui éteintes en Grande-Bretagne ou dont la distribution est extrêmement réduite. Au moins 30 taxons de Coléoptères découverts dans des dépôts holocènes des îles britanniques paraissent à l'heure actuelle éteints sur ces îles (Buckland 1979). Bien que ce thème de recherche soit pour le moment beaucoup moins développé qu'en Grande-Bretagne, une image comparable émerge de l'étude de sites continentaux, particulièrement en France. Plusieurs assemblages contenant des Coléoptères de forêts primaires ont en effet été découverts à l'occasion des fouilles archéologiques menées sur le site du village lacustre de Chalain (Jura), dans des contextes semi-naturels datés d'environ 5 000 ans BP (Philippe Ponel, non publié). Plusieurs d'entre eux ont disparu ou sont aujourd'hui extrêmement rares dans la région de Chalain mais, contrairement au scénario qui a prévalu dans les îles britanniques, aucune de ces espèces n'est actuellement éteinte en France.

La destruction massive de la couverture forestière au Néolithique n'a pas seulement conduit à la rétraction de l'aire de distribution, voire à l'éradication de Coléoptères saproxylophages, mais elle a aussi provoqué un fort accroissement des Coléoptères ubiquistes et de Coléoptères associés aux milieux ouverts et aux prairies. Les assemblages de Coléoptères de l'âge du Bronze sont dominés par des espèces coprophages comme les bousiers ou les groupes coprophiles. De nombreuses espèces radicales de prairies sont aussi très bien représentées. De telles communautés suggèrent que le bétail devait être abondant, dans un environnement très largement ouvert. En effet, la plupart des sites étudiés en Angleterre ne contiennent quasiment pas d'espèces associées aux arbres, ce qui suggère une éradication drastique de la forêt au bénéfice des milieux à végétation herbacée. À la période romaine, le paysage des îles britanniques était probablement très

voisin du paysage actuel. Malheureusement, les données françaises restent encore très fragmentaires.

De récentes études environnementales de puits de sanctuaires celtes et romains se sont révélées déterminantes dans la reconstruction des espaces constituant des lieux de culte (Gillet, Fechner & Fercoq du Leslay 2018). Cette thématique spécifique vient compléter celles de la reconnaissance de sites implantés en milieu forestier et de l'appréciation des flux et reflux de la forêt à diverses périodes. Enfin, des recherches en cours à l'UMR 5608 Traces et l'Unité Géode (Géographie de l'environnement) de l'université Toulouse Jean-Jaurès montrent qu'en montagne, grâce à des conditions climatiques favorables au-dessus de 1500 m d'altitude, des assemblages de restes d'insectes peuvent se conserver dans des contextes inattendus comme les haldes (déblais d'extraction et d'exploitation) des mines antiques et médiévales des Argentières à Aulus-Bains en Ariège (Moret *et al.*, ce volume). Le potentiel de l'archéoentomologie dépasse donc largement, en zone montagneuse, les espaces hydromorphes habituellement étudiés (tourbières, mares, fossés, puits...).

Les insectes, témoins privilégiés des évolutions climatiques

En matière de paléoclimatologie, les Coléoptères subfossiles sont des marqueurs précieux. La répartition actuelle de beaucoup d'espèces est étroitement corrélée aux conditions climatiques. Baptisée *Mutual Climatic Range Method*, la méthode originale de reconstruction climatique est basée sur la répartition géographique actuelle des espèces de Coléoptères identifiées dans un assemblage subfossile et sur les conditions climatiques contemporaines présidant à cette répartition. Dans un premier temps, il est nécessaire de dresser une « enveloppe climatique spécifique » pour chacune des espèces de l'assemblage. Cette enveloppe désigne le nuage des points qui correspondent aux stations météorologiques à proximité desquelles une espèce donnée est aujourd'hui attestée, les stations étant positionnées sur le diagramme en fonction de deux critères : l'amplitude thermique annuelle et les températures moyennes du mois le plus chaud. Lorsque ce travail a été effectué pour chacune des espèces (ou le plus possible) appartenant à l'assemblage subfossile, il suffit de superposer toutes les enveloppes climatiques. L'intersection du *Mutual Climatic Range* correspond aux conditions climatiques sous lesquelles les espèces de l'assemblage subfossile ont vécu ensemble. Il conviendra d'explorer aussi la faisabilité de l'utilisation de la méthode, jusqu'ici essentiellement appliquée aux périodes anciennes, aux derniers millénaires.

Les ectoparasites de l'homme et des animaux

Les parasites externes ou ectoparasites (puces, poux, tiques, etc.) partagent avec leurs hôtes une longue histoire co-évolutive. Enfouis dans les sédiments ou encore fixés aux poils de quelques momies humaines ou animales, certains ont pu se conserver jusqu'à nous. Leur étude,

qui s'inscrit conjointement dans les domaines de l'archéoentomologie et de l'archéoparasitologie, nous renseigne sur l'origine, la diffusion et le rôle fondamental que ces insectes et arachnides parasites ont pu jouer dans la transmission de germes pathogènes (Huchet 2016). L'archéoentomologie peut en cela contribuer à l'arsenal des méthodes employées en paléopathologie humaine, autorisant la mise en évidence de vestiges des espèces vectrices de certaines maladies infectieuses ayant profondément marqué l'histoire de sociétés, telles la peste ou le typhus (Yvinec, Ponel & Beaucournu 2000; Huchet 2015). Cet axe de recherche transdisciplinaire, encore largement inexploré, est susceptible d'éclairer notre connaissance des pathocénoses passées et de leur évolution.

Pour l'avenir, il s'agira donc de préciser ces problématiques et d'identifier pour chacune des objectifs, des acteurs, des outils et des moyens à mobiliser pour faire progresser la connaissance.

Propositions pour la mise en place d'une stratégie nationale

Au vu des constats effectués, seule une prise de conscience de la communauté des archéologues permettra de sortir de l'ornière dans laquelle se trouve l'archéoentomologie en France. Une stratégie proactive qui devrait permettre l'émergence d'une nouvelle génération de spécialistes et un renouvellement des compétences est désormais hautement nécessaire, faute de quoi les acquis des vingt-cinq dernières années seront perdus. Un nouveau vivier de jeunes spécialistes est en train de se constituer, ce qui permet de croire en l'avenir de la discipline. Mais il conviendra d'accompagner ce potentiel avec des financements, des postdoctorats universitaires, des commandes d'études en archéologie préventive et des perspectives d'emploi pérenne dans les années qui viennent.

Vers une utilisation des techniques archéogénétiques ?

Avec les techniques d'extraction actuelles, il est déjà possible d'appliquer des analyses génétiques poussées à ce matériel archéoentomologique souvent très bien conservé. Ainsi, l'analyse d'échantillons de fragments d'insectes provenant de sites anglais gallo-romains et médiévaux a montré que l'on pouvait non seulement extraire de l'ADN ancien mais aussi en tirer de substantielles informations (King *et al.* 2009). L'analyse de l'ADN ancien apporte des informations précieuses dans de nombreux domaines tels que l'évolution et la génétique des populations, la biogéographie, la climatologie, la médecine, l'archéologie, etc. Comme le souligne Reiss (2006), « the stage is set for the rapid development of a DNA from Coleoptera ». Il faut toutefois surmonter des obstacles sérieux, comme la dégradation des molécules au cours du temps – toutefois moindre si on se limite à des périodes relativement récentes qui sont précisément celles pour lesquelles les documents fossiles sont les plus abondants – et le risque de contamination avec de l'ADN moderne (Mitchell *et al.* 2005).

Ces techniques vont largement faire évoluer les méthodes d'étude ainsi que le montrent les dernières avancées en génétique. Le *metabarcoding*³ permet l'identification d'un ensemble d'espèces en une seule fois mais n'est pas encore accessible en routine. Cependant, avec l'évolution rapide de la technique et des outils et la diminution des coûts, elle peut le devenir. Ainsi, le *metabarcoding* favoriserait l'élargissement de l'offre en prestations d'étude, en complémentarité avec la détermination morphologique, en simplifiant la phase d'acquisition des données. C'est en tout cas une piste à étudier sérieusement pour sortir du goulet d'étranglement que constitue l'acquisition de compétences très ou trop lourdes lors de la phase de formation initiale des spécialistes. Mais là encore, pour l'archéontomologie et ses disciplines sœurs – l'archéozoologie et l'archéobotanique –, la communauté archéologique nationale doit prendre conscience de la nécessité de disposer d'emplois, d'outils d'étude pérennes pour le *metabarcoding* et de financements conséquents.

Conclusion

Le bilan archéontomologique en France est loin d'être négligeable et n'a pas à rougir face à ce qui est produit au niveau international. Le potentiel de la discipline est considérable, ainsi que le montrent les nombreuses publications produites et la demande croissante. Mais pour autant, à part un trois-quart de poste CNRS/MNHN et des commandes d'étude pour l'essentiel passées par l'Inrap, il n'y a aucun relais, ni à l'Université ni au CNRS, en termes de créations de postes ou d'attribution de moyens. Les vocations existent, comme en témoignent les thèses en cours, mais seule une politique volontariste permettra de sortir de la situation actuelle: une offre réduite avec de rares spécialistes qui vont progressivement partir à la retraite. Aussi convient-il de créer les conditions nécessaires pour permettre la relève.

Bibliographie

ANDRIEU-PONEL, V., PONEL, P., BRUNETON, H. & LEVEAU, P. 2000. «Palaeoenvironments and cultural landscape of the last 2000 years reconstructed from pollen and coleopteran records in the Lower Rhône Valley, southern France», *The Holocene*, 10, 3: 341-355.

ATKINSON, T. C., BRIFFA, K. R., COOPE, G. R., JOACHIM, J. M. & PERRY, D. W. 1986. «Climatic calibration of coleopteran data», in: B. E. Berglund (dir.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Chichester, J. Wiley & Son: 851-858.

AUXIETTE, G., BOULEN, M., DESENNE, S., MATTERNE, V., ROCQ, C., YVINEC, J.-H., PONEL, P. & PERNAUD, J.-M. 2003. «Un site du Hallstatt à Villeneuve-Saint-Germain: "Les Étomelles" (Aisne)», *Revue archéologique de Picardie*, 3-4: 21-65.

BUCKLAND, P. C., 1979. *Thorne Moors: A Palaeoecological Study of a Bronze Age Site. A Contribution to the History of the British Insect Fauna. Working Paper*. Birmingham, University of Birmingham.

BUCKLAND, P. I. & BUCKLAND, P. C. 2006. *BugsCEP Coleopteran Ecology Package*. IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology Data Contribution Series # 2006-116. NOAA/NCDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA. En ligne: <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/insect.html> or <http://www.bugscep.com>.

BUCKLAND, P. I. 2007. «The development and implementation of software for palaeoenvironment and palaeoclimatological research: the Bugs Coleopteran Ecology Package (BugsCEP)», Environmental Archaeology Lab., Department of Archaeology and Sámi Studies, Umeå Universitet (coll. *Archaeology and Environment*, 23).

GILLET, É., FECHNER K., FERCOQ DU LESLAY, G. (DIR.). 2018. «Sacré science ! Apports des études environnementales à la connaissance des sanctuaires celtes et romains du nord-ouest européen», *Revue archéologique de Picardie*, n° spécial 32.

HUCHET, J.-B. 1996. «L'archéontomologie funéraire: une approche originale dans l'interprétation des sépultures», *Bulletins et mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, 8, 3-4: 289-302.

–. **2014a.** «L'archéontomologie funéraire», in: D. Charabidze & M. Gosselin (dir.), *Insectes, cadavres et scènes de crime, Principes et applications de l'entomologie médico-légale*. Louvain, De Boeck: 201-224.

–. **2014b.** «Insect remains and their traces: relevant fossil witnesses in the reconstruction of past funerary practices», *Anthropologie (Brno)*, 52-3: 329-346.

–. **2015.** «Ectoparasites de l'Homme: le regard de l'archéontomologiste», in: F. Collard & E. Samama (éd.). *Poux, puces et punaises, la vermine de l'homme, découverte, descriptions et traitements. Antiquité, Moyen Âge, Temps Modernes*. Paris, L'Harmattan: 45-60.

–. **2016.** «L'animal-amphitryon: archéologie de l'ectoparasitisme», *Anthropozoologica*, 50-1: 55-65.

–. **2017.** «Le coléoptère, la graine et l'archéologue: approche archéontomologique des principaux ravageurs des denrées stockées», in: M.-F. Diestch-Sellami et al. (dir.). «Plantes, produits végétaux et ravageurs», *Aquitania*, suppl. 36: 17-42.

KING, G. A., GILBERT, M. T. P., WILLERSLEV, E., COLLINS, M. & KENWARD, H. K., 2009. «Recovery of DNA from archaeological insect remains: First results, problems, and potential», *Journal of Archaeological Science* 36: 1179-1183.

MATTERNE, V., YVINEC, J.-H. & GEMEHL, D. 1998. «Stockage des plantes alimentaires et infestation par les insectes dans un grenier incendié de la fin de II^e siècle après J.-C. à Amiens (Somme)», *Revue archéologique de Picardie*, 1998, 3-4: 93-122.

MITCHELL, D., WILLERSLEV, E. & HANSEN, A. 2005. «Damage and repair of ancient DNA»,

3. Les marqueurs génétiques ou *barcodes* – d'où le terme *barcoding* – correspondent aux fragments d'ADN, très bien conservés au sein d'une même espèce mais variables entre les espèces. Le *metabarcoding* est une extension du *barcoding* grâce à l'utilisation du séquençage nouvelle génération, dit NGS selon son acronyme anglais, qui permet en aveugle et en une fois l'identification de toutes les espèces présentes dans un échantillon.

Mutation Research, 571 : 265-276.

MORET, P. 1998. « L'Archéo-entomologie, ou les insectes au service de l'histoire », *Revue de médecine vétérinaire*, 149 : 995-998.

PÉCRÉAUX, D. 2008. *Potentialités de l'entomologie appliquée aux sites archéologiques subaquatiques - L'exemple du Bronze final du lac du Bourget (Savoie, France)*. Paris, Muséum national d'Histoire naturelle (thèse de doctorat).

PLUTON-KLIESCH, S., DEVIÈSE, T., KLIESCH, F., LECONTE, L., MOULHERAT, C., PILON, F. &

YVINEC, J.-H. 2013. « Un ceruciel antique en plomb découvert à Evreux (Eure) - Étude pluridisciplinaire », *Gallia*, 70, 2 : 323-340.

PONEL, PH. 1993. « Les coléoptères du Quaternaire : leur rôle dans la reconstruction des paléoclimats et des paléoécosystèmes », *Bulletin d'écologie*, 24, 1 : 5-16.

—. **1997.** « Succession des assemblages de Coléoptères à Chalais 3 », in : P. Pétrequin, *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-Lacs et de Chalais (Jura)*, t. 3 : *Chalais station 3, 3200-2900 av. J.-C.* : 113-118.

PONEL, PH., ANDRIEU-PONEL, V. & BOUIRON, M. 2014. « Vegetation and landscape from 14th to 17th century AD in Marseille city centre, reconstructed from insect and pollen assemblages », *Quaternary International*, 341 : 152-171.

PONEL, PH., ANDRIEU-PONEL, V., DJAMALI, M., LAHIJANI, H., LEYDET, M. & MASHKOUR, M. 2013. « Fossil beetles as possible evidence for transhumance during the middle and late Holocene in the high mountains of Talysch (Talesh) in NW Iran? », *Journal of Environmental Archaeology*, 18, 3 : 201-210.

PONEL, PH., ANDRIEU-PONEL, V., REILLE, M. &

GUITER, F. 2002. « Réévaluation de l'histoire des paléoenvironnements au cours des 12 derniers millénaires dans les Pyrénées ariégeoises : analyse comparée insectes-pollen à la Restanque ». In : *Événements rapides, instabilités, changements culturels au Quaternaire : 3^e colloque international du Comité national français de l'International Union for Quaternary et Association française pour l'étude du Quaternaire*, Aix-en-Provence, 24-26 janvier 2002. Volume de résumés : 52.

PONEL, PH., MATTERNE, 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 : 1055-1072.

PONEL, PH. & YVINEC, J.-H. 1997. « L'Archéoentomologie en France », *Les nouvelles de l'archéologie*, 68 : 31-44.

—. **2016.** « Les insectes comme outils paléoécologiques et archéologiques : une autre façon de reconstruire le passé », *Annales de la Société d'horticulture et d'histoire naturelle de l'Hérault*, 155 : 3-14.

—. **2009.** « Les insectes du Quaternaire, leur rôle dans la reconstruction des environnements et des climats du passé. In, Concepts et Outils de la Systématique en Entomologie », *Comptes rendus des journées d'étude de la Société entomologique de France sur la systématique en entomologie (22-23 mars 2002)* : 105-113.

PONEL, PH., YVINEC, J.-H., ANDRIEU-PONEL, V. ET 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) », *Quaternaire*, 29, 4 : 347-361.

ROBBIOLA, L., MORET, P. & LEJARS, T. 2011. « A case study of arthropods preserved on archaeological bronzes. Micro-archaeological investigation helps reconstructing past environments », *Archaeometry*, 53, 6 : 1249-1256.

REISS, R. A. 2006. « Ancient DNA from ice age insects: proceed with caution », *Quaternary Science Reviews*, 25 : 1877-1893.

ROCO, C. & YVINEC, J.-H. 2002. « L'Archéoentomologie : une nouvelle spécialité en France », *Archéopages*, 6 : 24-29.

TORITI, M. 2018. *Les bois ouvragés en Gaule romaine : approches croisées archéologiques, anthracoxylologiques et entomologiques*, Le Mans, Université du Mans (thèse de doctorat).

VERDIN, F. ET FIERRO-MIRCOVICH, S. 2020. « La restauration d'une cuve en clayonnage découverte à la Lède du Gulp (Grayan-et-L'Hôpital, Gironde) », *Les nouvelles de l'archéologie*, 162 : 41-48.

YVINEC, J.-H. 1997. « Infestation par les insectes d'un grenier carbonisé de la fin du 11^e siècle A.D. à Amiens (Somme) », *L'Entomologiste*, 53 : 113-128.

YVINEC, J.-H., PONEL, P. & BEAUCOURNU, J.-C. 2000. « Premiers apports archéoentomologiques de l'étude des puces : aspects historiques et anthropologiques (Siphonaptera) », *Bulletin de la Société entomologique de France*, 104 : 419-425.