

15. L'archéoentomologie funéraire

J.B. Huchet

UMR 7205 et 7209 du CNRS, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, France
Laboratoire d'Anthropologie, UMR 5199, Université Bordeaux 1, France

1. Introduction

L'intérêt pour les insectes nécrophages et autres **arthropodes** d'intérêt médico-légal remonte à des époques très anciennes. En témoignent la figurine en lignite du Paléolithique supérieur de Petersfels (Allemagne / – 14.000 ans) représentant un nécrophore (Peters et Topfer 1932; Schimitschek 1977) ou encore la statuette préhistorique de Kleine Scheuer, fidèle reproduction de la larve de *Oedemagena tarandi* (L.), diptère parasite du renne (Dingfelder 1961). S'il s'agit là d'évocations stylisées d'une entomofaune des temps glaciaires, d'autres témoins, bien réels, ont pu se préserver dans les sédiments et parvenir jusqu'à nous.

L'archéoentomologie est l'étude des assemblages d'insectes, essentiellement **synanthropes**, recueillis lors de fouilles archéologiques. Lorsque ces derniers proviennent de contextes funéraires, leur transcription s'effectue à la lumière des principes et méthodes de l'entomologie médico-légale. Les investigations conduites sur ces **thanatocénoses** fossiles fournissent 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 anthropiques de momification, ré-intervention dans les tombes... Lorsque les conditions environnementales ne permettent pas la préservation de leur exosquelette, c'est au travers d'une approche ichnologique des traces ou empreintes présentes sur divers matériaux allogènes ou sur les ossements qu'il est possible de reconstituer, *a posteriori*, l'activité fossile des **arthropodes** dans la tombe. Enfin, la mise en évidence de certains insectes **ectoparasites** potentiellement pathogènes se révèle pertinente tant dans la perception des conditions sanitaires des populations du passé que dans la caractérisation de certains épisodes épidémiologiques.

2. Méthodologie

2.1. Préservation des insectes en contexte archéologique

Lorsqu'on se destine à l'étude d'assemblages fauniques archéologiques, la question que l'on peut se poser est celle de la conservation des restes d'insectes. Ces derniers ont propension à se conserver dans des milieux de nature très diverse, ils peuvent parfois être les seuls témoins organiques à être conservés (Ponel 1993). Certains contextes sont toutefois plus propices à leur préservation, ce sont notamment les milieux très humides et anaérobiques (tourbières, fossés, latrines...) ou encore très froids ou désertiques. Speight (1974) a pu montrer que les sclérites¹ des **arthropodes**, majoritairement constitués de chitine², étaient chimiquement stables et particulièrement résistants à la décomposition. Les principales causes à l'origine de la dégradation de l'exosquelette des insectes sont majoritairement dues à des processus physiques (fragmentation sous l'effet de la pression du sédiment) et biologiques (atteintes d'origine bactérienne ou fongique). Il est cependant important de préciser que les assemblages entomofauniques provenant de contextes archéologiques ne reflètent qu'imparfaitement les biocénoses originelles puisque tous les insectes ne présentent pas les mêmes aptitudes à la conservation (seuls les **taxons** les plus fortement chitinisés résistent à l'épreuve du temps) (Kenward 1975). Cette préservation différentielle combinée à une éventuelle contamination subséquente par des **taxons** actuels (espèces fouisseuses, nids **pédotrophiques**...) introduit un biais non négligeable dans la reconstitution et l'interprétation *a posteriori* des faits archéologiques.

¹ Plaques chitineuses ou calcaires constitutives de l'exosquelette des **arthropodes**.

² La chitine est un composé organique (polysaccharide) de formule (C₈H₁₃O₅N)_n.

2.2. Échantillonnage «*in situ*» et extraction de la fraction entomologique au laboratoire

Selon les contextes culturels, géographiques et/ou chronologiques, les pratiques funéraires montrent une grande diversité: inhumations primaires ou secondaires, simples ou multiples, en **espace vide** ou colmaté, momification naturelle, anthropique ou encore incinération. Il est alors nécessaire d'adapter l'échantillonnage de la fraction entomologique en fonction du traitement dont le cadavre a fait l'objet.

La mise en évidence d'une archéoentomofaune associée à des restes humains en contexte archéologique nécessite des protocoles spécifiques empruntés à la fois aux disciplines bioarchéologiques (**palynologie**, paléoparasitologie...) et à l'entomologie médico-légale. Toutefois, contrairement aux investigations **forensiques**, les éléments en présence (restes inertes, le plus souvent fragmentés) permettent rarement leur observation *in situ*. Des prélèvements de sédiment sont alors effectués dans les sépultures, au niveau du squelette (région abdominale, crâne et thorax notamment) mais également dans diverses zones de la tombe. Ce dernier point est particulièrement important dans le cas d'inhumation en **espace vide** (cercueil, chambre funéraire, sarcophage) puisque les larves de diptères vont le plus souvent quitter le cadavre pour s'empurger dans le périmètre délimité par le contenant. Dans le cas particulier des sarcophages, la mise en place d'un **carroyage** interne (carrés de 10 cm de côté) permet, *a posteriori*, de connaître avec précision la topographie de chacun des échantillons prélevés. Enfin, dans les cas où la matière organique (bois, cheveux, peau, restes végétaux...) mais également des textiles, des artefacts en métal ou encore des récipients à offrandes soient préservés, chacun de ces éléments fera l'objet d'un examen minutieux au laboratoire.

2.2.a. Contextes humides

Le traitement des échantillons provenant de milieux humides s'effectue selon les protocoles décrits par Coope (1986) et par Ponel (1993). En présence de sédiment compact, il est d'usage de laisser tremper ce dernier dans une solution aqueuse additionnée d'un anti-agglomérant tel le carbonate de sodium (Na_2CO_3) qui va défloculer la fraction argileuse. Cette étape achevée, le sédiment est versé dans un tamis de maille égale à 300 μm et rincé à l'eau. On ajoute alors une huile minérale (pétrole désaromatisé) au refus de tamis. Ce dernier est ensuite placé dans un récipient contenant de l'eau froide. Après une phase de décan-

tation d'une quinzaine de minutes, la fraction entomologique imbibée d'un film d'hydrocarbure remonte en surface. Cette dernière est alors transvasée sur le tamis, lavée à l'aide d'un détergent puis rincée à l'alcool. Après avoir été triés sous une loupe binoculaire, les sclérites sont conservés dans des tubes contenant de l'alcool à 90°.

2.2.b. Contextes arides

Lorsque les prélèvements sont réalisés en milieu aride, le sédiment est tamisé à sec au moyen d'une colonne de tamisage adaptée à la granulométrie du site (classiquement 5 mm, 2 mm et 300 μm). La dessiccation naturelle des restes d'insectes autorise leur préparation selon les méthodes entomologiques usuelles (collés sur paillettes, montés sur épingles et étiquetés). Les pièces anatomiques provenant de dissections (**genitalia**, pièces buccales...) sont placées dans un milieu de montage de type *Eukitt* sur une paillette jointe à l'exemplaire disséqué ou dans un microtube contenant de la glycérine piqué sous l'échantillon.

2.3. Critères diagnostiques d'identification de l'archéoentomofaune

2.3.a. Les coléoptères

Dans la majeure partie des cas, ce sont les coléoptères qui se conservent préférentiellement dans les sédiments archéologiques, en vertu de la nature très résistante de leur exosquelette. Leur identification nécessite une excellente connaissance des caractères intrinsèques à chacune des familles (pour simple exemple, la faune de France compte près de 9600 espèces de coléoptères réparties dans 140 familles distinctes (Martinez et Gauvrit 1997)). Contrairement aux insectes actuels, il n'est guère possible d'utiliser les **tableaux dichotomiques** usuels puisque ces derniers prennent en compte des caractères qui, en vertu de l'aspect souvent fragmenté des échantillons sub-fossiles, peuvent faire défaut. Le recours à une collection de référence, la plus exhaustive qui soit, est incontournable. S'agissant le plus souvent de fragments, l'estimation du nombre total d'individus est réalisée par deux méthodes spécifiques: le nombre minimal d'individus (NMI³) et le nombre de spécimens identifiés (NISP⁴).

La détermination des **taxons** s'établit au regard de détails morphologiques précis, souvent ténus (micropunctation, présence/absence de soies spécifiques...)

³ Le NMI est réalisé par comptage des pièces uniques (tête, thorax, abdomen...) ou latéralisables (élytres, pattes...)

⁴ Number of identified specimens

par étude comparative des sclérites avec les pièces homologues de spécimens actuels. A cet égard, les parties anatomiques les plus informatives sont incontestablement la tête (les mandibules, lorsqu'elles sont présentes fournissent d'excellents caractères diagnostiques, notamment sur le régime alimentaire du taxon), le thorax (pronotum) et les élytres. L'identification familiale réalisée, on passe successivement à celle du genre et, selon la nature des restes conservés, il est possible ou non de parvenir à une détermination spécifique de l'échantillon. La conservation des genitalia mâles sur des spécimens anciens est relativement fréquente en contexte archéologique, ces derniers, « encapsulés » dans l'abdomen, étant protégés par les sternites abdominaux. Bien que ces organes nécessitent fréquemment un passage à la potasse et une réhydratation, leur étude fournit des caractères discriminants dans l'identification spécifique des spécimens subfossiles.

2.3.b. Les diptères

À l'encontre des coléoptères, les diptères, sous leur forme adulte, sont des insectes relativement fragiles et se conservent généralement mal en contexte archéologique. Dans la plupart des cas, les seuls témoins « fossiles » de l'activité de ces insectes sont les petites enveloppes ovoïdes rigides liées à la nymphose : les puparia (fig. 15.1, 15.2). Ces derniers, généralement bien sclérifiés, ont propension à se conserver remarquablement sur de très longues périodes pouvant parfois atteindre plusieurs millions d'années (Flach 1890; Handschin 1944; Kitching 1959, 1980).

Plus encore que pour les coléoptères, le recours à une collection de référence est indispensable. En effet, si la taxinomie des diptères sous leur forme adulte est relativement bien connue aujourd'hui, la littérature concernant les stades immatures, notamment les puparia, est souvent ancienne et obsolète (Greene 1922, 1925; Stork 1936 *inter alia*). Bien qu'il n'existe aucun ouvrage de référence sur les puparia d'intérêt médico-légal, quelques rares études monographiques (notamment Skidmore 1979, 1985; Smith 1986) et contributions isolées (Phipps 1983, 1984; Greenberg et Szyska 1984; Liu et Greenberg 1989; Skidmore 1993; Siri wattanarungsee et coll. 2005; Sukontason et coll. 2007 *inter alia*) permettent cependant d'identifier les principales familles et genres d'intérêt médico-légal retrouvés en contexte archéologique. L'utilisation du MEB (Huchet et Greenberg 2010) combinée à l'examen des pièces buccales de la larve de 3^e stade (LIII) persistant parfois à l'intérieur des puparia sub-fossiles sont des auxiliaires précieux qui permettent d'affiner la détermination des échantillons.



Fig. 15.1: Puparia de diptères (Calliphoridae, Sarcophagidae, Muscidae) provenant d'une tombe mochica (Pérou, I-VIII^e siècle de notre ère) (d'après Huchet et Greenberg 2010) (échelle: 10 mm).

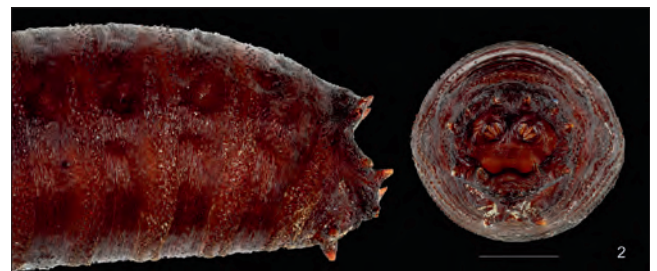


Fig. 15.2: Puparium de *Protophormia terraenovae* (R.-D.) (Calliphoridae). a. vue latérale montrant les derniers segments abdominaux. b. vue caudale, les stigmates respiratoires postérieurs (au centre) cerclés de tubercules (papilles sensorielles tégumentaires). Photo J.-B. Huchet 2012, MNHN (échelle: 2 mm).

L'intérêt que représente l'étude des diptères provenant de contexte archéologique a été largement démontré par E. Panagiotakopulu (2004).

2.3.c. Les acariens

Bien qu'il ne s'agisse pas d'insectes, les acariens se préservent remarquablement bien dans les sédiments comme en témoigne la découverte de formes fossiles datant de près de 400 millions d'années (Norton et coll. 1988). Leur étude en contexte archéologique est relativement récente et a donné lieu à la création d'une nouvelle branche de l'archéozoologie : « l'archéo-acarologie » (Schelvis 1987). Bien que leur faible taille nécessite des protocoles d'échantillonnage ciblés réservés à des spécialistes, cette discipline s'intègre progressivement dans le cortège des sciences bioarchéolo-

giques (Schelvis 1987, 1992a, b; Morales Muñiz et Sanz Bretón 1994; Baker 2009 *inter alia*).

L'intérêt médico-légal des acariens a été énoncé il y a plus d'un siècle par J.-P. Mégnin (1894). Des travaux récents ont souligné leur importance, au même titre que les insectes thanatophages, dans l'estimation de l'Intervalle *Post mortem* (Perotti et Braig 2009a, b; Turner 2009). Les espèces qui vont particulièrement nous intéresser sont celles dites «**phorétiques**», véhiculées notamment par les diptères et autres insectes nécrophages venant coloniser les cadavres ou carcasses d'animaux. De nombreux acariens **phorétiques** sont spécifiques d'un hôte et abandonnent ce dernier lorsque celui-ci se pose sur une charogne. Leur présence sur un cadavre est un indice précieux nous renseignant, *a posteriori*, sur l'identité de certains hôtes d'intérêt **forensique** dont il peut ne plus subsister de trace (Perotti et Braig 2009a). Un synopsis des espèces les plus fréquemment retrouvées en contexte médico-légal a été récemment proposé par B. O'Connor (2009).

En contexte archéologique funéraire, diverses espèces ont pu être découvertes sur des momies humaines de provenance et d'époques diverses (Corrado 1899; Radovsky 1970; Baker 1990; Aufderheide 2003; Hidalgo-Argüello et coll. 2003). En 1990, Y. Gutierrez a décrit un cas d'acariose diffuse (gale sarcoptique) sur les restes momifiés d'un moine capucin en Sicile. L'examen clinique de la momie a révélé que ce dernier avait fait l'objet d'applications *ante-mortem* d'onguents de soufre destinés à enrayer l'affection cutanée.

L'archéo-acarologie **forensique**, telle que nous pourrions la nommer, laisse donc entrevoir de passionnantes perspectives dans l'étude de restes humains ou des tombes provenant de contextes archéologiques.

3. Interactions vertébrés / insectes nécrophages : le registre fossile

Les plus anciens assemblages d'insectes thanatophages retrouvés en présence de squelettes de mammifères remontent au Tertiaire. Ils proviennent du site paléontologique de Geiseltal (Allemagne) et concernent des stades immatures de diptères, vraisemblablement des Calliphoridae, retrouvés à l'intérieur des ossements d'une espèce éteinte de tapir de l'éocène (54–38 millions d'années) (Weigelt 1935). En France, les gisements karstiques des phosphorites du Quercy ont fourni un riche assemblage d'insectes cadavériques (coléoptères Silphidae, Histeridae, diptères Phoridae ainsi que des lépidoptères Tineidae (mites **kératophages**) au sein des restes fossiles de mammifères

de niveaux plus récents du Tertiaire (41–28 millions d'années) (Flach 1890; Handschin 1944). Plus récemment, des puparia de diptères Calliphoridae associés à des restes de Cercopithecidae et de Bovidae fossiles ont été décrits du site de Makapansgat (Afrique du Sud) dans des niveaux datés de 3 à 2,5 millions d'années (Kitching 1959, 1980).

Les diverses études entomologiques conduites sur les restes osseux de grands mammifères du **Pléistocène** européen montrent la prédominance d'une espèce holarctique de mouche calliphoride particulièrement adaptée aux basses températures : *Protophormia terraenovae* (Robineau-Desvoidy) (fig. 2). De très nombreux puparia attribuables à cette espèce ont ainsi été découverts à l'intérieur de crânes de bison (Gautier et Schumann 1973; Vervoenen 1991), de mammoth (Coope et Lister 1987; Germonpré et Leclercq 1994; Erzinçlioglu 2009) et de rhinocéros laineux (Gautier 1974; Germonpré et Leclercq 1994). Ces découvertes, combinées à des études phylogénétiques et biogéographiques, fournissent de précieux enseignements sur la mise en place des faunes actuelles et leur évolution (Stevens et Wallman 2006; Stevens et coll. 2006).

4. Archéoentomologie et pratiques funéraires

De toute évidence, si l'archéologie funéraire a su tirer profit des avancées des sciences **forensiques**, celles-ci, en retour ont largement puisé dans les techniques fines de localisation et de mise au jour de restes enfouis (Spennemann et Franke 1995; Haglund 2001). Ainsi, depuis quelques années, on constate de manière tangible, une convergence des pratiques scientifiques de l'archéologie et de l'anthropologie physique dans les enquêtes médico-légales ayant conduit à la création d'un nouveau champ disciplinaire : l'archéologie criminalistique (*Forensic Archaeology*) (Morse et coll. 1976; Heron et coll. 1995; Cox et Hunter 2005; Menez 2005; Ducretet et coll. 2013).

Les objectifs de l'archéoentomologie funéraire (Huchet 1996; Huchet et Gallis 1996), même s'ils utilisent les principes et méthodes de l'entomologie **forensique**, s'en distinguent à divers égards. Certaines notions telles que «**légal**», «**judiciaire**» ou encore «**IPM**» sont, par essence, des notions étrangères au vocabulaire des archéologues. S'il existe une convergence évidente sur les objets au centre de l'analyse, leur transcription *a posteriori* s'effectue à un niveau différent, lié à l'espace archéologique. Bien que certains résultats relèvent de l'événementiel, d'une application

ponctuelle à un cas particulier, d'autres s'inscrivent dans une dimension analytique quantitative, permettant un niveau d'interprétation de dimension historique. Par l'orientation de ses recherches, l'archéoentomologie funéraire se revendique des préceptes de l'archéothanatologie ou « Archéologie de la Mort » (Boulestin et Duday 2005 ; Duday 2005, 2009) en ce sens où les objectifs premiers visent la reconstitution de gestes et pratiques funéraires des populations du passé.

4.1. Composante et interprétation des taphocénoses

En contexte archéologique, l'association des restes humains et des organismes morts *in situ* constitue une « **thanatocénose** » (Wasmund 1926). En vertu de l'environnement et de facteurs intrinsèques, seule une partie de ces éléments auront propension à résister à l'épreuve du temps constituant ce que W. Quenstedt (1927) nomme « taphocénose ».

La présence de restes d'insectes en contexte funéraire résulte de deux modes de colonisation distincts. La première phase, dite « pré-dépositionnelle », concerne essentiellement les insectes nécrophages qui colonisent les cadavres humains et carcasses d'animaux dans un court laps de temps après la mort de l'individu. Cette phase « à l'air libre » implique que les restes demeurent exposés en surface sur une période plus ou moins longue avant leur enfouissement. La seconde phase, « post-dépositionnelle », est souterraine et, compte des groupes écologiques spécialisés ayant propension à coloniser des restes enfouis.

La caractérisation de ces deux catégories est d'un intérêt majeur dans la reconstitution *a posteriori* de la taphocénose de la tombe ou des restes humains ensevelis. À cet égard, contrairement à certaines représentations erronées, la présence de puparia de diptères associés à des restes humains en contexte archéologique n'implique pas nécessairement que l'individu est resté exposé en surface une période plus ou moins longue avant son enfouissement. Différents **taxons**, dont notamment certains diptères Muscidae ou Phoridae sont morphologiquement constitués pour coloniser des cadavres inhumés à des profondeurs pouvant atteindre deux mètres (Bourel et coll. 2004).

Pour l'essentiel des cas, les restes humains retrouvés en contexte archéologique proviennent d'exhumations et les investigations concernent des individus « squelettisés ». Outre les vicissitudes liées à la préservation *in situ* de la matière organique, l'entomofaune des cadavres enterrés est incomparablement moins diversifiée que celle de surface (Bourel et coll. 2004 ;

Gunn et Bird 2011). Pour ces raisons, les interprétations conduites sur les vestiges d'insectes ne peuvent équivaloir la précision et prédictibilité des expertises **forensiques** sur des cadavres actuels.

Les puparia faisant partie des structures les plus fréquemment conservées en présence de restes humains anciens, leur interprétation nécessite la prise en compte de plusieurs paramètres importants dont notamment : leur représentation numérique, leur localisation, la diversité taxonomique de l'échantillon et enfin le fait qu'il s'agisse de pupes vides ou pleines (non écloses).

4.1.a. Représentation numérique

S'il ne s'agit pas d'un effet secondaire de conservation différentielle, la quantité de pupes de diptères est un élément à prendre en considération. Une forte représentation est un bon indice de l'accessibilité du cadavre (dans la phase pré-sépulcrale ou après enfouissement). Selon les **taxons** en présence et le mode d'inhumation, il sera alors parfois possible de proposer des hypothèses sur la période d'inhumation (saisonnalité) ou encore sur l'éventualité d'une exposition pré-dépositionnelle et sa durée. L'absence de toute trace d'insectes dans un milieu s'avérant être propice à la conservation pourra être tenue comme significative (conditions climatiques extrêmes (froid) au moment du décès, incidences taphonomiques, comblement très rapide du corps...).

4.1.b. Localisation

La localisation des puparia au sein de la tombe peut fournir des indications sur l'appareil funéraire (inhumation en **espace vide** ou colmaté notamment). En contexte archéologique, certaines structures périssables (tels les cercueils) ne se conservent que sur une période limitée. L'effondrement puis la disparition subséquente du contenant peuvent dans certains cas compliquer l'identification de la structure funéraire initiale. La situation topographique des pupes de diptères (au contact du squelette ou à distance de ce dernier) combinée à l'étude archéothanatologique des restes humains peut alors fournir des indices pertinents sur le mode d'inhumation.

4.1.c. Diversité taxonomique

Comme précédemment indiqué, la faune des cadavres inhumés est ordinairement pauvre et peu diversifiée. Une forte représentation spécifique, incluant notamment plusieurs espèces nécrophages, nécrophiles ou encore parasitoïdes n'ayant pas propension à s'enfouir, suggère que le cadavre a vraisemblablement fait l'objet d'une exposition prolongée.

gée à l'air libre avant inhumation (Huchet et Greenberg 2010) ou que la couche de sédiment recouvrant ce dernier était suffisamment mince et perméable pour permettre une colonisation subséquente par la faune de surface.

4.1.d. Pupes vides et pupes complètes

En l'absence avérée de restes d'adultes dans le sédiment, la présence de pupes vides (puparia) associées aux restes humains suggère que le cycle complet a eu lieu avant l'inhumation. Lorsque ces dernières concernent des espèces « pionnières » intervenant aux premiers instants du décès (Calliphoridae notamment), l'identification spécifique de l'espèce en présence peut fournir une estimation sur la durée minimum de la phase pré-sépulcrale. Les pupes sont ordinairement de moindre intérêt, elles indiquent que les conditions environnementales ou le mode d'inhumation (ordinairement en pleine terre) ont inhibé l'accomplissement du cycle.

4.2. Espèces les plus fréquentes en contexte archéologique funéraire

En contexte archéologique, certaines espèces de diptères se montrent d'excellents indicateurs d'inhumation en **espace vide** (cercueils, sarcophages) ou bien témoignent de la présence de zones non comblées au contact des squelettes. Parmi ces **taxons**, nous citerons notamment *Ophyra capensis* (Wiedemann) (Muscidae). Hôte classique des cadavres inhumés, cette espèce est très fréquemment retrouvée lors d'exhumations juridiques (Bourel et coll. 2004) ; elle intervient tardivement dans les processus de décomposition. Sous nos latitudes, *O. capensis* mais également *O. leucostoma* (Wied.) figurent incontestablement parmi les espèces les plus communes en contexte archéologique (Huchet, 1996 ; Turner-Walker et Scull 1997 ; Robinson 2001 ; Scharrer-Liska et Grassberger 2005, 2010 ; Masetti et coll. 2008 ; Couri et coll. 2008, 2009). Par leur taille relativement modeste et leur capacité à pénétrer dans des lieux très fermés, les *Ophyra* (mais également les Phoridae), sont fréquemment les seules espèces présentes sur des cadavres ordinairement inaccessibles aux autres mouches **sarco-saprophages**.

Hormis les espèces précitées, les **taxons** les plus fréquemment observés en contexte archéologique funéraire en France appartiennent principalement à l'ordre des diptères (Calliphoridae, Fanniidae, Muscidae, Phoridae, Sarcophagidae et Sphaeroceridae) et des coléoptères (Anobiidae [Anobiinae, Ptininae],

Cleridae, Cryptophagidae, Dermestidae, Histeridae, Monotomidae et Tenebrionidae).

Parmi ces différentes familles, on note la récurrence d'un petit nombre d'espèces. Il s'agit notamment des diptères *Calliphora vicina* Robineau-Desvoidy et *C. vomitoria* (L.) (Calliphoridae), *Muscina stabulans* (Fallén) (Muscidae), *Fannia scalaris* (F.) et *F. canicularis* (L.) (Fanniidae), *Conicera tibialis* Schmitz ainsi que diverses espèces du genre *Megaselia* Rondani (Phoridae). Parmi les coléoptères, l'espèce la plus commune en situation archéologique est *Rhizophagus parallellocollis* Gyllenhal (Monotomidae) (Stafford 1971 ; Buckland 1979, 2002 ; Girling 1981 ; Hakbijl 2000 ; Panagiotakopulu et Buckland 2012).

Les contextes « exotiques » sont infiniment plus diversifiés et, à l'encontre de ce que l'on observe sous nos latitudes, la représentativité des coléoptères est souvent supérieure à celle des diptères.

4.3. Quelques exemples d'application

4.3.a. Exposition des corps avant inhumation

Les premières études visant à interpréter les restes d'insectes associés à des restes humains en contexte archéologique datent de la seconde moitié du XX^e siècle.

Si dans nos sociétés occidentales modernes, les corps ayant fait l'objet d'une exposition avant inhumation relèvent le plus souvent du registre de la criminalistique, c'est de façon intentionnelle que de nombreuses civilisations procédaient à ce traitement singulier à l'égard des morts.

La présence de nombreux puparia de *Calliphora* sp. dans les textiles provenant d'une tombe viking de l'île de Man, en mer d'Irlande, a conduit l'entomologiste W. Hincks (1966) à suggérer que le corps a probablement été exposé durant au moins vingt jours. D. Ubelaker et P. Willey (1978), par la présence de pupes de Calliphoridae et de coléoptères Trogidae associés à des sépultures Arikara du Dakota, ont montré que les corps de ces amérindiens avaient fait l'objet d'une exposition antérieure à l'inhumation d'au moins trois semaines. Des conclusions analogues seront proposées par H. J. Teskey et C. Turnbull (1979) au sujet d'une tombe « préhistorique » du New Brunswick (Canada) datée entre 2000 et 2500 ans consécutivement à la découverte de plusieurs centaines de puparia appartenant à six espèces distinctes de diptères nécrophages et **saprophages** (Calliphoridae, Muscidae et Heleomyzidae).

Depuis ces études pionnières en archéologie funéraire, d'autres estimations d'un délai pré-sépulcral

ou de la mise en évidence de corps n'ayant bénéficié d'aucun traitement funéraire avant leur enfouissement naturel ont fait l'objet de diverses études. Nous citerons à cet égard D. K. Faulkner (1986) au sujet de quatorze individus mutilés de Pacatnamu (Pérou: 1270 ± 110 de notre ère), S. Vanin et coll. (2009) concernant un soldat de la première guerre mondiale (Italie), J.-B. Huchet et B. Greenberg (2010) pour une tombe de la culture Mochica (Pérou, I-VIII^e siècle de notre ère) et enfin L. G. Lynch et E. Reilly (2011) à propos d'une sépulture double d'époque médiévale (Kildimo, Irlande).

Dans d'autres cas, ce n'est pas de la composition des assemblages d'insectes mais plutôt de l'absence de certains groupes écologiques que l'on va avoir accès à certaines informations sur l'histoire *post mortem* de certains individus. Les investigations conduites sur *L'Homme de Lindow*, célèbre corps momifié naturellement dans une tourbière à Lindow Moss (Angleterre) (Girling 1986; Skidmore 1986; Dinnin et Skidmore 1995), ont révélé une excellente conservation de très nombreux insectes permettant de caractériser l'environnement immédiat du cadavre au moment du dépôt. L'absence totale de d'espèces nécrophages a conduit ces différents auteurs à suggérer que le corps avait été très rapidement submergé dans les marais.

4.3.b. Saisonnalité des décès

Si les sclérites d'**arthropodes** provenant de contextes funéraires archéologiques ne peuvent évidemment pas prétendre à l'estimation de l'Intervalle *post mortem* (IPM), la connaissance de la **phénologie** (périodes d'activité) des insectes d'intérêt **forensique** permet cependant de proposer des hypothèses sur la période de l'année à laquelle les décès ont pu se produire. R. M. Gilbert (1966) puis B. M. Gilbert et W. M. Bass (1967), par l'étude des restes d'insectes (diptères Calliphoridae) présents dans les tombes d'indiens Arikara (Dakota), montrèrent qu'il était possible d'estimer, avec toutefois une fourchette chronologique relativement large, la saisonnalité des inhumations. En France, l'étude d'un riche assemblage d'insectes provenant d'un sarcophage du X^e siècle, attribué à Guillaume Taillefer, Comte de Toulouse, permit d'estimer que le décès (inconnu des historiens) avait vraisemblablement eu lieu au début du printemps (mars-avril) (Huchet 1996; Huchet et Gallis 1996). La présence combinée d'*Ophyra leucostoma* (Wiedemann) et d'une chrysalide du lépidoptère *Cydia splendana* (Hubner) (Tortricidae) figurant parmi le bourrage végétal ayant servi à l'embaumement du Cardinal Giulio della Rovere (1533-1578) ont conduit les auteurs (Masetti et coll. 2008) à proposer une date de décès durant

l'été. Ces résultats furent corroborés par les sources historiques qui indiquent que le Cardinal est mort le 3 septembre 1578. D'autres estimations de la saisonnalité du décès réalisées par l'étude des assemblages d'insectes thanatophages ont été récemment proposées par M. H. Fugassa et coll. (2008) sur des restes humains datés de 212 ± 35 ans en Argentine et sur un soldat italien de la première guerre mondiale (Vanin et coll. 2009).

5. Les insectes des momies

L'intérêt pour les momies, et plus spécifiquement celles d'Égypte, remonte à l'Antiquité. C'est à travers les récits d'Hérodote (*l'Enquête*, V^e siècle av. J.-C.) que les différents procédés anthropiques de momification pratiqués par les anciens embaumeurs sont parvenus jusqu'à nous.

Qu'il s'agisse de momies naturelles ou préparées par d'antiques **thanatopracteurs**, un examen attentif révèle presque toujours la présence d'insectes. Ces derniers sont le plus souvent des espèces nécrophages liées aux premières phases de décomposition *post mortem* ou d'autres formes, **kératophages** et/ou détritiphages, intervenant ultérieurement lorsque les corps sont en état de dessiccation avancé. L'aridité du climat tout autant que les procédés d'embaumement et de momification des restes humains ont eu pour conséquence indirecte de préserver les insectes.

Comme l'attestent divers chapitres du *Livre des Morts*, les insectes étaient un souci majeur des embaumeurs. Pour accéder à la résurrection solaire il était nécessaire que le corps puisse préserver son intégrité et donc soit donc protégé des attaques successives des invertébrés (Guilhou 1994, 2006). Bien que la nature des divers baumes utilisés par les **thanatopracteurs** antiques demeure pour partie inconnue, l'hypothèse que ces substances aient contenu des répulsifs ou insecticides est fortement suggérée (Huchet 1995).

5.1. Les précurseurs

C'est au naturaliste italien A. Vallisnieri (1713) que l'on doit la première représentation d'un insecte provenant d'une momie égyptienne. Bien que représenté sous des traits quelque peu anthropomorphiques⁵ (fig. 15.3), la présence de processus latéraux et dorsaux sur le spécimen figuré permet de reconnaître la larve, ou plus probablement le **puparium**, d'un diptère du genre *Fannia* Robineau-Desvoidy (Fanniidae). Les

⁵ On remarque notamment la présence d'yeux alors que les stades immatures de diptères sont dépourvus de cet organe.

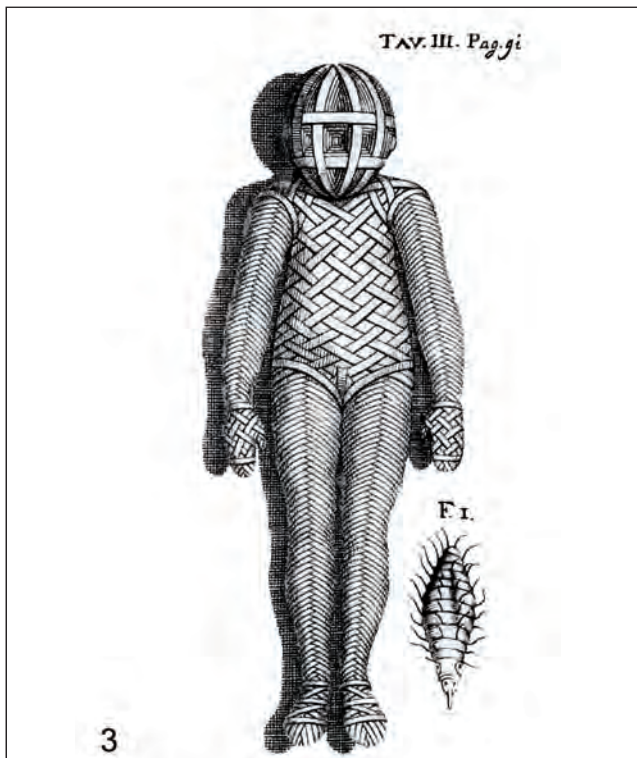


Fig. 15.3: Momie égyptienne accompagnée d'un représentant du genre *Fannia* R.-D. (Diptera: Fanniidae) (d'après Vallisnieri 1713).

restes d'une espèce du même genre (*Fannia canicularis* (L.)) ont été depuis découverts dans une momie égyptienne d'époque **ptolémaïque** (Gerisch 2001). Les diverses espèces de Fanniidae sont connues pour se développer dans des cadavres en état de décomposition relativement avancé.

En 1812, le célèbre égyptologue J.-F. Champolion, lors de l'autopsie d'une momie, relate la découverte d'un petit coléoptère Cleridae (*Necrobia rufipes* DeGeer), hôte classique des cadavres desséchés: « *Ce fut en examinant les mains attentivement que nous aperçûmes, dans l'interstice des doigts, plusieurs coléoptères morts, de couleur rose-violet dans tout son éclat...* ».

Depuis ces premières découvertes, de très nombreuses autres momies d'Égypte ou d'autres continents ont fait l'objet d'investigations archéoentomologiques (Alluaud 1908; Alfieri 1931; David 1978; Curry 1979; Harrison 1986; Macke et Macke-Ribet 1994; Huchet 1995; Gerisch 2001 *inter alia*). Parmi les plus célèbres, nous citerons celle de Ramsès II (Steffan 1982, 1985) ayant révélé la présence des coléoptères *Dermestes frischii* Kug., *Thylocladius contractus* Mots. (Dermestidae) ainsi que *Lasioderma serricornis* (F.) (Anobiidae). La découverte de cette dernière espèce, tristement célèbre pour les dégâts qu'elle provoque sur les plants de tabac, a fait couler beaucoup d'encre puisque cette plante (notam-

ment l'espèce *Nicotiana tabacum* L.) est originaire du Nouveau Monde et ne fut importée en Europe qu'au XV^e siècle par Christophe Colomb. D'autres espèces de coléoptères telles *Stegobium paniceum* L. (Anobiidae) et *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Tenebrionidae) retrouvées simultanément dans des momies péruviennes (Riddle et Vreeland 1982), dans la tombe de Toutankhamon (Alfieri 1931) et dans des niveaux archéologiques d'époque romaine (Hall et Kenward 1990) sont venues alimenter les hypothèses de voyages transocéaniques précolombiens (soit avant 1492) et de contacts entre l'Ancien et le Nouveau Monde à des époques reculées (Sorenson et Raish 1996; Sorenson et Johannessen 2004; Jett 2003).

5.2. Chrysomya, Dermestes et Necrobia

À l'encontre de la plupart des expertises médico-légales où les diptères sont généralement majoritaires, l'entomofaune des momies montre une très nette prédominance de coléoptères. B. Gerisch (2001) a pu mettre en évidence que pour les momies égyptiennes cet ordre représentait à lui seul près de 75 % des espèces contre 20 % pour les diptères (les hyménoptères et blattoptères constituant principalement les **taxons** restants). Cette sous-représentation des diptères peut être attribuée à divers paramètres d'ordre biologique et/ou anthropique :

- dessiccation très rapide des cadavres en contexte aride limitant la colonisation du corps par les mouches thanatophages,
- processus anthropiques de momification (les égyptiens procédaient à un lavage soigneux des corps après leur séjour dans les sels de natron).

Enfin, la plupart des larves de mouches quittent leur substrat nourricier pour s'empurger à quelques distances du cadavre. Ce comportement migratoire a très certainement influé sur leur représentation au sein des momies.

Comme cela est généralement le cas en contexte archéologique, ce sont les puparia qui vont attester de leur présence. On les retrouve fréquemment englués dans les baumes et résines internes. Les femelles gravides pondant préférentiellement au niveau de larges plaies, lorsque ces dernières existent, il est probable que la fente d'éviscération abdominale pratiquée par les embaumeurs ait constitué un site d'accès privilégié pour l'**oviposition** (Huchet 2010a, b).

En Égypte, l'espèce la plus fréquemment retrouvée sur les restes humains momifiés est *Chrysomya albiceps* (Wied.) (Calliphoridae) (fig. 15.4). Sa présence aux temps pharaoniques est attestée par des découvertes récurrentes dans diverses momies: tombe des « deux

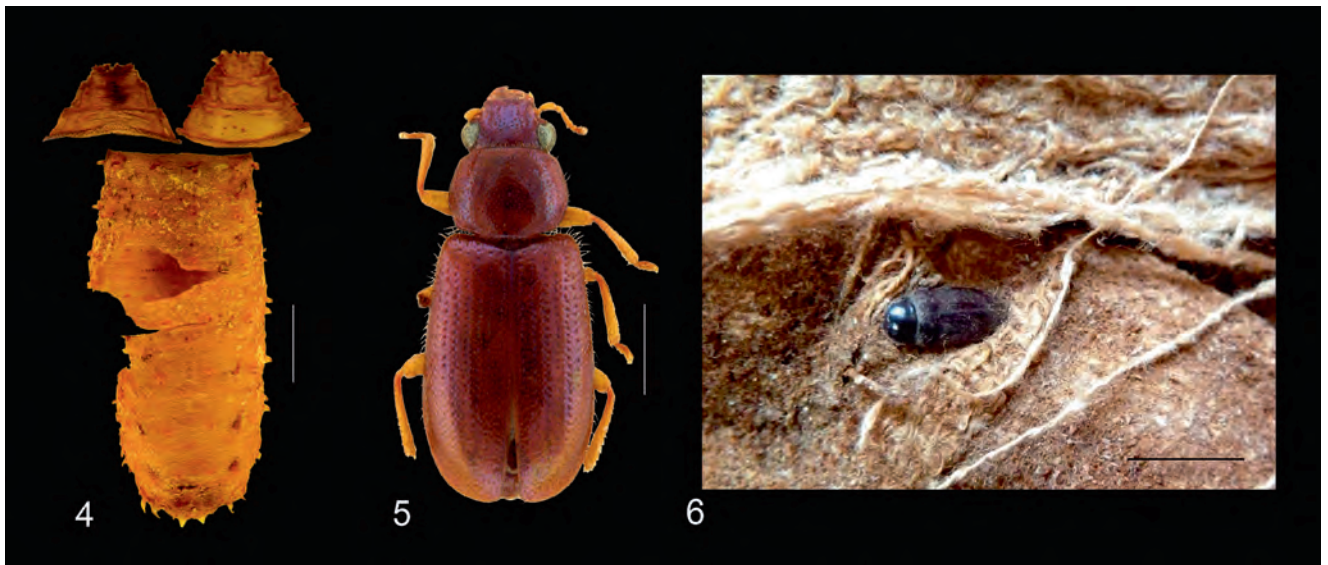


Fig. 15.4: Puparium du diptères *Chrysomya albiceps* (Wied.) (Calliphoridae) provenant de l'abdomen de la momie du prêtre égyptien *Namenkhet Amon* (XXVe-XXVI^e dyn.) (d'après Huchet, 2010). Photo H.-P. Aberlenc, CBGP / Montpellier 2007 (échelle: 1 mm).

Fig. 15.5: *Necrobia rufipes* DeGeer (Coleoptera: Cleridae) provenant de la momie du prêtre égyptien *Namenkhet Amon* (XXVe-XXVI^e dyn.) (d'après Huchet, 2010). Photo H.-P. Aberlenc, CBGP / Montpellier 2007 (échelle: 1 mm).

Fig. 15.6: *Dermestes frischii* Kug. (Coleoptera: Dermestidae) découvert après débandelettage d'une momie égyptienne de la XXII^e dynastie (825–800 av. J.-C.). (Musée Anne de Beaujeu, Moulins, Allier, n^o invent. 4.2.2). © C2RMF/ N. Timbart (échelle: 10 mm).

frères» (David 1978; Curry 1979), momie «1777» (XXV^e dyn.) (David 1978; Curry 1979; David et Tapp 1992), Pum III (Riddle 1980) et «1770» (Harrison 1986). Elle figure également dans les assemblages entomofauniques de la momie du prêtre *Namenkhet Amon* (430–450 av. J.-C.) (Huchet 2010a, b) ainsi que dans les résidus organiques internes d'une momie de la XXII^e dynastie (825–800 av. J.-C.) (Huchet, inédit). De nos jours, *C. albiceps* reste l'espèce nécrophage la plus fréquente en Égypte (Omar 1995). Elle compte parmi les meilleurs indicateurs de l'IPM en contexte médico-légal. D'autres diptères, plus occasionnels, sont également cités des momies: *Piophilha casei* (L.) dite «la mouche du fromage» (Sandison 1957; Cockburn et coll. 1975). D'une taille réduite, *P. casei* intervient plus tardivement sur les cadavres, attirée par les acides gras volatils libérés lors de la phase de fermentation caséique (Smith 1986; Lefebvre et Gaudry 2009; Martín-Vega 2011).

Trois principales familles de coléoptères figurent parmi les hôtes habituels des momies: les Dermestidae, les Cleridae et les Anobiidae (incluant désormais les Ptininae et Gibbiinae).

Persuadé, à tort, que les momies comportaient une entomofaune spécifique disparue de nos jours, le révérend Père F. W. Hope (1834), sommité entomologique de l'époque, a rebaptisé, sous des noms évocateurs, divers

insectes des sarcophages: *Necrobia mumiarum* Hope («la nécrobie des momies») (qui n'est autre que *Necrobia rufipes*) (fig. 15.5) ou encore *Dermestes pollinctus* Hope («le dermestes des embaumeurs»), qui n'est qu'un synonyme de *Dermestes frischii* Kugellann (fig. 15.6).

Diverses espèces du genre *Dermestes* (notamment *D. frischii* Kug., *D. maculatus* Deg., *D. ater* Deg.) ainsi que *Necrobia rufipes* figurent parmi les espèces les plus fréquemment associées aux momies. Leur présence au sein des bourrages internes ou à l'intérieur du crâne après débandelettage atteste leur contemporanéité avec leur «hôte». S'agissant d'insectes intervenant généralement tardivement dans les processus de décomposition, leur découverte, combinée avec la présence de puparia de diptères Calliphoridae (*Calliphora* spp., *Chrysomya albiceps*), vient corroborer les récits d'Hérodote qui indique que les processus de momification se prolongeaient sur plusieurs semaines (Macke et Macke-Ribet 1994; Huchet, 2010a, b).

6. Empreintes et traces d'insectes en contexte funéraire: l'approche ichnologique

Lorsque les conditions environnementales ne sont pas favorables à la préservation de l'exosquelette des

insectes, la présence de ces derniers est parfois révélée par leurs empreintes ou les stigmates d'activité qu'ils laissent tant sur divers matériaux allogènes présents dans la tombe (tissus, métaux, céramiques) que sur les ossements. L'analyse, la description et l'interprétation de ces artefacts s'inscrivent dans le registre de l'**ichnologie** (du grec *iknos*: « empreinte, trace »), discipline étudiant les interactions entre l'organisme et le substrat dans lequel l'empreinte va s'imprimer et se conserver. L'application des principes et méthodes de cette science au domaine particulier de l'archéologie a conduit A. Baucon et coll. (2008) à proposer le terme d'ichnoarchéologie. En contexte funéraire, les traces ou empreintes d'insectes pouvant être répertoriées peuvent être de nature physico-chimique (minéralisation) ou résulter de processus pré- ou post-dépositionnels liés à l'activité de divers hexapodes. L'identification de ces agents biotiques est d'un intérêt majeur pouvant permettre de reconstituer, *a posteriori*, la thaphocénose de la tombe.

6.1. La minéralisation

La corrosion de certains métaux, notamment le cuivre, le fer ou le bronze produit, en se dégradant, des solutions de sels métalliques qui recouvrent, imprègnent et finalement remplacent la matière organique sous une forme minéralisée⁶. L'examen minutieux d'artefacts en métal présents dans certaines tombes permet parfois de mettre en évidence des empreintes d'insectes qui témoignent de l'activité « fossile » de ces derniers sur les restes humains enfouis (Hirst 1985; Janaway 1987; Robinson 2001; Grote et Benecke 2001). Ces substitutions d'une matière organique par une matière inorganique reproduisant fidèlement l'organisme primitif se nomment pseudomorphes. Lorsque les processus **diagénétiques** conduisent à la dissolution complète du squelette, ces derniers sont parfois les seuls indices de la présence d'un corps (Huchet, inédit).

Selon la nature des métaux, la corrosion produit des artefacts distincts : empreintes négatives des structures externes au contact du fer (Keepax 1975) ou répliques positives des restes organiques en présence d'alliages de cuivre (Gillard et Hardman 1996). Dans certains cas, la préservation de certaines structures externes taxonomiquement informatives autorise l'identification spécifique des spécimens minéralisés.

⁶ Ces processus de minéralisation se produisent également dans divers autres milieux riches en phosphate de calcium ou en calcaire telles les latrines ou les fosses comprenant des restes osseux, des tessons de céramique ou encore des excréments (Green 1979; Ruas 1986).

Dans la littérature, la plus ancienne citation de puparia de diptères fixés par la corrosion semble pouvoir être attribuée à F. Hochstetter (1878). Les empreintes, présentes sur une boucle de ceinture en bronze, proviennent d'une tombe de la période Hallstatt (env. 750 ans av. J.-C.). En 1956, l'entomologiste M. Beier conduisit une étude détaillée des artefacts et identifia ces impressions comme celles de Calliphoridae. L'examen additionnel de deux fers de lance du même contexte révéla l'existence de très nombreux pseudomorphes attribuables à des diptères Fanniidae (*Fannia canicularis*?). M. Beier suggéra alors que ces derniers étaient vraisemblablement liés à la présence d'offrandes d'origine animale qui se seraient décomposées *in situ*.

Un riche assemblage d'insectes nécrophages préservés par corrosion a pu être décrit de diverses tombes anglo-saxonnes (VI-VIII^e siècles de notre ère) (Turner-Walker et Scull 1997). Des empreintes d'élytres attribuables au coléoptère *Rhizophagus parallellocollis* ainsi que de très nombreux pseudomorphes de puparia de *Conicera tibialis* et d'*Ophyra sp.* ont pu être identifiés. Leur localisation au niveau des plis de tissus et des artefacts métalliques placés sur les individus indique que les larves ont abandonné les cadavres pour migrer vers ces emplacements au moment de la nymphose. Plus récemment, de très nombreux restes de puparia de diptères attribuables à *Ophyra capensis* (Wied.) ou *O. leucostoma* (Wied.) (Muscidae) ainsi que les restes du coléoptère *Trox scaber* (L.) (Trogidae) ont pu être identifiés au sein du matériel organique mis au jour dans une tombe du VI^e siècle de notre ère au Royaume-Uni (Robinson 2001). U. Grote et M. Benecke (2001) ont également pu mettre en évidence les restes minéralisés de très nombreux puparia attribuables à des diptères Calliphoridae dans des sépultures d'époque médiévale à Wesel-Bislich (Allemagne) (fig. 15.7 et 15.8). La récurrence, au sein du mobilier funéraire, d'accessoires en métal déposés au contact des défunts (épées, éléments de parure, plaques de ceinturons...) a largement contribué à la minéralisation des structures organiques. À l'encontre de certains **taxons** ayant propension à coloniser les cadavres profondément enfouis (certains Muscidae, Phoridae...), l'**oviposition** des Calliphoridae ne peut ordinairement s'effectuer que si le corps est accessible ou enseveli à une profondeur n'excédant pas quelques décimètres (Lundt 1964; Nuorteva 1977; Rodriguez et Bass 1985). Leur présence dans des sépultures profondes indique que la colonisation a eu lieu durant la phase pré-sépulcrale. Dans l'exemple cité ici, l'inhumation en **espace vide** (chambres funéraires en bois ou troncs d'arbres évidés) a permis le développement ontogénique des diptères

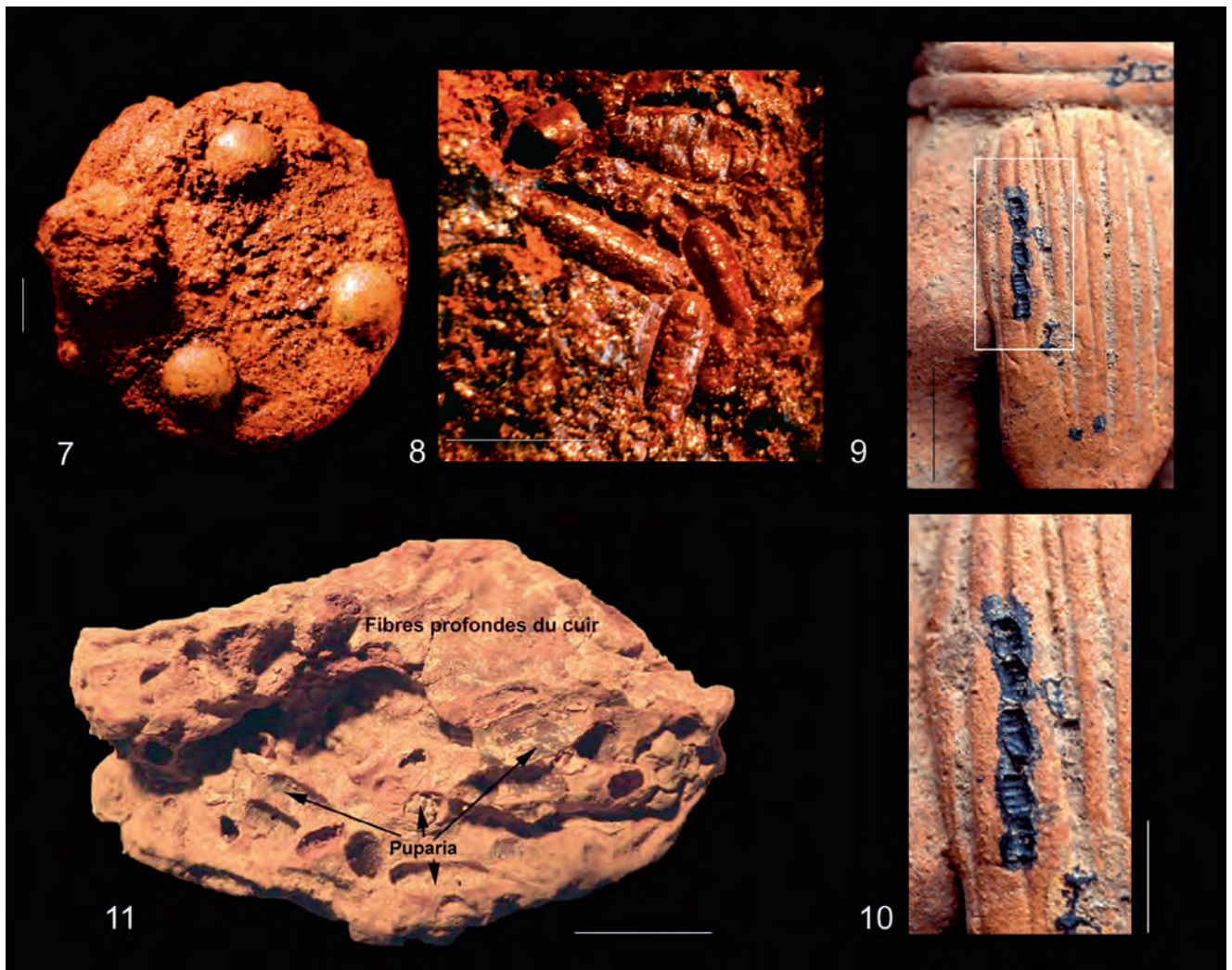


Fig. 15.7: Boucle de ceinture en fer corrodé par la rouille provenant d'une sépulture d'époque médiévale ayant permis la minéralisation de puparia de diptères Calliphoridae (Tombe 628, Wesel-Bislich, Allemagne) (d'après Grote et Benecke 2001). © Mark Benecke 2013 (échelle: 20 mm)

Fig. 15.8: Détail des puparia préservés par minéralisation sur la boucle de ceinture. © Mark Benecke 2013 (échelle: 5 mm).

Fig. 15.9: Céramique provenant d'une tombe datant de deux millénaires (Huitzilapa, Mexique) présentant les empreintes minéralisées de puparia de diptères sur sa partie externe. © Robert B. Pickering, Gilcrease Museum, Tulsa, USA (échelle = 10 mm).

Fig. 15.10: *Idem.* Détail des puparia (échelle = 5 mm).

Fig. 15.11: Empreintes de puparia sur un fragment de cuir provenant d'une sépulture datée de la transition Bronze final IIIb/Hallstatt ancien (env. 800 av. JC) (Ruvigny, Aube). Photo M.-F. Turlier, Univ. de Bourgogne (échelle: 10 mm).

au sein de la tombe dont les empreintes minéralisées se sont conservées jusqu'à nous. Bien qu'il ait pu être démontré que certains Calliphoridae (genre *Calliphora* notamment) pouvaient être actifs en période froide (Faucherre et coll. 1999; Wyss et coll. 2003; Charabidze et coll. 2012 *inter alia*), leur période d'activité maximale s'échelonne principalement du printemps à l'automne. Ces faits d'ordre biologique ont conduit U. Grote et M. Benecke (2001) à suggérer que les

décès des individus avaient vraisemblablement eu lieu au cours de ce segment temporel.

En l'absence de contact direct avec les métaux, certains processus physico-chimiques combinés à l'activité de bactéries spécifiques (*Metallogenium spp.*, *Leptothrix discophora*) peuvent également conduire à la minéralisation de la matière organique sur des supports très variés. L'anthropologue R. Pickering (Pickering 1997; Pickering et coll. 1998; Pickering et

Cuevas 2003a, b) a pu mettre en évidence la présence de nombreuses structures ovoïdes en relief de moins de cinq millimètres de longueur solidement fixées sur les céramiques déposées en offrandes dans des chambres funéraires dites «à puits» datant de deux millénaires (Huitzilapa, Mexique) (fig. 15.9 et 15.10). Dans ce cas précis, il a pu être démontré que la minéralisation des puparia sur les céramiques était due à l'action conjointe de bactéries et de la percolation dans la tombe d'eau chargée de métaux dissous. N. Haskell, chargé de l'identification des empreintes fossilisées sur les parois des poteries, a pu établir que ces dernières correspondaient vraisemblablement à celles de diptères Phoridae (R. Pickering, comm. pers. 2013). La présence d'éléments organiques (dans le cas présent les puparia) permettent de combiner différentes méthodes de datation (ex: la *thermoluminescence* pour les terres cuites et le C14 pour les stades immatures de diptères) et ainsi de proposer des éléments fiables pour la datation des céramiques. Enfin, la préservation de puparia sur les poteries est un élément discriminant pour authentifier les céramiques funéraires précolombiennes des nombreuses copies dues aux faussaires (Pickering 1998; Pickering et coll. 1998).

C'est vraisemblablement par un processus analogue de minéralisation que des empreintes de puparia ont pu s'imprimer sur des fragments de cuir provenant d'une sépulture datée de la transition Bronze final IIIb/Hallstatt ancien (env. 800 av. JC) à Ruvigny (Aube, France). La corrosion des métaux en milieu humide, en produisant des produits toxiques à de nombreux micro-organismes, inhibe la dégradation microbiologique des artefacts organiques (Barford 1979). Bien que les restes osseux soient lacunaires et mal conservés, la pièce de cuir prélevée contre le crâne a révélé les empreintes de nombreux puparia (fig. 15.11). Ces impressions témoignent d'une activité des larves de diptères sur les corps enfouis qui ont subséquemment colonisé les lambeaux de cuir pour s'empuper. La taille des empreintes (7 à 10 mm) suggère que ces dernières se rapportent à l'une des trois principales familles de diptères *cyclorrhaphes* intervenant sur cadavre frais ou dans les premières phases de décomposition *post mortem* (Calliphoridae, Muscidae ou Sarcophagidae).

6.2. Lésions ostéolytiques perpétrées par certains insectes sur des restes humains

Si le rôle des insectes nécrophages comme «horloge biologique» dans l'estimation de l'intervalle *post mortem* est bien connu et largement utilisé en criminalistique (Smith 1986; Anderson 2001; Byrd et Castner 2009 *inter alia*), leur implication dans les

processus taphonomiques de dégradation ostéolytique reste pour l'heure peu documentée. Différents ordres d'*arthropodes* sont pourtant à l'origine de *bioérosions* significatives sur des ossements de faune et squelettes humains. La reconnaissance de ces lésions, souvent spectaculaires, est de toute importance dans la compréhension et l'interprétation de certains phénomènes taphonomiques pré- ou post-dépositionnels. En outre, les atteintes perpétrées sur la *matrice* osseuse simulent parfois certaines pathologies osseuses dégénératives ou infectieuses (*pseudopathologies*) qu'il convient d'identifier lors du diagnostic étiologique rétrospectif (Huchet sous presse). Certains de ces artefacts, telles certaines perforations circulaires présentes sur le crâne, peuvent en outre suggérer des atteintes d'origine traumatique voire mimer certaines interventions anthropiques *circa-* ou *post mortem* (impacts de projectiles, trépanation,...).

Pour une grande part, les données relatives à l'ostéophagie de certains insectes nous viennent du registre paléontologique. De nombreux «paléoichnologues», selon la terminologie consacrée, ont ainsi décrit de multiples lésions ostéolytiques sur des ossements de dinosaures (Paik 2000; Roberts et coll. 2007; Britt et coll. 2008; Chin et Bishop 2008; Bader et coll. 2009 *inter alia*) ou sur des formes éteintes de mammifères terrestres (Martin et West 1995; Kaiser 2000; Laudet et Antoine 2004; Dominato et coll. 2009 *inter alia*). Sur restes humains, quatre ordres d'insectes ont pu être identifiés comme agents taphonomiques à l'origine d'atteintes osseuses: les coléoptères Dermestidae (genre *Dermestes* L.), les hyménoptères (guêpes et abeilles fouisseuses), les isoptères (termites souterrains), enfin les larves de certains diptères *sarco-saprophages*.

6.2.a. Les *Dermestes* (Coléoptères)

La phase finale de décomposition d'un corps exposé à l'air libre attire une certaine catégorie d'insectes étroitement spécialisés: les *Dermestes* (Dermestidae). Ces derniers et leurs larves, essentiellement *dermatophages* et *kératophages*, s'attaquent aux tissus, phanères et autres desquamations qu'ils rongent et dilacèrent. Au moment de la nymphose, la larve creuse une loge ovoïde ou elliptique (chambre de pupation) dans le substrat adjacent, quelque soit la nature de ce dernier: le plâtre, le bois mais également l'os. Sur les ossements, ces perforations très caractéristiques sont visibles lorsque ceux-ci sont totalement décharnés.

Les traces résultant de l'action des *Dermestes* sur os fossiles ont fait l'objet d'une étude très détaillée (Martin et West, 1995). Elles ont été identifiées sur des os de dinosaures du Jurassique (Hasiotis et

coll. 1999) et du Crétacé (Rogers 1992). Concernant les mammifères, les plus anciens ichnofossiles proviennent du Tertiaire (Rhinocerotidae des Phosphorites du Quercy) (Laudet et Antoine, 2004). Comme le souligne ces auteurs, ces interactions entre insectes et vertébrés demeurent exceptionnelles.

La durée du cycle larvaire des *Dermestes* est intimement liée à la température, l'humidité ainsi que le type et la quantité de nourriture disponible (Hinton 1945). Bien que certains *Dermestes* adultes aient parfois été observés sur des cadavres humains lors des phases initiales de décomposition (Early et Goff 1987; VanLaerhoven et Anderson 1999), l'optimum de l'activité larvaire a lieu sur des corps en état de dessiccation avancée (Kulshrestha et Satpathy 2001; Voss et coll. 2008; Byrd et Castner 2009). La colonisation intervient ordinairement une à deux semaines après la mort (Martin et West 1995; Richards et Goff 1997), toutefois, en vertu de certains facteurs externes (températures, saison du décès...), l'infestation survient parfois plusieurs mois après la mort (Anderson et VanLaerhoven 1996; Kulshrestha et Satpathy 2001). Pour être exploités par les *Dermestes*, il est nécessaire que la peau et les muscles subsistent sur toute la durée du cycle et qu'en outre les températures journalières soient supérieures à 15°C (Richardson et Goff 2001). La durée totale du cycle biologique varie de 5 à 15 semaines (de 42 à 46 jours en moyenne lorsque les conditions sont optimales (Hinton 1945)). Pour éviter la prédation ou le cannibalisme intra-larvaire, les larves matures creusent alors une chambre de pupation dans le substrat le plus proche (Archer et Elgar, 1998). Ces chambres, d'un diamètre externe de 3 à 4 mm, sont le plus souvent regroupées (Martin et West 1995).

L'étude récente de restes osseux humains datant de l'âge du Bronze (Israël) (2100-1550 av. J.C) (Huchet et coll. 2013) (fig. 15.12 et 15.13) a permis de mettre en évidence des chambres de pupation analogues à celles décrites sur des os de faune (Hasiotis et coll. 1999; West et Martin 2002; Martin et West 1995; Britt et coll. 2008; Bader et coll. 2009 *inter alia*). La nymphose des *Dermestes* ayant lieu en surface, la présence de ces chambres de pupation suggère que la phase d'**excarnation** des individus s'est effectuée à l'air libre et que les cadavres (ou une partie de ces derniers), ont fait l'objet d'une exposition antérieure à l'enfouissement (ou à l'inhumation) de plusieurs semaines avant leur placement dans des tombes ou ossuaires.

6.2.b. Les guêpes et abeilles fousseuses (Hyménoptères)

Certaines **bioérosions** post-dépositionnelles résultent de processus purement fortuits, liés notam-

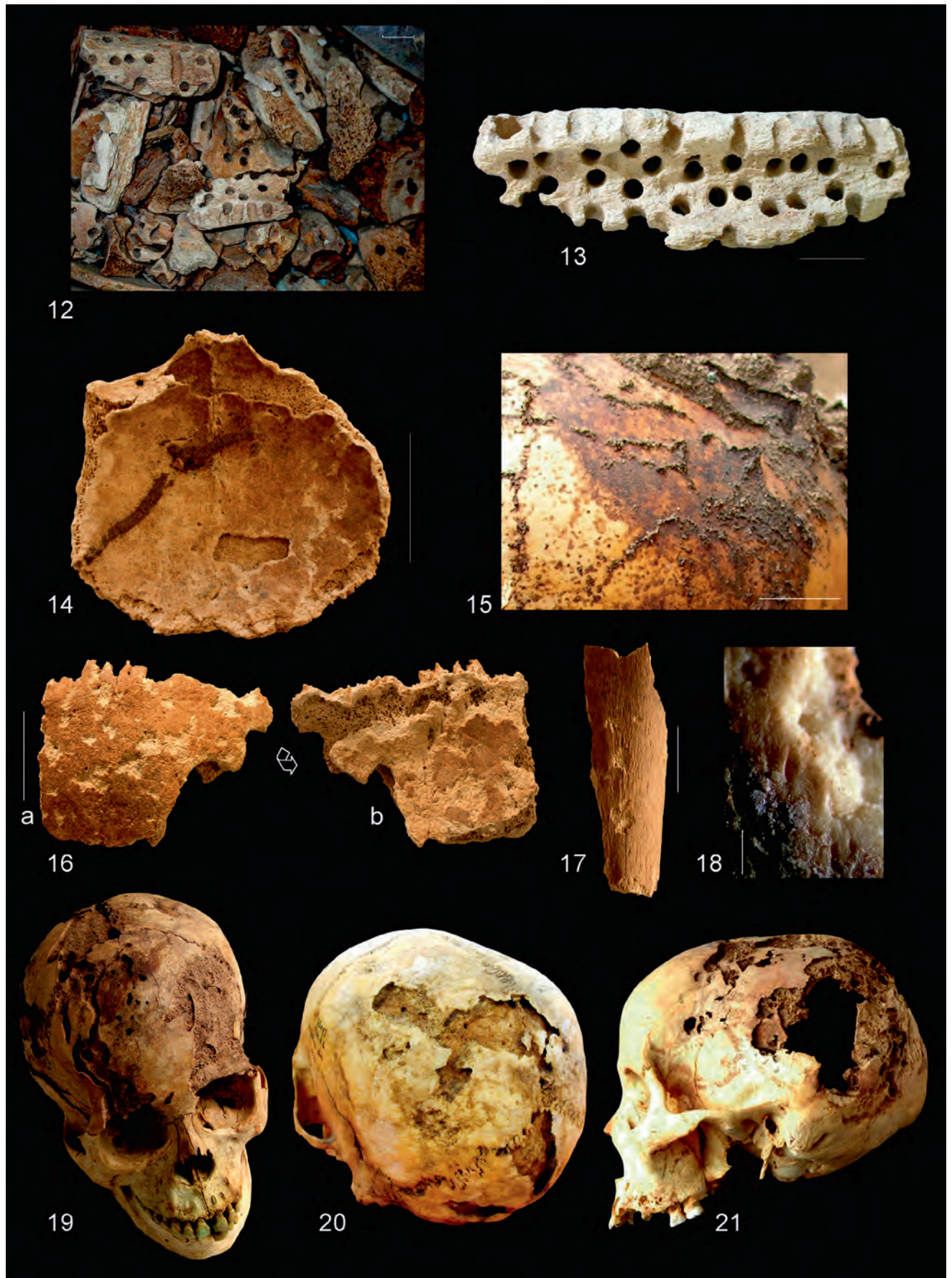
ment à l'activité fousseuse de divers insectes nidifiant dans le sol. Lors de la fouille d'une nécropole d'époque romaine (IV^e-V^e siècle A.D.) en Sardaigne, l'anthropologue E. Pittoni (2009) a pu mettre en évidence que les énigmatiques lésions ostéolytiques observées sur plus de la moitié des squelettes résultaient de l'action excavatrice d'hyménoptères Halictidae et Sphecidae encore en activité sur le site. Dans ce cas particulier, les ossements, fragilisés par les processus de **diagenèse**, ont constitué un matériau privilégié dans l'élaboration de chambres de nidification. Bien que plusieurs parties du squelette aient été affectées, les **bioérosions** les plus remarquables se situent au niveau du crâne. Elles se présentent sous l'aspect de perforations circulaires, superficielles ou perforantes, d'un diamètre variant de 2 à 20 mm, en relation avec la dimension corporelle des **taxons** incriminés. En raison de leur conformation et topographie, la reconnaissance de ces lésions ostéolytiques est de toute importance puisque celles-ci peuvent simuler certaines pathologies osseuses dégénératives ou infectieuses (myélome multiple des os, ostéomyélite, périostite, syphilis, ...) pouvant conduire à un **diagnostic rétrospectif** erroné.

6.2.c. Les termites souterrains (Isoptères)

D. Derry (1911) est le premier auteur à avoir mis en évidence que certaines altérations osseuses présentes sur des squelettes humains de Nubie se rapportaient à l'action de termites. Les observations antérieures de ces lésions avaient conduits les anthropologues D. Fouquet (1897) puis E. Lortet (1907) à interpréter ces atteintes comme la preuve évidente de l'existence de la syphilis sur le continent africain durant les périodes préhistoriques.

Depuis la publication de D. Derry, plusieurs cas similaires ont été décrits de divers lieux du globe : Asie (Light 1929), Afrique (Sampson 1964; Dastugue et Gervais 1992: pl. II), Australie (Wood 1976; Wylie et coll. 1987; Bonney et Clegg 2011) et Amérique du sud (Guapindaia 2008; Huchet et coll. 2011; Schefrahn et Huchet 2010).

Dans un contexte archéologique plus récent, l'anthropologue D. Danielson (2005), chargé du rapatriement des dépouilles de soldats américains ayant péri lors de crashes aériens (Vietnam, Laos, Papouasie-Nouvelle-Guinée), a pu mettre en évidence que l'intégralité des squelettes présentait des atteintes ostéolytiques majeures liées à l'action des termites. La présence de nombreux isoptères à l'intérieur de la cavité médullaire des os longs au moment de la découverte des restes humains ne laisse subsister aucun doute quant à l'identité de l'agent responsable des lésions.



Les termites sont classiquement divisés en trois groupes écologiques: les termites de bois sec, les termites de bois humide et les termites souterrains. Les investigations conduites sur le comportement ostéophage de certains isoptères montrent que cette activité est apparemment spécifique aux termites souterrains. Selon B. L. Thorne et R. B. Kimsey (1983), l'exploitation ponctuelle de restes osseux par ces termites permettrait de pallier certaines carences en azote, élément pouvant être déficient dans le cas d'un régime strictement **xylophage** (cellulose). Bien que les os frais semblent ordinairement plus attractifs pour les termites (Watson et Abbey 1986; Haynes 1991; Backwell et coll. 2012), les termites altèrent également des ossements déjà fortement engagés dans les processus de **diagenèse**, que ces derniers soient enfouis ou non (Huchet sous presse).

L'analyse des ossements dégradés par les termites permet de distinguer différents gradients d'altérations ostéolytiques, classés selon un degré croissant de destruction: empreintes superficielles de galeries-tunnels au niveau de la **corticale** (fig. 15.14 et 15.15), abrasion locale ou plus ou moins généralisée de l'os compact pouvant atteindre le diploe (fig. 15.16a et b), atteintes plus profondes comprenant notamment

des cupules, fossettes, perforations et galeries sous **corticales** (fig. 15.19, 15.20 et 15.21), enfin destruction complète de certaines pièces osseuses (fig. 15.21). Parmi les signatures les plus caractéristiques de l'activité des termites sur les ossements, on retiendra les traces surfaciques «en étoile» qui correspondent aux sillons laissés par les mandibules sur la surface de l'os et en périphérie des perforations (fig. 15.17 et 15.18).

Selon que les ossements aient été enfouis ou soient restés exposés à l'air libre, les lésions sont, respectivement, plus ou moins généralisées à l'ensemble du squelette ou localisées sur la face des éléments osseux en contact avec le substrat.

6.2.d. Les larves de mouches (diptères)

Les larves de mouches nécrophages ont une digestion extra-orale (exodigestion), ce qui signifie qu'elles rejettent leurs sucs digestifs directement sur le substrat qui va se liquéfier sous l'action des enzymes présentes dans les glandes salivaires. S. Pollak et C. Reiter (1988) ont pu mettre en évidence que ces régurgitations gastriques pouvaient parfois occasionner des lésions ostéolytiques perforantes sur certaines régions d'os lamellaire mimant à s'y méprendre certains impacts d'armes à feu. En contexte archéologique,

Fig. 15.12: Fragments de diaphyses d'os longs humains (Jéricho, Israël, Bronze Moyen, 2100-1550 av. J.-C.) présentant de très nombreuses perforations correspondant à des chambres de pupation de *Dermestes* sp. (Coleoptera: Dermestidae). Photo S. Blau 2006 (échelle: 10 mm).

Fig. 15.13: *Idem*. Détail d'un fragment de diaphyse (Huchet et al. 2013). Photo S. Blau 2006 (échelle: 10 mm).

Fig. 15.14: Galerie du termite souterrain *Amitermes lunae* Scheffr. (Isoptera: Termitidae) sur la face endocrânienne d'une portion d'os frontal humain (civilisation mochica, Huaca de la Luna, Pérou, I-VIII^e siècle de notre ère). On remarque également diverses lésions ostéolytiques résultant de l'activité des termites à l'intérieur du crâne. Photo C. Favart 2013 (échelle: 5 cm).

Fig. 15.15: Crâne d'un sujet immature (civilisation mochica, Pérou) présentant sur toute sa surface des traces résultant de l'activité du termite souterrain *Amitermes lunae* Scheffr. (Isoptera: Termitidae). Photo A. Chauchat 2008 (échelle: 10 mm).

Fig. 15.16: Fragment de crâne humain (os pariétal) en vues exocrânienne (a) et endocrânienne (b) sévèrement érodé consécutivement à l'action bioérosive des termites. La présence de zones plus claires indiquent qu'une partie des lésions ont été faites sur os sec (civilisation mochica, Huaca de la Luna, Pérou, I-VIII^e siècle de notre ère). Photo C. Favart 2013 (échelle: 5 cm).

Fig. 15.17: Fragment de tibia d'un sujet immature présentant la signature caractéristique des termites souterrains

(traces surfaciques «en étoile») (civilisation mochica, Huaca de la Luna, Pérou, I-VIII^e siècle de notre ère). Photo C. Favart 2013 (échelle: 10 mm).

Fig. 15.18: Lésions «en étoile» générées par les mandibules de termites souterrains sur la table externe d'un crâne d'un sujet immature (île de Saï, Soudan, période Kerma Classique, 1750-1500 av. J.-C.). Photo B. Maureille (échelle: 1 mm).

Fig. 15.19: Crâne mochica (Pérou) présentant des atteintes ostéolytiques majeures dues au termite souterrain *Amitermes lunae* Scheffr. On relève la forte abrasion de l'os frontal et du pariétal droit ainsi que la présence de nombreuses perforations et de galeries subcorticales caractéristiques de l'activité des isoptères. Photo D. Deverly.

Fig. 15.20: Crâne d'époque méroïtique (Aksha, Soudan) dont le pariétal et l'occipital sont sévèrement altérés consécutivement à l'action des termites souterrains. Ces lésions ont été anciennement interprétées comme étant de nature pathologique (syphilis) (collections du laboratoire d'anthropologie du MNHN, Paris, MNHN-HA-25093). Photo E. Hanus 2013.

Fig. 15.21: Crâne égyptien du Moyen Empire (Dayr al-Barsha, 2055-1650 av. J.-C.) présentant des bioérosions notables et la destruction partielle du pariétal consécutivement à l'action de termites souterrains. La topographie des lésions, affectant uniquement le côté gauche du crâne, indique que cette partie reposait sur le sol au moment de l'infestation. © Dr. Tosha Dupras (Univ. of Central Florida) et Dayr al-Barsha Exp., (Kath. Univ. Leuven, Belgique).

J. Gladykowska-Rzeczycka et M. Parafiniuk (2001) ont suggéré que certaines aires lésionnelles atypiques présentes au niveau de la face interne de la voûte crânienne et des vertèbres cervicales d'un individu immature (Pologne, XVIII^e siècle) résultaient vraisemblablement de l'action corrosive des sucs digestifs de larves de diptères dont la présence était attestée par les puparia retrouvés *in situ*.

7. Les ectoparasites : état sanitaire de populations du passé, pratiques culturelles et épidémiologie

De récentes études paléoparasitologiques (Kittler et coll. 2003) indiquent que l'espèce humaine a été très anciennement l'hôte d'ectoparasites spécifiques (poux). Si ces insectes sont les témoins directs de l'état sanitaire des populations passées, ils sont également de précieux auxiliaires pour retracer l'histoire des migrations humaines, voire de pratiques culturelles spécifiques comme l'ont démontré J. Bresciani et coll. (1989) consécutivement à la découverte des nombreux restes de poux dans l'estomac de momies Inuit du XV^e siècle de notre ère.

Si l'on excepte les puces, parasites temporaires à forte mobilité, trois ectoparasites spécifiques peuvent infester l'être humain : le pou du corps (*Pediculus humanus humanus* L.), le pou de la tête (*Pediculus humanus capitis* De Geer) (fig. 15.22) et le pou du pubis (*Phthirus pubis* L.). Parmi ces trois taxons, seul le pou du corps est vecteur d'infections septicémiques majeures tels le typhus exanthématique ou encore la fièvre des tranchées (Desenclos et coll. 2011). Bien que ces trois espèces se retrouvent plus ou moins communément en contexte archéologique, nous ne traiterons ici que de *Pediculus h. humanus* au regard de son intérêt épidémiologique.

H. Zinsser (1935) a pu souligner qu'en temps de guerre, ce parasite a fait davantage de victimes au sein des armées que les combats eux-mêmes. À cet égard, des échantillons de sédiment prélevés dans un charnier contenant les corps de centaines de soldats de l'armée napoléonienne à Vilnius (Lituanie) ont pu mettre en évidence des vestiges de ce parasite (Raoult et coll. 2006). Les recherches d'agents infectieux présents tant dans les restes d'insectes qu'au niveau de la pulpe dentaire des grognards ont révélé la présence de la bactérie *Bartonella quintana* à l'origine de la fièvre des tranchées. En outre, *Rickettsia prowazekii*, responsable de la transmission du typhus, figurait au niveau de la pulpe dentaire de trois des soldats examinés. Il a pu être démontré que 30 % des corps de soldats de la

Grande Armée exhumés souffraient d'infections transmises par les poux et auraient succombé des suites de cette parasitose. D'après les sources historiques, seuls 3000 soldats sur les 25 000 ayant rejoint Vilnius lors de la débâcle auraient survécu (Zinsser, 1935). S'il est logique de penser que le froid et la famine ont également contribué à décimer l'armée napoléonienne, il n'en demeure pas moins que des milliers de soldats ont payé un lourd tribut aux agents pathogènes véhiculés par *Pediculus h. humanus*.



Fig. 15.22 : Pou de tête (*Pediculus humanus capitis* L.) provenant d'une momie égyptienne de la XXII^e dynastie (825–800 av. J.-C.) (Musée Anne de Beaujeu, Moulins, Allier, n° invent. 4.2.2). © C2RMF / D. Robcis.

8. Conclusion

Dans le cortège des sciences bioarchéologiques, l'archéontomologie demeure une discipline marginale et encore peu développée. Toutefois, comme le démontrent les quelques exemples exposés dans ce chapitre, les potentialités offertes par ce champ disciplinaire sont vastes et l'étude des cortèges entomofauniques se révèle être un outil particulièrement efficient dans la compréhension et l'interprétation de faits archéologiques (Pringle 2010). Si, pour une grande majorité des cas, les interprétations se fondent sur les fragments de l'exosquelette des insectes retrouvés *in situ*, la présence de ces derniers au sein de la tombe peut parfois être révélée par leurs traces ou empreintes préservées par des processus physico-chimiques (minéralisation) ou au regard de l'activité bioérosive de certains taxons (ostéophagie). À cet égard, la reconnaissance et la caractérisation de ces lésions ostéolytiques, parce qu'elles miment certaines pathologies (pseudopathologies), présentent un réel intérêt pour les anthropologues et paléopathologistes. De même, selon les taxons incriminés, ces traces d'activité

peuvent contribuer, de manière originale, à la reconstitution de certaines pratiques mortuaires de sociétés anciennes. Enfin, la mise en évidence en contexte archéologique de certains **ectoparasites** vecteurs potentiels d'agents pathogènes est à même de nous renseigner sur la nature de certains épisodes épidémiques historiques.

À l'interface entre les sciences naturelles, les sciences **forensiques** et les sciences humaines, l'archéoentomologie funéraire prend progressivement place au sein des disciplines archéologiques ayant trait à l'étude du monde des morts. L'évolution des techniques d'observation dans la caractérisation de certaines structures taxonomiquement informatives (microscopie électronique, **tomodensitométrie**) combinée aux récentes avancées de la biologie moléculaire et de la **métagénomique** permet d'ores et déjà d'envisager des applications inédites dans un futur proche.

A retenir

- La chitine, constituant principal de l'exosquelette des insectes, à propension à se conserver dans les sédiments sur de très longues périodes (Coope 1986).
- Les restes d'insectes nécrophages associés à des restes humains en contexte archéologique peuvent nous renseigner sur certaines pratiques funéraires de civilisations du passé (Huchet et Greenberg 2010).
- Différents ordres d'insectes altèrent l'os de façon significative. Certaines de ces altérations peuvent parfois être confondues avec des pathologies dégénératives ou infectieuses (Huchet sous presse).

Questions ouvertes

- Les récentes avancées dans le domaine de la génétique permettent désormais l'identification spécifique d'insectes d'intérêt médico-légal. L'utilisation de cette méthode comporterait de nombreux avantages dans le champ précis de l'archéoentomologie puisque les échantillons fossiles sont le plus fréquemment extrêmement fragmentés et le recours aux **clés dichotomiques** « classiques » totalement inopérant. La conservation de l'ADN chez les insectes fossiles ou subfossiles permettra-t-elle dans un proche avenir l'identification spécifique de restes

très fragmentés d'insectes provenant de contextes archéologiques?

Lectures pour aller plus loin

- Huchet J.-B. (2010). – Des insectes, des momies : l'apport de l'entomologie à l'étude des pratiques funéraires des sociétés anciennes (références complètes de l'article en bibliographie). Pour le lecteur désireux d'en savoir plus sur les insectes des momies et sur les pratiques funéraires de l'Égypte ancienne.
- Duda, H. (2009). *The archaeology of the dead: lectures in archaeoethanatology*. Oxford, Oxbow. Bien que ce livre (hélas en langue anglaise) ne traite pas d'archéoentomologie, il est incontestablement l'ouvrage de référence sur l'archéologie de la mort.

Bibliographie

- Alfieri, A. 1931. Les insectes de la tombe de Toutankhamon. *Bulletin de la Société entomologique d'Égypte*. 24: 188-189.
- Alluaud, C. 1908. Note sur les Coléoptères trouvés dans les momies d'Égypte. *Bulletin de la Société entomologique d'Égypte* I: 29-36.
- Anderson, G. S. 2001. Insect succession and its relationship to determining time of death. Chapter 5, 143-175. In J. H. Byrd, J. L. Castner (eds), *Forensic Entomology. The Utility of Arthropods in Legal Investigations*. CRC press, Boca Raton, Florida.
- Anderson, G. S., VanLaerhoven S. L. 1996. Initial observations on insect succession on carrion in British Columbia. *Journal of Forensic Sciences*. 41 (4): 613-621.
- Archer, M., Elgar, M. A. 1998. Cannibalism and delayed pupation in hide beetles, *Dermestes maculatus* DeGeer (Coleoptera: Dermestidae). *Australian Journal of Entomology*. 37: 158-161.
- Aufderheide, A. C. 2003. *The scientific study of Mummies*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Backwell, L.R., Parkinson, A., Roberts E., d'Errico, F., Huchet, J.-B. 2012. Criteria for identifying bone modification by termites in the fossil record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 337-338: 72-87.
- Bader, K. S., Hasiotis, S. T., Martin, L. D. 2009. Application of Forensic Science Techniques to Trace Fossils on Dinosaur Bones from a Quarry in the Upper Jurassic Morrison Formation, Northeastern Wyoming. *Palaios* 24 (3): 140-158.

- Baker, A. S. 1990. Two new species of *Lardoglyphus* Oudemans (Acari: Lardoglyphidae) found in the gut contents of human mummies. *Journal of Stored Products*. 26 (3): 139-147.
- Baker, A. S., 2009. Acari in archaeology. *Experimental and Applied Acarology*. 49 (1-2): 147-60.
- Barford, P.M. 1979. Mineral pseudomorphs of organic materials: a study of burial environments. BSc Dissertation, Institute of Archaeology, London.
- Baucon, A., Privitera, S., Morandi Bonacossi, D., Canci, A., Neto de Carvalho, C., Kyriazi, E., Laborel, J., Laborel-Deguen, F., Morhange, C., Marriner, N. 2008. Principles of Ichnoarchaeology: new frontiers for studying past times. In M. Avanzini, F. Petti (eds), *Italian Ichnology* 8, 43-72. Studi Trentini in Scienze Naturali, Acta Geologica.
- Beier, M. 1956. Insektenreste aus der Hallstattzeit. Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse. 164: 474-749.
- Bonney, H., Clegg, M. 2011. Heads as memorials and status symbols – The collection and use of skulls in the Torres Strait Islands (chap. 2). In M. Bonogofsky (ed.), *The Bioarchaeology of the Human head – decapitation, decoration and deformation*, 51-66. University Press of Florida, Florida.
- Boulestin, B., Duday, H. 2005. Ethnologie et archéologie de la mort: de l'illusion des références à l'emploi d'un vocabulaire. In C. Mordant et G. Depierre (dir.), *Les pratiques funéraires à l'âge du bronze en France*, 17-30. Actes de la table ronde de Sens-en-Bourgogne, (10-12 juin 1998). Éditions du CTHS, Sens.
- Bourel, B., Tournel, G., Hedouin, V., Gosset, D. 2004. Entomofauna of buried bodies in northern France. *International Journal of Legal Medicine*. 118: 215-220.
- Bresciani, J., Haarlov, N., Nansen, P., Moller, G. 1983. Head louse *Pediculus humanus capitis* from mummified corpses of Greenlanders about A.D. 1460. *Acta Entomologica Fennica*. 42: 24-27
- Britt, B., Scheetz, R. D., Dangerfield, A. 2008. A suite of dermestid beetle traces on dinosaur bone from the Upper Jurassic Morrison Formation, Wyoming, USA. *Ichnos* 15 (2): 59-71.
- Buckland, P. C. 1979. Thorne Moors: a palaeoecological study of a Bronze Age site (a contribution to the history of the British insect fauna). University of Birmingham, Department of Geography Occasional Publication 8, Birmingham.
- Buckland, P. C. 2002. Insect fauna from within the cranium of skeleton 570. In S. T. Driscoll (ed.), *Excavations at Glasgow Cathedral 1988-1997*, 157. Society for Medieval Archaeology Monograph 18.
- Byrd, J.H., Castner, J.L. 2009. *Forensic entomology: the utility of arthropods in legal investigations*. 2nd ed., CRC press.
- Champollion-Figeac, J.-J. 1812. Note sur une nouvelle espèce d'Insecte(s) (sic) du genre *Corynetes* de Fabricius, observée à Grenoble, Grenoble, décembre 1812, Archives Départementales de l'Isère, Fonds Champollion, vol. 3, document n° 296.
- Charabidze, D., Hedouin, V., Gosset, D. 2012. Que font les mouches en hiver? Étude des variations hebdomadaires et saisonnières des populations d'insectes nécrophages. *La revue de médecine légale*. 3: 120-126.
- Chin, K., Bishop, J. R. 2008. Exploited twice: bored bone in a theropod coprolite from the Jurassic Morrison Formation of Utah, U.S.A. In R.G. Bromley, L.A. Buatois, G. Mángano, J.F. Genise et R.N. Melchor (eds.), *Sediment-organism Interactions: A Multifaceted Ichnology*, 379-387. SEPM Special Publication 88.
- Cockburn, A., Barraco, R. A., Reyman, T. A., Peck, W.H. 1975. Autopsy of an Egyptian mummy. *Science* 187: 1155-1160.
- Coope, G. R. 1986. Coleoptera analysis. In B. E. Berglund (ed.), *Handbook of Holocene palaeoecology and palaeohydrology*, 703-713. J. Wiley & sons, New York.
- Coope, G. R., Lister, A. M. 1987. Late-glacial mammoth skeletons from Conover, Shropshire, England. *Nature*. 330: 472-474.
- Corrado, G. 1899. Ricerche su di una mummia rinvenuta a Cagliari e considerazioni sulla causa della mummificazione. *Atti della Reale Accademia Medico-Chirurgica di Napoli*. 53: 467-503.
- Couri, M. S., Mendonça de Souza, S. M. F., Mallemon Cunha, A., Pinheiro, J., Cunha, E. 2008. Diptera Brachycera found inside the esophagus of a mummified adult male from the early XIX century, Lisbon, Portugal. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*. 103 (2): 211-213.
- Couri, M. S., Mallemon Cunha, A., Mendonça de Souza, S. M. F., Laeta, M. 2009. *Ophyra capensis* (Wiedemann) (Diptera, Muscidae) found inside the esophagus of a mummy in Lisbon (Portugal). *Papéis Avulsos de Zoologia*. 49 (6): 87-91.
- Cox, M., Hunter, J. 2005. *Forensic Archaeology: Advances in theory and practice*. Routledge, London.
- Curry, A. 1979. The insects associated with the Manchester mummies. In A. R. David (ed.), *The Manchester Mummy Project (Multidisciplinary Research on Ancient Egyptian Mummified remains)*, 113-118. Manchester University Press, Manchester.
- Danielson, D. 2005. Bioarchaeological implications concerning the effects of termites (Isoptera) on human osseous remains. 70th annual meeting of the Society for American Archaeology, Salt Lake City, Poster session 4-d (march, 31).
- Dastugue, J., Gervais, V. 1992. *Paléopathologie du squelette humain*. Boubée, Paris.
- David, A. R., Tapp, E. 1992. *The Mummy's Tale: The Scientific and Medical Investigation of Natsef-Amun, Priest in the*

- Temple at Karnak. Manchester University Press, Manchester.
- David, R. 1978. The fauna. In R. David, (ed.), *Mysteries of the Mummies. The Story of the Manchester University Investigations*, 160-167. Book Club Associates, London.
- Derry, D. E. 1911. Damage done to skulls and bones by termites. *Nature* 86: 245-246.
- Desenclos, J.-C., Laporte, A., Brouqui, P. 2011. Les infections humaines transmises par les poux. *Médecine et Maladies Infectieuses*. 41 (6): 295-300.
- Dingfelder, J. H. 1961. *Oedemagena tarandi* als bemerkenswerte Darstellung einer Insectenlarve aus dem Jungpalaolithicum. *Quartar*. 13: 91-92.
- Dinnin, M. H., Skidmore, P. 1995. The insect assemblages associated with Lindow III and their environmental implications. In R. C. Turner, R. G. Scaife (eds.), *Bog Bodies. New discoveries and new perspectives*, 31-38. British Museum, London.
- Dominato, V. H., Mothe, D., Avilla, L. S., Bertoni-Machado, C. 2009. Ação de insetos em vértebras de *Stegomastodon waringi* (Mammalia: Gomphotheriidae) do Pleistoceno de Águas de Araxá, Minas Gerais, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia* 12: 77-82.
- Ducrètet, F., Georges, P., Nolot, F., Richebé, J., Schuliar, Y. 2013. Organisation, méthodes et recherches en archéologie criminalistique à l'Institut de recherche criminelle de la gendarmerie nationale. À propos de 20 ans d'expérience *Revue de Médecine légale*. 4 (1): 27-37.
- Duday, H. 2005. L'Archéothanatologie ou l'Archéologie de la Mort. In O. Dutour, J.-J. Hublin, B. Vandermeersch (eds.), *Objets et Méthodes en Paléoanthropologie*, 153-215. Editions du CTHS, Paris.
- Duday, H. 2009. *The Archaeology of the Death: Lectures in Archaeothanatology*. Oxbow Books, Oxford.
- Early, M., Goff, M. L. 1987. Arthropod succession patterns in exposed carrion on the island of O'ahu Hawaii. *Journal of Medical Entomology*. 23: 520-531.
- Erzinçlioğlu, Y.Z. 2009. Fly puparia associated with the Conover mammoths. In A.M. Lister (ed.), *Late-glacial mammoth skeletons (Mammuthus primigenius) from Conover (Shropshire, UK): anatomy, pathology, taphonomy and chronological significance*. *Geological Journal*. 44: 474-479.
- Faucherre, J., Cherix, D., Wyss, C. 1999. Behavior of *Calliphora vicina* (Diptera, Calliphoridae) under extreme conditions. *Journal of Insect Behavior* 12: 687-690.
- Faulkner, D. K. 1986. The mass burial: an entomological perspective. In C. B. Donnan, G. A. Cock (eds.), *The Pacatnamu Papers*, 145-150. Fowler Museum of Cultural History, vol. 1. University of California, Los Angeles.
- Flach, K. 1890. Über zwei fossile Silphiden (Coleoptera) aus den Phosphoriten von Caylux. *Deutsche entomologische Zeitschrift*: 105-109.
- Fouquet, D. 1897. Recherches sur les crânes de l'époque de la pierre taillée en Egypte. In J. De Morgan (ed.), *Recherches sur les origines de l'Égypte. Ethnographie préhistorique et tombeau royal de Négadah*, 269-380. E. Leroux, Paris.
- Fugassa, M. H., Martínez, P. A., Centeno, N. 2008. Examen paleobiológico de sedimentos asociados a restos humanos hallados en el sitio arqueológico Alero Mazquiarán, Chubut, Argentina. *Intersecciones en Antropología*. 9: 3-9.
- Gautier, A., 1974. Fossiele vliegenmaden (*Protophormia terraenovae* Robineau-Desvoidy, 1830) in een schedel van de wolharige neushoorn (*Coelodonta antiquitatis*) uit het Onder-Wurmiaan te Dendermonde (Oost-Vlaanderen, België). *Natuurwetenschappelijk Tijdschrift*. 56: 76-84.
- Gautier, A., Schumann H. 1973. Puparia of the subarctic or black blowfly *Protophormia terraenovae* (Robineau-Desvoidy, 1830) in a skull of a Late Eemian (?) bison at Zemst, Brabant (Belgium). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 14: 119-125.
- Gerisch, B. 2001. Archäontomologische Untersuchungen an Mumien, Grabbeigaben und Grabern des alten Ägypten unter besonderer Berücksichtigung der Mumie Asetirikh-et-es. In H. Szymanska, K. Babraj (eds), *Mummy: Results of Interdisciplinary Examination of the Egyptian Mummy of Aset-iri-khet-es from the Archaeological Museum in Cracow*, p. 131-166. Polish Academy of Arts and Sciences, Cracovie.
- Germonpré, M., Leclercq, M. 1994. Des pupes de *Protophormia terraenovae* associées à des mammifères pléistocènes de la Vallée flamande (Belgique). *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*. 64: 265-268.
- Gilbert, R. M. 1966. Seasonal Dating of Burials at the Leavenworth Site (39CO9), with the Use of Fly Pupae. *Plains Anthropologist*. 11 (32): 172.
- Gilbert, B. M., Bass W. M. 1967. Seasonal dating of burials from the presence of fly pupae. *American Antiquity*. 32: 534-535.
- Gillard, R. D., Hardman, S. M. 1996. Investigation of fiber mineralization using Fourier Transform Infrared Microscopy. In M. V. Orna (Ed.) *Archaeological Chemistry, Organic, Inorganic, and Biochemical Analysis*. ACS Symposium Series 625.
- Girling, M. A. 1981. Beetles remains. In J. C. Thorn, *The Burial of John Dygon, Abbot of St. Augustine's*. In A. Detsicas (ed.) *Collectanea Historica: Essays in memory of Stuart Rigold*, 82-84. Kent Archaeological Society, Maidstone.
- Girling, M. A. 1986. The insects associated with Lindow Man. In I. M. Stead, J. B. Bourke, D. Brothwell (eds.) *Lindow Man. The Body in the Bog*, 90-91. British Museum, London.
- Gładkowska-Rzeczycka, J. J., Parafiniuk, M. 2001. Atypical cranial vault and cervical vertebrae lesions caused by insects. *Journal of Paleopathology*. 13 (2): 75-78.
- Green, F. J. 1979. Phosphatic mineralization of seeds from archaeological sites. *Journal of Archaeological Science*. 6: 279-284.

- Greenberg, B., Szyska, M.L., 1984. Immature stages and biology of fifteen species of Peruvian Calliphoridae (Diptera). *Annals of the Entomological Society of America*. 77: 488-517.
- Greene, C.T. 1922. An illustrated synopsis of the puparia of 100 muscoid flies (Diptera). *Proceedings of The United States National Museum*. 60: 1-39.
- Greene, C.T. 1925. The puparia and larvae of sarcophagid flies. *Proceedings of the U.S. National Museum*. 66 (29): 1-26 + 9 pls.
- Grote, U., Benecke, M. 2001. Der "Fall" Wesel-Bislich. Möglichkeiten der Zusammenarbeit von forensischer Entomologie und Archäologie am Beispiel eines frühmittelalterlichen Gräberfeldes. In E. Pohl, U. Recker, C. Theune, *Archäologisches Zellwerk*, 47-59. *Festschrift für Helmut Roth zum 60. Internationale Archäologie/Studia Honoria* 16.
- Guapindaia, V. 2008. Prehistoric Funeral Practices in the Brazilian Amazon: The Maracá Urns. Chapter 50. In H. Silverman, W. H. Isbell (eds), *The Handbook of South American Archaeology*, 1005-1026. Springer New York.
- Guilhou, N. 1994. Rituel funéraire au Moyen Empire: *L'ouryt* et la lutte contre les insectes nécrophages. *Bulletin du cercle lyonnais d'égyptologie Victor Loret*. 8: 25-34.
- Guilhou, N. 2006. La protection du cadavre dans le Livre des Morts: geste rituels et devenir de l'Être. *Égypte, Afrique & Orient*. 43: 31-38.
- Gunn, A., Bird, J. 2011. The ability of the blowflies *Calliphora vomitoria* (Linnaeus), *Calliphora vicina* (Robineau-Desvoidy) and *Lucilia sericata* (Meigen) (Diptera: Calliphoridae) and the muscid flies *Muscina stabulans* (Fallen) and *Muscina prolapsa* (Harris) (Diptera: Muscidae) to colonise buried remains. *Forensic Science International*. 207: 198-204.
- Gutierrez, Y. 1990. Diagnostic pathology of parasitic infections with clinical correlations. Lea & Febinger, Philadelphia.
- Haglund, W. D. 2001. Archaeology and forensic death investigations. *Historical Archaeology*. 35 (1): 26-34.
- Hakbijl, T. 2000. Arthropod remains as indicators for taphonomic processes: an assemblage from 19th century burials, Broerenkerk, Zwolle, The Netherlands. In J. P. Huntley, S. Stallibrass (eds), *Taphonomy and Interpretation*, 95-96. *Symposia for the Association for Environmental Archaeology*, 14. Oxbow Books, Oxford.
- Hall, A. R., Kenward, H. K. 1990. Environmental evidence from the Colonia: General Accident and Rougier Street. *Council for British Archaeology for York Archaeological Trust, The Archaeology of York*. 14 (6): 289-434.
- Handschin, E. 1944. Insekten aus den Phosphoriten des Quercy. *Schweizerischen Paläontologischen Abhandlungen*. 64: 1-23.
- Harrison, I. R. 1986. Arthropod parasites associated with Egyptian mummies with special reference to 1770 (Manchester Museum). In A. R. David (ed.), *Science in Egyptology*, 171-174. Manchester University Press, Manchester.
- Hasiotis, S.T., Fiorillo, A. R, Hanna, R. R. 1999. A preliminary report on borings in Jurassic dinosaur bones: Trace fossil evidence of beetle interactions with vertebrates. In D. D. Gillette (ed.), *Vertebrate Fossils of Utah*, 193-200. *Miscellaneous Publication* 99.
- Haynes, G. 1991. *Mammoths, Mastodonts and Elephants. Biology, Behavior and The Fossil Record*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Hérodote. *Lenquête*. Traduction par A. Barguet. Bibliothèque de La Pléiade, NRF, Gallimard, Paris, (1964).
- Heron, C., Hunter, J., Knupfer, G. C., Martin, A., Pollard, M., Roberts, C. A. 1995. *Studies in crime: An introduction to Forensic Archaeology*. Routledge.
- Hidalgo-Argüello M. R., Díez Baños, N., Fregeneda Grandes, J., Prada Marcos, E. 2003. Parasitological analysis of Leonese royalty from Collegiate-Basilica of St. Isidoro, León (Spain): helminths, protozoa, and mites. *Journal of Parasitology*. 89 (4): 738-43.
- Hincks, W. D. 1966. Diptera. In G. Bersu, D. M. Wilson, *Three Viking graves in the Isle of Man*, 70. *Society for Medieval Archaeology Monograph* 1.
- Hinton, H. E. 1945. A monograph of the beetles associated with stored products. Vol. I, *British Museum (Natural History)*, London.
- Hirst, S. M. 1985. *An Anglo-Saxon Inhumation Cemetery at Sewerby, East Yorkshire*. *York University Archaeological Publications* 4.
- Hochstetter, F. 1878. Ueber neue Ausgrabungen auf den alten Gräberstätten bei Hallstatt. *Mitteilungen der Anthropologischen Gesellschaft in Wien*. 7 (11-12): 297-318.
- Hope, F. W. 1834. Footnote. In T. J. Pettigrew, *History of Egyptian mummies, and an account of the worship and embalming of the sacred animals by the Egyptians: with remarks on the funeral ceremonies of different nations, and observations on the mummies of the Canary islands, of the ancient Peruvians, Burman priests, &c*, 53-55. Longman, Rees, Orme, Brown, Green & Longman, London.
- Huchet, J.-B. 1995. Insectes et momies égyptiennes. *Bulletin de la Société linnéenne de Bordeaux*. 23 (1): 29-39.
- 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.
- Huchet, J.-B. 2010a. Archaeoentomological study of the insects remains found within the mummy of *Namenkhet Amon*, San Lazzaro Armenian Monastery, Venice/Italy). *Advances in Egyptology*. 1: 58-80.
- Huchet, J.-B. 2010b. Des insectes, des momies: l'apport de l'entomologie à l'étude des pratiques funéraires des sociétés anciennes. In I. Cartron, D. Castex, P. Georges, M. Vivas et M. Charageat (dir.), *De Corps en Corps, trai-*

- tement et devenir du cadavre, 33-55. Publication des actes du colloque MSHA du 28 mars 2008, « Identité(s) et Mémoire(s) des Populations du Passé ».
- Huchet, J.-B. (sous presse). Approche ichnologique et taphonomique des altérations ostéolytiques dues aux insectes en contexte archéologique. In C. Denys, M. Patou-Mathis (eds.), *Manuel de Taphonomie*. Errance, Muséum National d'Histoire naturelle & CNRS.
- Huchet, J.-B., Deverly, D., Gutierrez, B., Chauchat C. 2011. Taphonomic Evidence of a Human Skeleton Gnawed by Termites in a Moche-Civilisation Grave at Huaca De La Luna, Peru. *International Journal of Osteoarchaeology*. 21: 92-102.
- Huchet, J.-B., Gallis, R. 1996. Des insectes pour un cadavre. In ouvrage collectif, *Le Comte de l'an Mil*, 68-73. Aquitania, supplément 8.
- Huchet, J.-B., Greenberg B. 2010. Flies, Mochicas and Burial practices: a case study from Huaca de la Luna, Peru. *Journal of Archaeological Science*. 37 (11): 2846-2856.
- Huchet, J.-B., Le Mort, F., Rabinovich, R., Blau, S., Coqueugniot, H., Arensburg, B. 2013. Identification of dermestid pupal chambers on Southern Levant human bones: Inference for reconstruction of Middle Bronze Age mortuary practices. *Journal of Archaeological Science*. 40 (10): 3793-3803.
- Janaway, R.C. 1987. The preservation of organic materials in association with metal artefacts deposited in inhumation graves. In A. Boddington, A. N. Garland, R. C. Janaway (eds), *Death, decay and reconstruction: approaches to archaeology and forensic science*, 127-148. University Press, Manchester.
- Jett, S. C. 2003. Pre-Columbian Transoceanic Contacts: The Present State of the Evidence. *NEARA Journal*. 36 (2): 4-8.
- Kaiser, T. M. 2000. Proposed fossil insect modification to fossil mammalian bone from Plio-Pleistocene hominid-bearing deposits of Laetoli (Northern Tanzania). *Annals of the Entomological Society of America* 93: 693-700.
- Keepax, C. (1975). Scanning electron microscopy of wood replaced by iron corrosion products. *Journal of Archaeological Science*. 2: 145-150.
- Kenward, H. K. 1975. Pitfalls in the environmental Interpretation of Insect Death Assemblages. *Journal of Archaeological Science*. 2: 85-94.
- Kitching, J. W. 1959. Note on a fossil puparium (Diptera Calliphoridae) from the Limeworks Quarry, Makapansgat, Potgietersrus. *South African Journal of Science*. 55: 280-281.
- Kitching, J. W. 1980. On some fossil arthropoda from the limeworks, Makapansgat, Potgietersrus. *Palaeontologica africana*. 23: 63-68.
- Kittler, R., Kayser, M., Stoneking, M. 2003. Molecular evolution of *Pediculus humanus* and the origin of clothing. *Current Biology*. 13: 1414-1417.
- Kulshrestha, P., Satpathy, D. K. 2001. Use of beetles in forensic entomology. *Forensic Science International*. 120: 15-17.
- Laudet, F., Antoine, P. O. 2004. Des chambres de pupation de Dermestidae (Insecta: Coleoptera) sur un os de mammifère tertiaire (phosphorites du Quercy): implications taphonomiques et paléoenvironnementales. *Geobios* 37 (3): 376-381.
- Lefebvre, F. Gaudry, E. 2009. Forensic entomology: a new hypothesis for the chronological succession pattern of necrophagous insect on human corpses. *Annales de la Société entomologique de France*. 45: 377-392.
- Light, S.F. 1929. Present status of our knowledge of the termites of China. *Lignan Science Journal*. 7: 581-600.
- Liu, D.B. and Greenberg, B., 1989. Immature stages of some flies of forensic importance. *Annals of the Entomological Society of America*. 82 (1): 80-93.
- Lortet, L. 1907. Crâne syphilitique et nécropoles préhistoriques de la Haute Egypte. *Bulletin de la Société d'Anthropologie de Lyon*. 26: 211-226.
- Lundt, H. 1964. Ecological observations about the invasion of insects into carcasses buried in soil. *Pedobiologia*. 4: 158-180.
- Lynch, L. G., Reilly, E. 2011. Early medieval human burials and insect remains from Kildimo, Co. Limerick. *The Journal of Irish Archaeology*. 20: 65-76.
- Macke, A., Macke-Ribet, C. 1994. Intérêt de l'entomologie pour préciser le déroulement de l'embaumement en Égypte ancienne ou la médecine légale au secours d'Hérodote. *Journal de médecine légale droit médical* 37 (7-8): 495-503.
- Martín-Vega, D. 2011. Skipping clues: Forensic importance of the family Piophilidae (Diptera). *Forensic Science International*. 212: 1-5.
- Martin, L. D, West, D. L. 1995. The recognition and use of dermestid (Insecta, Coleoptera) pupation chambers in paleoecology. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 113: 303-310.
- Martinez, M., Gauvrit, B. 1997. Combien y a-t-il d'insectes en France? *Bulletin de la Société Entomologique de France*. 102 (4): 319-332.
- Masetti, M., Gabrielli, S., Menconi, M., Fornaciari, G. 2008. Insect remains associated with the mummy of Cardinal Giulio della Rovere, Archbishop of Ravenna (1533-1578). In P. Atoche Peña, C Rodríguez Martín, M. A. Ramírez Rodríguez (eds), *Mummies and Science: World Mummies Research. Proceedings of the VI World Congress on Mummy Studies*, Teguiise, Lanzarote, Islas Canarias, 379-385. Academia Canaria de la Historia, Santa Cruz de Tenerife.
- Méglin, J.-P. 1894. La faune des cadavres: application de l'entomologie à la médecine légale. *Encyclopédie Scientifique des Aides-Mémoires*, Masson, Paris.
- Menez, L. L. 2005. The place of a forensic archaeologist at a crime scene involving a buried body. *Forensic Science International*. 152: 311-315.

- Morales Muñiz, A., Sanz Bretón, J. L. 1994. Arqueo-acarología: potencialidades y limitaciones de una prácticamente inédita subdisciplina arqueozoológica. *Pyrenae*. 25: 17-29.
- Morse, D., Crusoe, D., Smith, H. G. 1976. Forensic archaeology. *Journal of Forensic Science*. 21 (2): 323-332.
- Norton, R. A., Bonamo, P. M., Grierson, J.D., Shear, W.A. 1988. Oribatid mite fossils from a terrestrial Devonian deposit near Gilboa, New York. *Journal of Paleontology*. 62 (2): 259-269.
- Nuorteva P. 1977. Sarcosaprophagous insects as forensic indicators. In C. G. Tedeschi, W. G. Eckert, L. G. Tedeschi (eds), *Forensic Medicine: A Study in Trauma and Environmental Hazards*, vol. II, 1072-1095. Saunders, Philadelphia.
- Oconnor, B. M. 2009. Astigmatid mites (Acari: Sarcopiformes) of forensic interest. *Experimental and Applied Acarology*. 49: 125-133.
- Omar, A. H. 1995. Studies on *Chrysomya albiceps* (Wiedemann), one of the most important carrion flies in Egypt. *Journal of the Egyptian Society of Parasitology*. 25 (3): 607-624.
- Paik, I. S. 2000. Bone chip-filled burrows associated with bored dinosaur bone in floodplain paleosols of the Cretaceous Hasandong Formation, Korea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 157: 213-225.
- Panagiotakopulu, E. 2004. Dipterous remains and archaeological interpretation. *Journal of Archaeological Science*. 31: 1675-1684.
- Panagiotakopulu, E., Buckland, P. C. 2012. Forensic archaeoentomology – an insect fauna from a burial in York Minster. *Forensic Science International*. 221: 125-130.
- Perotti, M. A., Braig, H. R. 2009a. Phoretic mites associated with animal and human decomposition. *Experimental and Applied Acarology*. 49: 85-124.
- Perotti, M. A., Braig, H. R. 2009b. Acarology in criminological investigations: the human acarofauna during life and death. In J. H. Byrd, J. L. Castner (eds.), *Forensic Entomology: The utility of arthropods in legal investigations*, 637-650. 2nd edition. CRC, New York.
- Peters, E., Toepfer, V. 1932. Der Abschluss der Grabungen am Petersfels bei Engen im badischen Hegau. *Præhistorische zeitschrift* 33: 155-159.
- Phipps, J. 1983. Looking at puparia. *Circaea*, *Journal of the Association for Environmental Archaeology*. 1: 13-29.
- Phipps, J. 1984. A further note on archaeological fly puparia. *Circaea*, *The Journal of the Association for Environmental Archaeology*. 2: 103-105.
- Pickering, R.B. 1997. Maggots, Graves, and Scholars. *Archaeology*. 50 (6): 46-47.
- Pickering, R. B. 1998. Archaeology, insects and establishing authenticity of West Mexican figurines. *MQ* (Denver Museum of Natural History), Summer: 16-17.
- Pickering, R. B., Ramos, J., Haskell, N. H., Hall, R. 1998. El significado de las cubiertas de crisalidas de insectos que aparecen en las figurillas del occidente de Mexico. In *El occidente de Mexico: Arqueología, historia y medio ambiente, Perspectivas regionales*, 335-343. Guadalajara, Mexico: Actas del IV Coloquio de Occidentalistas. Universidad de Guadalajara, Instituto Frances de Investigacion Científica para el Desarrollo en Cooperacion.
- Pickering, R. B. Cuevas, E. 2003a. Las cerámicas antiguas de la región mexicana de Occidente. *Investigación y Ciencia*. 327: 70-78.
- Pickering, R. B., Cuevas E. 2003b. The Ancient Ceramics of West Mexico: Corpse-eating insects and mineral stains help a forensic anthropologist and a chemist determine the authenticity of 2,000-year-old figurines. *American Scientist*. 91 (3): 242-249.
- Pittoni, E. 2009. Necropoli of Pill'e Matta Quartucciu (Cagliari, Sardinia): wild bee and solitary wasp activity and bone diagenetic factors. *International Journal of Osteoarchaeology*. 19: 386-396.
- Pollak, S., Reiter, C. 1988. Maggot-induced *post mortem* changes simulating gunshot wounds. *Archiv für Kriminologie*. 181 (5-6): 146-154.
- Ponel, P. 1993. Les Coléoptères du Quaternaire: leur rôle dans la reconstruction des paléoclimats et des paléoécosystèmes. *Bulletin d'Ecologie*. 24 (1): 5-16.
- Pringle, H., 2010. Using Old Insects to Sleuth Out New Clues to Ancient Cultures. *Science*. 330: 752-753.
- Quenstedt, W. 1927. Beiträge zum kapitel Fossil und Sedi- ment vor und bei der Einbettung. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*. 58B, 353-432.
- Radovsky, F. J. 1970. Mites associated with coprolites and mummified human remains in Nevada. *Contributions of the University of California Archaeological Research Facility*. 10: 186-190.
- Raoult, D., Dutour, O., Houhamdi, L., Jankauskas, R., Fournier, P.-E., Ardagna, Y., Drancourt, M., Signoli, M., Dang La, V., Macia, Y., Aboudharam, G., 2006. Evidence for louse-transmitted diseases in soldiers of Napoleon's Grand Army in Vilnius. *The Journal of Infectious Diseases*. 193, 112-120.
- Richards, E. N., Goff, M. L. 1997. Arthropod succession on exposed carrion in three contrasting tropical habitats on Hawaii islands, Hawaii. *Journal of Medical Entomology*. 34: 328-339.
- Richardson, M. S., Goff, M. L. 2001. Effects of temperature and intraspecific interaction on the development of *Dermestes maculatus* DeGeer (Coleoptera: Dermestidae). *Journal of Medical Entomology*. 38: 347-51.
- Riddle, J. M. 1980. A survey of ancient specimens by electron microscopy. In A. Cockburn, E. Cockburn (eds), *Mummies, Disease and Ancient Cultures*, 274-286. Cambridge University Press, Cambridge.

- Riddle, J. M., Vreeland, J. M. 1982. Identification of insects associated with Peruvian mummy bundles by using scanning electron microscopy. *Paleopathology Newsletter*. 39: 5-9.
- Roberts, E., M., Rogers, R. R., Foreman, B. Z. 2007. Continental insect borings in dinosaur bone: examples from the late Cretaceous of Madagascar and Utah. *Journal of Paleontology* 81 (1): 201-208.
- Robinson, M. 2001. Insect remains preserved by metal corrosion products. In W. Filmer-Sankey, T. Pestell (eds), *Snape Anglo-Saxon cemetery: excavations and surveys 1824-1992*, 226-227. East Anglian Archaeology reports 95, Ipswich, Suffolk County Council.
- Rodriguez, W. C., Bass, W. M. 1985. Decomposition of burled bodies and methods that may aid in their location. *Journal of Forensic Sciences*. 30 (3): 836-852.
- Rogers, R. R. 1992. Non-Marine Borings in Dinosaur Bones from the Upper Cretaceous Two Medicine Formation, Northwestern Montana. *Journal of Vertebrate Paleontology*. 12 (4): 528-531.
- Ruas, M.-P. 1986. Zone 20, premiers résultats carpologiques. In ouvrage collectif, Grand Louvre, Fouilles archéologiques Cour-Napoléon, Paléo-environnement et fouilles urbaines: une approche de l'homme dans son environnement (VIIe-XVIIe siècle), 110-117. Direction Régionale des Antiquités Historiques d'Île-de-France, Paris.
- Sampson, C. G. 1964. Notes on an ancestral *Leya* burial, Victoria Falls. *South African Archaeological Bulletin*. 19 (75): 67-69.
- Sandison, A. T. S. 1957. The eye in the Egyptian mummy. *Med. Hist.* 1 (4): 336-339.
- Scharrer-Liska, G., Grassberger, M. 2005. Archäontomologische Untersuchungen von Grab 34 des awarischen Gräberfeldes von Frohsdorf, Niederösterreich. *Archäologisches Korrespondenzblatt*. 35: 531-544.
- Scharrer-Liska, G., Grassberger, M. 2010. Aussagemöglichkeiten der Archäontomologie anhand des awarischen Gräberfeldes von Frohsdorf, Niederösterreich. In J. Cemper-Kiesslich, F. Lang, K. Schaller, C. Uhlir, M. Unterwurzacher (eds), *Tagungsband zum Ersten Österreichischen Archäometrie-Kongress 2009*, 127-133. Schriften zur Archäologie und Archäometrie der Paris Lodron-Universität Salzburg 1.
- Scheffrahn, R. H., Huchet J.-B. 2010. A New Termite Species (Isoptera: Termitidae: Termitinae: *Amitermes*) and First Record of a Subterranean Termite from the Coastal Desert of South America. *Zootaxa*. 2328: 65-68.
- Schelvis, J. 1987. Some aspects of research on mites (Acari) in archaeological samples. *Palaeohistoria*. 29: 211-218.
- Schelvis, J. 1992a. Mites and Archaeology. General methods; Applications to Dutch Sites. Thèse de doctorat, University of Groningen, Groningen.
- Schelvis, J. 1992b. Mites and Mammoths. Experimental and Applied Entomology. *Proceedings of the Netherlands Entomological Society*. 3: 140-141.
- Schimitschek, E. 1977. Insekten in der bildenden Kunst urn Wandel der Zeiten in psychogenetischer Sicht. Veröffentlichungen aus dem Naturhistorischen Museum in Wien. 14: 1-119.
- Siriwattananurungsee, S., Sukontason, K. L., Kuntalue, B., Pianjai, S., Olson, J. K., Sukontason, K. 2005. Morphology of the puparia of the housefly, *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) and blowfly, *Chrysomya megacephala* (Diptera: Calliphoridae). *Parasitology Research*. 96: 166-170.
- Skidmore, P. 1979. On the immature stages of Palaearctic Muscidae with particular reference to taxonomic and biological aspects. M. Phil. Thesis, department of Biology, University of York.
- Skidmore, P. 1985. The Biology of the Muscidae of the World. In K. A. Spencer (ed.), *Series Entomologica*, 29. Dr. W. Junk, Dordrecht.
- Skidmore, P. 1986. The dipterous remains. In I. M. Stead, J. B. Bourke, D. Brothwell (eds.), *Lindow Man. The Body in the Bog*, 92. British Museum, London.
- Skidmore, P. 1993. Notes on the taxonomy of the puparia of British Sphaeroceridae. *Dipterists Digest*. 13: 6-22.
- Smith, K. G. V., 1986. A manual of Forensic Entomology. British Museum of Natural History, London.
- Sorenson, J. L., Raish, M. H. 1996. Pre-Columbian Contacts with the Americas across the Oceans: Annotated Bibliography (2^e éd.), Provo: Research Press.
- Sorenson, J. L., Johannessen, C. L. 2004. Scientific Evidence for Pre-Columbian Transoceanic Voyages to the Americas. *Sino-Platonic Papers CXIII*, Philadelphia, Department of East Asian Languages and Civilizations, University of Pennsylvania.
- Speight, M. 1974. Potential contributions to archaeology from animal remains, with special reference to insects. In B. G. Scott (ed.) *Perspectives in Irish Archaeology*, 24-34. Association of Young Irish Archaeologists, Dublin Seminar.
- Spennemann, D. H., Franke B. 1995. Archaeological techniques for exhumations: A unique data source for crime scene investigations. *Forensic Science International*. 74: 5-15.
- Stafford, F. 1971. Insects of a medieval burial. *Science and Archaeology*. 7: 6-10.
- Steffan, J.-R. 1982. L'entomofaune de la Momie de Ramsès II. *Annales de la Société entomologique de France*. 18 (4): 531-537.
- Steffan, J.-R. 1985. L'entomofaune de la Momie. In L. Balout, C. Roubet (Dir.), *La momie de Ramsès II*, 107-115. Editions Recherche sur les civilisations, Paris.
- Stevens, J. R., Wallman, J. F. 2006. The evolution of myiasis in humans and other animals in the Old and New Worlds (part I): phylogenetic analyses. *Trends in Parasitology*. 22 (3): 129-136.
- Stevens, J. R., Wallman, J. F., Otranto, D., Wall, R., Pape, T. 2006. The evolution of myiasis in humans and other animals

- in the Old and New Worlds (part II): biological and life-history studies. *Trends in Parasitology*. 22 (4): 181-188.
- Stork, M. N. 1936. A contribution to the knowledge of the puparia of Anthomyiidae. *Tijdschrift voor entomologie*. 79: 94-167.
- Sukontason, K. L., Ngern-Klun, R., Sripakdee, D., Sukontason, K. 2007. Identifying fly puparia by clearing technique: application to forensic entomology. *Parasitology Research*. 10 (5): 1407-16.
- Teskey, H. H., Turnbull, C. 1979. Diptera puparia from prehistoric graves. *The Canadian Entomologist*. 111: 527-528.
- Thorne, B. L., Kimsey, R. B. 1983. Attraction of neotropical *Nasutitermes* termites to carrion. *Biotropica* 15 (4): 295-296.
- Turner B. 2009. Forensic entomology: a template for forensic acarology? *Experimental and Applied Acarology*. 49: 15-20.
- Turner-Walker, G., Scull, C. 1997. Microfauna in Anglo-Saxon graves: entomological evidence at Boss Hall and the Butter Market, Ipswich. In A. Sinclair, E. Slater, J. Gowlett (eds), *Archaeological Sciences 1995*, 320-327. *Oxbow Monograph* 64, Oxford.
- Ubelaker, D. H., Willey, P. 1978. Complexity in Arikara mortuary practices. *Plains Anthropology*, Washington. 23: 69-74.
- Vallisneri, A. 1713. Nuove osservazioni, ed esperienze intorno all'ovaja scoperta ne' vermi tondi dell'uomo, e de' vitelli, con varie lettere spettanti alla storia medica, e naturelle. Padoue, nella stamperia del Seminario, appresso Gio, Manfre.
- Vanin, S., Turchetto, M., Galassi, A., Cattaneo, C. 2009. Forensic Entomology and the Archaeology of War. *Journal of Conflict Archaeology*. 5 (1): 127-139.
- VanLaerhoven, S. L., Anderson, G. S. 1999. Insect succession on buried carrion in two biogeoclimatic zones of British Columbia. *Journal of Forensic Sciences*. 44: 31-41.
- Vervoenen, M. 1991. Pleistocene vleesvliegenpuparia uit hoornpitten van *Bison priscus*. *Cranium*. 6 (2): 57-58.
- Voss, S. C., Forbes, S. L., Dadour, I. R. 2008. Decomposition and insect succession on cadavers inside a vehicle environment. *Forensic Science, Medicine and Pathology*. 4: 22-32.
- Wasmund, E. 1926. Biocoenose und Thanatocoenose. *Biozoologische Studie über Lebensgemeinschaften und Totengesellschaften*. *Archiv Hydrobiologie*. 17: 1-116.
- Watson, J. A. L., Abbey, H. M. 1986. The effects of termites (Isoptera) on bone: some archeological implications. *Sociobiology*. 11: 245-254.
- Weigelt, J. 1935. Was bezwecken die Hallenser Universitäts-Grabungen in der Braunkohle des Gieseltales? *Nat. Volk*. 5: 347-356.
- West, D.L., Martin, L.D., 2002. Insect traces fossils as environmental/taphonomic indicators in archaeology and paleoecology. In W. Dort (ed.), *Institute for Tertiary-Quaternary Studies, TER-QUA symposium series 3*: 163-174.
- Wood, W. B. 1976. The skeletal material from the Brooloo Range and Rocky Hole Creek burial sites. *Archaeology and Physical Anthropology in Oceania*. 11 (3): 175-185.
- Wylie, F. R., Walsh, G. L. Yule, R. A. 1987. Insect damage to aboriginal relics at burial and rock-art sites near Carnarvon in central Queensland. *Australian Journal of Entomology*. 26 (4): 335-345.
- Wyss, C., Cherix, D., Michaud, K., Romain, N. 2003. Pontes de *Calliphora vicina*, Robineau-Desvoidy et de *Calliphora vomitoria*, (Linné) (Diptères, Calliphoridae) sur un cadavre humain enseveli dans la neige. *Revue internationale de criminologie et de police technique et scientifique*. 56 (1): 112-116.
- Zinsser, H. 1935. *Rats, lice, and history*. Broadway House, London, United Kingdom.