



« À coup d'éclats ! »

La fracturation des matières osseuses en Préhistoire :

discussion autour d'une modalité d'exploitation en apparence simple et pourtant mal connue

Actes de la séance de la Société préhistorique française de Paris (25 avril 2017)

Textes publiés sous la direction de Marianne CHRISTENSEN et Nejma GOUTAS

Paris, Société préhistorique française, 2018

(Séances de la Société préhistorique française, 13), p. 43-53

www.prehistoire.org

ISSN : 2263-3847 – ISBN : 2-913745-74-1

La fracturation et la fragmentation des coquilles

Une problématique partagée entre archéozoologie, taphonomie et technologie

Laura MANCA

Résumé : Ce travail présente un panorama très synthétique des recherches concernant la fragmentation (taphonomique) et la fracturation (anthropique) des vestiges malacofauniques, sans toutefois prétendre à l'exhaustivité. Les problématiques relatives à l'identification des agents naturels et anthropiques causant la fragmentation et la fracturation ont longtemps été abordés séparément dans le cadre des études taphonomiques, archéozoologiques et technologiques. Ce sujet n'est affronté que récemment avec la prise en compte de plusieurs critères relevant à la fois de ces trois champs de recherche. Le développement de cette approche plus « globale » est néanmoins ancré dans la longue tradition des études taphonomiques et archéozoologiques. Nées à partir du XIX^e siècle, ces dernières comptent un large éventail de travaux expérimentaux visant la définition des divers processus qui portent à la fragmentation et à la fracturation des coquilles. Les recherches plus proprement technologiques ne se sont en revanche développées qu'à partir des dernières décennies et ne fournissent que depuis peu des données relatives à l'emploi de la méthode par fracturation dans le cadre de la transformation des coquilles.

Mots-clés : malacofaune, fragmentation, fracturation, taphonomie, archéozoologie, technologie.

Abstract: This paper presents a very synthetic overview of the investigations concerning the (taphonomic) fragmentation and the (anthropic) fracturing of the malacofauna remains, without pretending to be exhaustive. The problems related to the identification of natural and anthropic agents causing fragmentation and fracturing have long been discussed separately in taphonomic, archaeozoological and technological studies. This subject has only recently been tackled taking into consideration several criteria relating to these three research fields. The development of this more 'global' approach is nonetheless rooted in the long tradition of taphonomic and zooarchaeological studies, which started as early as the 19th century and included a wide range of experimental works that aimed to define the different processes leading to the fragmentation and fracturing of shells. On the other hand, technological studies have developed only over the last few decades and have only recently provided data on the use of the fracturing method in the context of shell processing.

Keywords: malacofauna remains, fragmentation, fracturing, taphonomy, zooarchaeology, technology.

L'ÉTUDE COMPARATIVE des stigmates causés par la fracturation et de ceux provoqués par la fragmentation des vestiges malacologiques n'a pas été, à l'heure actuelle, un sujet largement traité par les spécialistes. Ce sujet a longtemps été abordé séparément. Ainsi, l'identification et la caractérisation des dynamiques de fragmentation étaient essentiellement discutées par les spécialistes de l'archéozoologie et de la taphonomie. *A contrario*, les questions relatives aux modalités de fracturation des coquilles dans un objectif de transformation étaient abordées presque exclusivement dans le cadre

d'études technologiques. Cette scission arbitraire n'est toutefois pas en mesure de rendre compte de la complexité et de la difficulté de discrimination des processus naturels ou anthropiques engagés dans la formation des pans de fracture sur le matériau coquille. En effet, l'identification et la distinction des divers facteurs conduisant à la fragmentation ou à la fracturation des coquilles n'est possible que par la prise en compte de plusieurs critères relevant à la fois de l'archéozoologie, de la taphonomie et de la technologie. Si la morphologie des pans de fracture peut indiquer l'état de la matière lors de la fracturation

de la coquille, l'agent à l'origine de tels stigmates ne peut être identifié qu'avec une certaine marge d'incertitude. En effet, la consommation du mollusque et l'exploitation de la matière dure animale peuvent toutes deux être à l'origine de la fracturation des coquilles à l'état frais (Dupont, 2006). De même, certains facteurs biologiques, géologiques, physiques ou chimiques peuvent conduire à la formation de pans de fractures tout à fait semblables à ceux produits par l'homme (Gutiérrez-Zugasti, 2011, p. 627). Pour ces raisons, « l'interaction entre approche taphonomique et approche technologique devient essentielle pour limiter la perte d'information » (Averbouh *et al.*, 2010, p. 67). Si les modifications taphonomiques et anthropiques font partie des actions qui déterminent la préservation dite « différentielle » des assemblages archéomalacologiques (Chenorkian, 1990; Dupont, 2006), ils fournissent aujourd'hui des informations précieuses pour la reconstitution des aspects technico-économiques des sociétés étudiées.

PROBLÉMATIQUES TAPHONOMIQUES ET ARCHÉOZOLOGIQUES

L'intérêt des spécialistes pour l'étude des processus taphonomiques susceptibles d'affecter les coquilles s'est développé à partir du XIX^e siècle, sous l'impulsion de recherches pionnières sur les amas coquillier danois (Worsaae, 1849; Steenstrup, 1872). Ces études ont été réalisées par un groupe de recherche multidisciplinaire, appelé dans un premier temps « commission Lejre », puis dans un second temps « première commission *shell middens* ». Elles visaient la datation relative de ces accumulations et la compréhension des processus impliqués dans leur formation en relation avec les nombreux éléments de la culture matérielle associés (pour plus de détails, voir Kristiansen, 2002; Borrello, 2006; Biagi, 2015).

Ces recherches prennent de l'ampleur au cours de la première moitié du XX^e siècle avec les études sur les *shell mounds* du Nord de l'Amérique (Trigger, 1986). Dans ce cadre, les chercheurs commencent à classer et à décrire, en signalant l'état de fragmentation différentielle des coquilles par rapport à leur position au sein de l'accumulation et par rapport aux autres composantes archéologiques, notamment les charbons, les cendres, les industries lithiques et osseuses (Nelson, 1910; Gifford, 1916; Marte et Péquignot, 2013). D'autres travaux se développent et deviennent précurseurs des études taphonomiques sur les coquilles, dans les domaines de la paléocologie, de l'écologie et de la sédimentologie. Les chercheurs s'interrogent alors sur les modalités de fragmentation des coquilles, donnant lieu aux premières expérimentations sur les phénomènes d'origine mécanique et chimique (Klähn, 1931; Hecht, 1933; Papp *et al.*, 1946; voir Revelle et Fairbridge, 1957; Cadée, 1968; Zuschin *et al.*, 2003 pour plus de détails). Dans ce domaine, il faut mentionner les expérimentations de Hans Klähn (Klähn, 1931), concernant la fragmentation mécanique des tests

en milieu marin, mais aussi de Franz Hecht (Hecht, 1933) qui relie la quantité de matière organique et la porosité du sédiment à l'intensité de la dissolution des coquilles. Enfin, les premières expérimentations de fracturation parviennent à révéler la relation entre la résistance à la fracturation des coquilles et la structure des tests, ainsi que leurs caractéristiques mécaniques et physiques (Papp *et al.*, 1946).

Durant cette période, se développent également des réflexions sur l'origine des perforations observées sur les coquilles, donnant lieu à une première comparaison entre les traces en lien avec des processus naturels et les stigmates découlant d'une action anthropique technique. Les stigmates techniques caractérisant parfois les perforations des objets de parure archéologiques (pans de rainurage, pans de fracture et enlèvements) sont distingués de ceux causés par l'action de nombreux animaux prédateurs qui en percent la surface pour se nourrir du calcium ou pour manger le mollusque (Martin, 1932).

Dès la deuxième moitié du XX^e siècle, les recherches sur les agents taphonomiques liés à la fragmentation des coquilles s'intensifient. Ces études touchent alors divers champs d'analyse relevant de la taphonomie (Powell *et al.*, 1989, p. 562-564; Parsons et Brett, 1991; Martin, 1999) et de la paléocologie (Dodd et Stanton, 1990, p. 235-238; Brenchley et Harper, 1998). Plusieurs agents taphonomiques, directement ou indirectement liés à la fragmentation, font alors l'objet d'études. Ces nombreux travaux concernent les modifications d'origine biologique, causées par certains animaux durophages (Arnold et Arnold, 1969; Wodinsky, 1969; Claassen, 1998, p. 54), la dissolution du carbonate qui compose les tests, causée par des dynamiques intervenant dans un environnement marin sous-saturé en Ca²⁺ ou CO³⁻ (Walter et Burton, 1990), ou encore l'action abrasive de la mer, avec son mouvement de ressac, qui peut conduire à l'écaillage des bords des tests et à la fragmentation et à l'émoussé des surfaces brisées (Driscoll, 1967; Driscoll et Weltin, 1973; Parsons et Brett, 1991). Les chercheurs tentent aussi d'établir une définition du terme de « fragment » dans le cadre des analyses des taphofaciès, définition qui reste cependant très variée. À ce sujet, et parmi d'autres travaux, nous rappellerons ceux de David J. Davies (Davies *et al.*, 1990), qui propose de définir comme « fragment » tout test constitué d'au moins 90% de la surface d'origine, de Bretton W. Kent (cité in Claassen, 1998, p. 114), qui classe les valves en trois groupes (valve intacte, valve cassée mais dotée de l'umbo et fragments), de Danita S. Brandt (Brandt, 1989) qui suggère une évaluation des degrés de fragmentation selon les spécimens, ou encore de Susan M. Kidwell (Kidwell *et al.*, 2001) qui distingue trois degrés de fragmentation sur les bivalves (bivalve entier composé des deux valves, valve unique, grand ou petit fragment).

Parallèlement à ces recherches, des questionnements d'ordre archéozoologique concernent la fragmentation *versus* fracturation, ses origines (alimentaire ou taphonomique) et le rôle de la fragmentation dans la représentation

des espèces au sein des ensembles archéologiques (Gruet, 1991; Hesse et Prieur, 1999; Chaix et Méniel, 1996; Dupont, 2006). La bibliographie est à ce sujet particulièrement riche dans les pays anglophones où plusieurs travaux jettent les fondements des futures études, et restent, encore aujourd'hui, de grande actualité (Casteel et Grayson, 1977; Grayson, 1984; Waselkov, 1987; Claassen, 1998). Ces études sont liées à un intérêt accru pour la caractérisation de la microstructure des coquilles dans le champ de la biologie. Celle-ci est directement impliquée dans les dynamiques de fracturation et fragmentation (voir entre autres : Currey et Kohn, 1976; Currey et Taylor, 1974; Popov, 1986) et joue un rôle dans l'analyse des industries sur coquille, et donc dans la caractérisation techno-économique des groupes anciens (Manca, 2013 et ce volume b; Romagnoli *et al.*, 2017). En outre, plusieurs travaux fournissent des données sur la résistance de diverses espèces de gastéropodes et de bivalves, dans l'objectif de mesurer la force nécessaire pour atteindre le point de rupture des coquilles (Labarbera et Merz, 1992; Roy *et al.*, 1994; Vasconcelos *et al.*, 2011), tout en tenant compte des divers agents susceptibles de provoquer la fragmentation des tests durant la vie et après la mort des mollusques (Buschbaum *et al.*, 2007).

Au cours de la deuxième moitié du xx^e siècle, les recherches s'enrichissent de travaux expérimentaux ciblant l'identification des « signatures taphonomiques » caractérisant la fragmentation des coquilles, et dont nous citerons ici quelques exemples. L'effet du piétinement a ainsi été testé par Robert Muckle (cité *in* Claassen, 1998, p. 81). L'expérimentation visait à caractériser la fragmentation de trois espèces de bivalves et leur degré de pénétration dans le sédiment après une pression exercée par le piétinement. Dans le cadre des recherches menées en Amérique du Sud, et plus particulièrement dans le golfe du Mexique, le groupe SSETI (Shelf and Slope Experimental Taphonomy Initiative) met en place en 1993 des expérimentations en contexte de pente, et visant l'enregistrement des changements intervenant sur diverses espèces de coquillages à la suite d'un enfouissement prolongé de deux, huit, onze et treize ans (Powell *et al.*, 2002, 2008 et 2011). Une fragmentation des différentes espèces a été enregistrée, mais dans l'ensemble, seul le *Mytilus edulis*, l'espèce la plus fragile, enregistre un haut degré de fragmentation qui augmente proportionnellement au temps d'enfouissement.

Les processus biostratinomiques et diagénétiques, ainsi que la bioturbation sont aussi explorés (Zuschin *et al.*, 2003).

Au xxi^e siècle, les problématiques concernant la fragmentation des coquilles continuent à se développer. Elles s'insèrent dans l'axe de recherche lié plus proprement aux aspects taphonomiques (Zuschin *et al.*, 2003; Salamon *et al.*, 2014; Gutiérrez-Zugasti, 2011) et aux problématiques archéozoologiques et technologiques (voir entre autres Dupont, 2006, 2013 et 2017; Lyman, 2008; Gutiérrez-Zugasti, 2011; Harris *et al.*, 2015; Dupont et Doyen, 2017; Müller *et al.*, 2017). Ces dernières recherches offrent une réflexion méthodologique

de grande ampleur, mettant au point des techniques de fouille et de traitement des vestiges post-fouille visant à améliorer l'acquisition et l'interprétation des données, incluant les fragments de valves, souvent délaissés lors des études malacofauniques (Dupont, 2006, 2012 et 2017).

L'étude des vestiges archéomalacologiques prend actuellement de plus en plus d'importance dans le panorama des recherches archéologiques. Divers travaux s'enrichissent de l'application de plusieurs approches relevant de disciplines variées, dans l'objectif d'exploiter pleinement le potentiel d'information de cette catégorie de vestiges (Borrello, 2006; Szabó *et al.*, 2014; Kenneth, 2015; Jerardino *et al.*, 2017; Allen, 2017). Des groupes de recherche internationaux se forment. Dès 2002, le groupe ICAZ Archaeomalacology Working Group, qui réunit actuellement plus de 130 membres, organise des colloques avec une cadence quadriennale (pour plus d'information : <http://www.archaeomalacology.com/index.html>).

Un intérêt accru des archéozoologues et des paléontologues pour la fragmentation permet de mettre en place diverses expérimentations ciblant la différenciation des stigmates causés par des facteurs biologiques (organismes durophages, c'est-à-dire à denture broyeuse) et ceux obtenus par l'action des agents physiques (ressac marin). Ces recherches ont montré que les fragments de coquilles avec des pans de fracture à bords vifs peuvent être le résultat de la prédation des durophages au cours de la vie du mollusque. Au contraire, les fragments ayant des pans de fracture arrondis sont issus des processus physiques de ressac qui fragmentent et abrasent les tests (Oji *et al.*, 2003; Cintra-Buenrostro, 2007; Salamon *et al.*, 2014). D'autres expérimentations sont mises en place afin de déterminer quelles propriétés macroscopiques sont les plus importantes dans la fragmentation et la préservation des coquilles. L'expérimentation de Martin Zuschin et Robert J. Stanton (Zuschin et Stanton, 2001) porte sur diverses variables morphologiques et taphonomiques qui affectent la fragmentation chez trois espèces marines (*Mercenaria mercenaria* Linné 1758, *Mytilus edulis* Linné 1758 et *Anadara ovali* Bruguière 1789) : l'épaisseur, la microstructure des coquilles, la présence de trous causés par les prédateurs et les parasites. Cette étude met également l'accent sur les propriétés de la coquille liées à la fragmentation provoquée par la pression des sédiments (plus les coquilles ont des points de contact entre elles, plus le taux de fragmentation augmente). Une autre expérimentation sur les valves de moules cible les mêmes questionnements mais avec la prise en compte d'autres caractéristiques morphologiques et structurales des coquilles, notamment l'indice de concavité des valves et la densité de la matière (Wolverton *et al.*, 2010).

La grande richesse des travaux menés ces dernières décennies apporte un extraordinaire lot d'informations utiles pour l'identification des agents taphonomiques susceptibles de provoquer la fragmentation des coquilles. Parallèlement, l'intérêt croissant pour les aspects économiques, domaine de l'archéomalacologie, a permis de

mieux cerner les modalités de consommation des tests coquilliers et d'identifier les espèces qui plus que d'autres peuvent être l'objet d'une fracturation d'origine humaine à but alimentaire. Cet ensemble de données est aussi susceptible de contribuer à l'identification des activités techno-économiques liées aux ressources malacologiques.

PROBLÉMATIQUES TECHNOLOGIQUES

Les questionnements plus strictement technologiques se développent beaucoup plus tardivement que ceux d'ordre taphonomique ou archéozoologique. Il faudra attendre la deuxième moitié du xx^e siècle pour concevoir que les pans de fracture présents sur les coquilles retrouvées dans les gisements archéologiques puissent être dus à une action technique volontaire. L'identification de ces stigmates techniques reste dans la plupart des cas limitée aux objets finis, lorsque l'analyse microscopique des surfaces permet l'identification des traces d'utilisation. De ce fait, l'identification de certains produits (déchets, supports et ébauches) reste encore difficile, également en raison des données comparatives limitées. En effet, il est très rare de reconnaître tous les éléments d'une chaîne opératoire parce que ce résultat n'est possible que dans le cas d'un état de conservation optimale des produits mais également lorsque tous les éléments de la chaîne opératoire sont susceptibles d'être retrouvés au même endroit (biais de conservation et biais des contextes archéologiques). La modalité de sélection des vestiges destinés à l'étude technologique peut constituer un autre facteur susceptible de limiter l'identification des divers types de produits. Si cette sélection n'a pas été réalisée en prenant en compte tous les vestiges fauniques – en l'absence de communication entre le technologue et l'archéozoologue durant l'étude – l'industrie analysée peut être incomplète. Ainsi, la méconnaissance des types de déchets, des supports et des ébauches peut être imputée aux méthodes d'analyse employées. Les recherches qui mobilisent le remontage physique ou le remontage mental pour la reconstitution de la chaîne opératoire (Averbouh, 2000; Goutas et Christensen, ce volume) ne sont pas encore nombreuses, alors même que ces outils analytiques sont indispensables pour discriminer les ébauches des supports et des déchets. Pour ces raisons, des objets peuvent rester dans la catégorie des « produits techniques » ou « produits techniques potentiels » car ils présentent certes des traces de travail, mais leur position dans la chaîne opératoire de transformation ne peut être clairement identifiée.

Parmi les premières recherches sur l'industrie en coquille, les travaux réalisés sur les industries préhispaniques américaines sont précurseurs. C'est dans ce cadre que sont posées les bases analytiques de l'identification et de la caractérisation des stigmates techniques de transformation sur le matériel malacologique (Suárez Díez, 1977 et 1981). Dans ce contexte géographique, en raison de l'abondance des vestiges malacologiques, le terrain a été très fertile pour la mise en place des premières réflexions

méthodologiques sur l'identification et les modalités de production des divers produits de fabrication dans une perspective technologique (Mayo et Cooke, 2005; Mas, 2015). Parallèlement, en France, les travaux précurseurs d'Yvette Taborin permettent une première mise au point sur les coquilles exploitées pour la fabrication des objets de parure, jusqu'alors uniquement connus au travers de travaux dispersés et de données très hétérogènes (Taborin, 1974 et 1977). Cette évolution des approches a permis de développer une voie de recherche consacrées aux objets de parure en coquille, stimulant aussi des réflexions très fructueuses dans le cadre de l'identification des traces naturelles et anthropiques (D'Errico *et al.*, 1993; Gruet, 1993; Serrand et Vigne, 2011; Gorzelak *et al.*, 2013; Manca, 2013; Kubicka *et al.*, 2017).

Dès la deuxième partie du xx^e siècle, quelques études sporadiques sur l'industrie en coquille attestent de l'emploi du schéma de transformation par fracturation⁽¹⁾. Au cours de la fin du II^e millénaire av. J.-C., les habitants d'une île au large du Brésil ont transformé plusieurs espèces de bivalves afin de produire par éclatement des supports, pour la plupart utilisés bruts de débitage (Andrade-Lima *et al.*, 1986, fig. 8, 10-14, 24-28 et 32). La finalité de cette production était l'obtention de racloirs-lissoirs et de perçoirs. En France, bien qu'un nombre accru de travaux traite de l'exploitation des coquilles (Vigié, 1987 et 1995; Vigié et Courtin, 1986 et 1987), aucun d'entre eux n'a, à ce jour, permis d'identifier clairement l'emploi de la méthode de débitage par fracturation.

Depuis le XXI^e siècle, les recherches sur les industries sur coquilles s'intensifient. Parallèlement aux études technologiques et fonctionnelles sur les objets de parure, l'approche fonctionnelle de l'outillage devient de plus en plus fréquente, permettant de mettre en évidence une large exploitation de cette matière première au cours de la Préhistoire (voir entre autres : Cuenca-Solana *et al.*, 2010, 2011, 2013, 2014, 2015 et 2016; Manca, 2013, 2016 et ce volume b). L'analyse des traces d'utilisation, parfois unique moyen d'identification des objets finis, a permis de distinguer les microtraces taphonomiques des microtraces anthropiques. Elle contribue ainsi à caractériser les séquences de transformation (Manca, 2016 et ce volume b). En revanche, les études visant l'identification des produits techniques (déchets, supports, ébauches et blocs de matière première), sur la base de démonstrations clairement argumentées, restent encore très marginales. L'application du schéma de transformation par fracturation a néanmoins pu être détecté sur diverses espèces de coquilles à partir de périodes très anciennes. Au cours du Moustérien, en Méditerranée, ce schéma a été mis en œuvre pour la confection de racloirs sur *Callista Chione* Linné 1758 (Douka et Spinapolice, 2012, p. 65 et 67; Romagnoli *et al.*, 2015, 2016 et 2017). L'intentionnalité de la production des supports par percussion directe diffuse a été mise en évidence sur une partie de ces industries, tout particulièrement à travers l'identification des points d'impact qui témoignent d'une percussion effectuée sur les faces externe et surtout interne des coquilles (Cristiani et Spinapolice, 2009; Douka et Spinapolice,

2012). Les supports ainsi obtenus ne sont pas de morphologie standardisée et sont utilisés parfois bruts, ou retouchés. En Australie, au lac de Mungo, des plaquettes sub-rectangulaires et sub-elliptiques en coquilles, datées entre 40 et 30 ka BP, ont été récemment découvertes (Weston *et al.*, 2017). Ces vestiges sont pour la plupart définis comme des outils expédients en raison de leur utilisation à l'état naturel, sans modification des bords. Dans ce cas précis, tout comme pour de nombreux exemples de la littérature scientifique, nous manquons de données sur les modalités de fabrication de cet outillage, car l'identification des outils se fonde le plus souvent exclusivement sur leur analyse fonctionnelle, les modalités de production des supports n'étant que rarement prises en considération.

En France, l'application des principes du remontage mental a essentiellement concerné l'identification des schémas de transformation par fracturation en lien avec la production d'objets de parure, façonnés à partir de supports plats (ex : une valve). Le travail de Sandrine Bonnardin (Bonnardin, 2009), concernant les objets de parure au Néolithique ancien dans les bassins parisien et rhénan, identifie plusieurs séquences de transformation dans lesquelles la percussion directe diffuse intervient dans la phase de débitage. Ces séquences permettent la production de supports géométriques (rectangulaires) pour la création de perles tubulaires en *Spondylus gaederopus* (Bonnardin, 2009, p. 89, fig. 39) et de perles discoïdales en *Cardiidae* (Bonnardin, 2009, p. 91-92, fig. 43). Ce schéma de transformation, avec des variations liées aux modalités de façonnage, a été identifié dans d'autres régions européennes et extra européennes pour la production de perles discoïdales (Ricou et Esnard, 2000; Borrello et Rossi, 2006; Laporte *et al.*, 2009; Manca, 2010; Heit, 2014).

Plusieurs travaux majeurs sont nés dans le cadre des études sur les populations des îles des Caraïbes et de l'Amérique centrale, dont l'économie est souvent basée sur l'exploitation des ressources marines. Pour ces contextes, l'emploi d'un débitage par fracturation est fréquent. Ce dernier est aussi attesté par des recherches ethnographiques dans le Nord-Est de l'Inde chez des sociétés caribéennes produisant fréquemment des supports par percussion directe diffuse, utilisés bruts de débitage (O'Day et Keegan, 2001). Cette pratique – concomitante à l'emploi de procédés de débitage et de schémas de transformation plus complexes – est associée à la production de divers outils : pics, couteaux, hoes, raboteuses mais aussi cuillères, godets et racloirs (O'Day et Keegan, 2001, p. 282-288). En 2007, le travail d'Yvonne Lammers-Keijsers (Lammers-Keijsers, 2007) montre que la percussion directe diffuse intervient dans plusieurs séquences de transformation au cours des opérations de débitage. Les supports, produits sur deux espèces, *Chama sarda* et *Strombus gigas*, sont par la suite régularisés par abrasion (Lammers-Keijsers, 2007, p. 46).

La thèse d'Émilie Mas (Mas, 2015) concerne le matériel malacologique du bassin de Sayula (Jalisco, Mexique), daté entre 450 et 1000 apr. J.-C. Dans ce cadre, un débitage par fracturation a été identifié sur des bivalves (*Spondylus calcifer*, *Anadara* sp., *Pinctada mazatlanica*) et des gastéropodes (*Strombus galeatus*). L'objectif est une production de pendentifs et de divers petits objets utilitaires ou non utilitaires. L'identification de plusieurs produits techniques (ébauches, déchets et supports) a été possible grâce à la mise en place d'expérimentations (Mas, 2015, p. 80).

Parallèlement à ces travaux, se développe une réflexion sur les propriétés mécaniques et micro-structurelles des coquilles exploitées et leurs implications : la première, dans les gestes techniques de transformation et, en conséquence, dans le choix des espèces; la deuxième, à la fois technique et taphonomique, concerne la distinction des modifications anthropiques et naturelles. Ces sujets sont traités en tenant compte non seulement des propriétés mécaniques et micro-structurelles des coquilles, mais aussi de leurs caractéristiques morphologiques et du degré de modification diagénétique ayant affecté les tests. Sur le plan technique, il convient de citer, entre autres, le travail de Katherine Szabó (Szabó, 2008) qui caractérise d'un point de vue micro-structurel trois espèces de gastéropodes – *Tectus niloticus* Linné 1767, *Turbo marmoratus* Linné 1758 et *Conus leopardus* (Röding) 1798 –, et observe leurs variations dans la séquence de transformation, ce qui permet de mieux expliquer les choix techniques. Ainsi, le même auteur met en relation les aspects techniques et taphonomiques à travers l'étude conduite sur une espèce de Patellidae, *Scutellastra flexuosa* (Quoy et Gaimard) 1834 (Szabó et Koppel, 2015).

Un certain nombre de travaux expérimentaux concernant la fracturation des coquilles a été publié à ce jour (Pauc, 1997; Ricou et Esnard, 2000; Choi et Driwantoro, 2007; Cristiani et Spinapolice, 2009; Douka et Spinapolice, 2012; Manca, 2014; Mas, 2015; Szabó et Koppel, 2015). Leur principal objectif était de mettre en évidence le comportement de la matière première coquille face à la percussion (Cristiani et Spinapolice, 2009; Manca, 2014; Mas, 2015) et, lorsque cela est possible, de caractériser les pans de fracture à travers la description des cônes de percussion (ou points d'impact), de la morphologie des pans de fracture ou de l'encoche due à la percussion (Manca, 2013, 2014 et ce volume b). Les espèces prises en considération par ces travaux appartiennent aux familles de bivalves : *Anadara* sp., *Callista chione* Linné 1758, *Cerastoderma edule* Linné 1758, *Ostrea edulis* Linné 1758, *Spondylus calcifer* (Carpenter) 1857, *Pinctada mazatlanica* (Hanley) 1856, et de gastéropodes : *Strombus galeatus* (Swainson) 1823 et *Scutellastra flexuosa* (Quoy et Gaimard) 1834.

Les expérimentations réalisées par Kildo Choi et Dubel Driwantoro (Choi et Driwantoro, 2007) avaient pour objectif d'utiliser la percussion directe diffuse pour dégager une partie active sur des bivalves (façonnage sur masse; voir Goutas et Christensen, ce volume), visant l'obtention d'un tranchant transversal sur la partie active. Les résultats permettent de conclure que « Because each layer fractures in its own orientation, this fracture process is uncontrollable. Deliberate replication of a specific cross-section is impossible. » (Choi et Driwantoro, 2007, p. 52). Si pour une grande partie des coquilles il a été

démontré par l'expérimentation que l'emploi de la percussion directe diffuse au sein du débitage conduit à la production de supports de morphologie et de dimensions aléatoires (Cristiani et Spinapolice, 2009 ; Douka et Spinapolice, 2012), cela n'est pas la règle. Des expérimentations conduites sur les *Ostrea edulis* montrent que si l'on prend en considération les attributs de la matière première, les blocs réagissent de façon très différente face à la percussion directe diffuse (Manca, 2013 et 2014). Dans ce cas, pour l'obtention d'un ou de plusieurs supports à partir d'un même bloc de matière première, un temps très court est nécessaire (quelques secondes) et le résultat est toujours satisfaisant. Lors d'une percussion trop importante ou ratée, le support peut encore être modifié pour lui donner la morphologie recherchée car la matière première, bien que résistante, réagit très bien à la percussion. De plus, d'autres aspects plus strictement liés au savoir-faire, comme le choix d'un outil bien adapté, la maîtrise de la force et de l'inclinaison au moment de l'impact, peuvent permettre à l'opérateur de mieux contrôler les résultats obtenus. Ces observations portent à réfléchir sur la définition des produits issus d'une fracturation, parfois définis comme expédients, c'est-à-dire des objets finis à faible investissement technique (O'Day et Keegan, 2001 ; Weston *et al.*, 2017). Si l'emploi de la fracturation permet un gain de temps non négligeable dans les chaînes opératoires de transformation associées au traitement des coquilles, cela n'est pas toujours systématique, et cette méthode de débitage peut dans certains cas s'avérer parfois particulièrement chronophage (Manca, 2013). Il est dès lors nécessaire de prendre aussi en considération les « aspects temporels » de la phase d'acquisition d'un bloc de matière première, évaluer selon l'accessibilité et la disponibilité de ces ressources (distance des lieux potentiels d'approvisionnement, modalités de collecte, éventuelle saisonnalité de la collecte), et l'état de la matière première lors de la transformation (nécessité de stockage, gestion des blocs de matière première).

La prise en considération de ces éléments permet de mieux définir les séquences de production dans lesquelles le débitage par fracturation a été employé et de l'intégrer à une dynamique économique globale souvent négligée.

CONCLUSION

Ce panorama très synthétique des travaux concernant la fragmentation (taphonomique) et la fracturation (anthropique) des vestiges malacofauniques visait à dres-

ser un cadre global de la problématique et des principales étapes de la recherche, sans toutefois prétendre à l'exhaustivité. Dans l'ensemble, il découle que, pour bien identifier la présence du débitage par fracturation et pour interpréter le rôle socio-économique qu'il a joué au sein des sociétés anciennes, il est nécessaire de puiser dans diverses disciplines et approches. Si plusieurs travaux ont une longue tradition dans l'étude des vestiges malacologiques, notamment dans le champ de la taphonomie, de la paléontologie et de la biologie, c'est seulement assez récemment que les recherches sur les aspects plus proprement archéomalacologiques et technologiques ont commencé à se développer. Cette approche est pourtant encore loin d'être systématiquement appliquée en archéologie, nonobstant son grand potentiel (voir par exemple : Gruet, 1993 ; Dupont, 2006 ; Szabó *et al.*, 2014 ; Girod, 2015). Néanmoins, de récentes initiatives scientifiques concernant l'exploitation des ressources malacologiques (ateliers, groupes de recherche, sessions de colloques internationaux)⁽²⁾ marquent un intérêt croissant pour ce sujet et permettront un net développement de nos connaissances sur les modalités d'exploitation des coquilles dans une vaste perspective d'ordre géographique et chronologique.

Remerciements. Je tiens à remercier Patrizia Manca pour la correction du résumé en anglais. Je remercie également les rapporteurs pour leurs conseils qui ont permis d'améliorer le présent article.

NOTES

- (1) Nous citons toutes les recherches qui ont permis aux divers auteurs d'identifier des objets finis sur des supports issus d'une fracturation volontaire des blocs de matières première en coquille. Ces auteurs ne parlent qu'exceptionnellement de débitage par fracturation.
- (2) On se réfère plus particulièrement à l'*international workshop* « Human and Mollusc Interactions : From Prehistory to Present », organisé au Muséum national d'histoire naturelle par Ariadna Burgos, Philippe Bahuchet et Jeff Kinch ; au groupe de recherche international AMWG (Archaeomalacology Working Group) de l'ICAZ et aux diverses sessions prévues dans le cadre du 18^e Colloque international de l'ICAZ qui se déroulera à Ankara en septembre 2018.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLEN M. J. (2017) – *Molluscs in Archaeology: Methods, Approaches and Applications*, Oxford, Oxbow Books, 448 p.
- ANDRADE-LIMA T., BOTELHO DE MELLO E. M., COELHO-PINHEIRO DA SILVA R. (1986) – Analysis of Molluscan

Remains from the Ilha de Santana Site, Macaé, Brazil, *Journal of Field Archaeology*, 13, p. 85-97.

- ARNOLD M. J., ARNOLD K. O. (1969) – Some Aspects of Hole-Boring Predation by *Octopus vulgaris*, *Integrative and Comparative Biology*, 9, 3, p. 991-996.

- VERBOUH A. (2000) – *Technologie de la matière osseuse travaillée et implications paléolithiques : l'exemple des chaînes d'exploitation du bois de cervidé chez les Magdaléniens des Pyrénées*, thèse de doctorat, université Paris 1 – Panthéon-Sorbonne, 2 vol., 253 et 247 p.
- VERBOUH A., CHRISTENSEN M., LETOURNEUX C. (2010) – Altérations taphonomiques et industrie osseuse : quelle approche pour quel objectif? Le cas de la dissolution et de son action sur les vestiges en matière osseuse travaillée, in C. Thiébaud, M.-P. Coumont et A. Averbouh (dir.), *Mise en commun des approches en taphonomie = Sharing Taphonomic Approaches*, actes du 15^e Congrès international de l'UISPP, session 16 (Lisbonne, 4-9 septembre 2006), Les Eyzies-de-Tayac, SAMRA (supplément à *Paléo*, 3), p. 65-74.
- BIAGI P. (2015) – Shell Middens/Kitchen Middens (Køkkenmøddinger): da Worsaae ad oggi, in A. Girod (dir.), *Appunti di archeomalacologia*, Florence, All'Insegna del Giglio, p. 129-135.
- BONNARDIN S. (2009) – *La parure funéraire des premières sociétés agro-pastorales des bassins parisiens et rhénans : Rubané, Hinkelstein et Villeneuve-Saint-Germain*, Paris, Société préhistorique française (Mémoire, 49), 324 p.
- BORRELLO M. A. (2006) – *Conchiglie e archeologia, contributi scientifici in occasione della mostra Dentro la Conchiglia: sezione archeologica*, Trente, Museo tridentino di Scienze Naturali (supplément 1 à *Preistoria Alpina*, 40), 182 p.
- BORRELLO M. A., ROSSI G. (2006) – La lavorazione di ornamenti in *Spondylus gaederopus* nel Neolitico della caverna delle Arene Candide (Savona, Italia). Nota preliminare, in M. A. Borrello (dir.), *Conchiglie e archeologia: contributi scientifici in occasione della mostra Dentro la Conchiglia: sezione archeologica*, Trente, Museo Tridentino di Scienze Naturali (supplément 1 à *Preistoria Alpina*, 40), p. 83-90.
- BRANDT D. S. (1989) – Taphonomic Grades as a Classification for Fossiliferous Assemblages and Implications for Paleocology, *Palaïos*, 4, p. 303-309.
- BRENCHLEY P. J., HARPER D. A. T. (1998) – *Palaeoecology. Ecosystems, Environments and Evolution*, Londres, Chapman and Hall, 407 p.
- BUSCHBAUM C., BUSCHBAUM G., SCHREY I., THIELTGES D. W. (2007) – Shell-Boring Polychaetes Affect Gastropod Shell Strength and Crab Predation, *Marine Ecology Progress Series*, 329, p. 123-130.
- CADÉE G. C. (1968) – Molluscan Biocoenoses and Thanatocoenoses in the Ria de Arosa, Galicia, Spain, *Zoologische Verhandlungen*, 95, p. 1-121.
- CASTEEL R. W., GRAYSON D. K. (1977) – Terminological Problems in Quantitative Faunal Analysis, *World Archaeology*, 9, p. 235-242.
- CHAIX L., MÉNIEL P. (1996) – *Éléments d'archéozoologie*, Paris, Errance, 112 p.
- CHENORKIAN R. (1990) – Conservation en milieu coquillier et reconstitution des diètes préhistoriques, *Travaux du Laboratoire d'anthropologie et de Préhistoire des pays de la Méditerranée occidentale*, 1990, p. 133-146.
- CHOI K., DRIWANTORO D. (2007) – Shell Tool Use by Early Members of *Homo erectus* in Sangiran, Central Java, Indonesia: Cut Mark Evidence, *Journal of Archaeological Science*, 34, p. 48-58.
- CINTRA-BUENROSTRO C. E. (2007) – Trampling, Peeling and Nibbling Mussels: An Experimental Assessment of Mechanical and Predatory Damage to Shells of *Mytilus trossulus* (Mollusca: Mytilidae), *Journal of Shellfish Research*, 26, p. 221-231.
- CLAASSEN C. (1998) – *Shells*, Cambridge, Cambridge University Press (Cambridge Manuals in Archaeology Series), 266 p.
- CRISTIANI E., SPINAPOLICE E. (2009) – Approccio tecnologico sperimentale all'industria su *Callista chione*. Nuovi risultati da Grotta dei Giganti (Lecce), in A. Tagliacozzo, I. Fiore, S. Marconi et U. Tecchiati (dir.), *Atti del 5^o Convegno Nazionale di Zooarcheologia*, actes du colloque (Rovereto, 10-12 novembre 2006), Rovereto, Osiride, p. 85-88.
- CUENCA-SOLANA D., CLEMENTE-CONTE I., GUTIÉRREZ-ZUGASTI I. (2010) – Utilización de instrumentos de concha durante el Mesolítico y Neolítico inicial en contextos litorales de la región cantábrica: programa experimental para el análisis de huellas de uso en materiales malacológicos, *Trabajos de Prehistoria*, 67, 1, p. 211-225.
- CUENCA-SOLANA D., GUTIÉRREZ-ZUGASTI F. I., CLEMENTE-CONTE I. (2011) – The Use of Molluscs as Tools by Coastal Human Groups: Contribution of Ethnographical Studies to Research on Mesolithic and Early Neolithic Contexts in Northern Spain, *Journal of Anthropological Research*, 67, 1, p. 77-102.
- CUENCA-SOLANA D., GUTIÉRREZ-ZUGASTI I., GONZÁLEZ-MORALES M. R., SETIÉN-MARQUINEZ J., RUIZ-MARTÍNEZ E., GARCÍA-MORENO A., CLEMENTE-CONTE I. (2013) – Shell Technology, Rock Art, and the Role of Marine Resources during the Upper Paleolithic, *Current Anthropology*, 54, 3, p. 370-380.
- CUENCA-SOLANA D., GUTIÉRREZ-ZUGASTI F. I., CLEMENTE-CONTE I. (2014) – Shell Tools in an Early Neolithic Coastal Site in the Cantabrian Region (Northern Spain): Experimental Program for Use-Wear Analysis at Santimamiñe Cave, in K. Szabó, C. Dupont, S. Dimitrijevic, L. Gómez-Gastélun et N. Serrand (dir.), *Archeomalacology: Shells in the Archaeological Record*, Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 266), p. 101-110.
- CUENCA-SOLANA D., GUTIÉRREZ-ZUGASTI F. I., GONZÁLEZ-MORALES M. R. (2015) – Use-Wear Analysis: an Optimal Methodology for the Study of Shell Tools, *Quaternary International*, 427, p. 192-200.
- CUENCA-SOLANA D., GUTIÉRREZ-ZUGASTI I., RUIZ-REDONDO A., GONZÁLEZ-MORALES M. R., SETIÉN J., RUIZ-MARTÍNEZ E., PALACIO-PÉREZ E., DE LAS HERAS-MARTÍN C., PRADA-FREIXEDO A., LASHERAS-CORRUCHAGA J. A. (2016) – Painting Altamira Cave? Shell Tools for Ochre-Processing in the Upper Palaeolithic in Northern Iberia, *Journal of Archaeological Science*, 74, p. 135-151.
- CURREY J. D., KOHN A. J. (1976) – Fracture in the Crossed-Lamellar Structure of *Conus* Shells, *Journal of Materials Science*, 11, p. 1615-1623.

- CURREY J. D., TAYLOR J. D. (1974) – The Mechanical Behaviour of Some Molluscan Hard Tissues, *Journal of Zoology*, 173, p. 395-406.
- DAVIES D. J., STAFF G. M., CALLENDER W. R., POWELL E. N. (1990) – Description of a Quantitative Approach to Taphonomy and Taphofacies Analysis: All Dead Things Are not Created Equal, in W. Miller (dir.), *Paleocommunity Temporal Dynamics: The Long-Term Development of Multispecies Assemblies*, Knoxville, University of Tennessee (*The Paleontological Society*, numéro special 5), p. 328-350.
- D'ERRICO F., JARDON-GINER P., SOLER-MAYOR B. (1993) – Critères à base expérimentale pour l'étude des perforations naturelles et intentionnelles sur coquillages, in P. C. Anderson, S. Beyries et M. Otte (dir.), *Traces et fonction : les gestes retrouvés*, actes du colloque international (Liège, 8-10 décembre 1990), Liège, université de Liège (ERAUL, 50), p. 243-254.
- DODD R. J., STANTON R. J. (1990) – *Paleoecology. Concepts and Applications*, New York, Wiley, 528 p.
- DOUKA K., SPINAPOLICE E. E. (2012) – Neanderthal Shell Tool Production: Evidence from Middle Palaeolithic Italy and Greece, *Journal of World Prehistory*, 25, p. 45-79.
- DRISCOLL E. G. (1967) – Experimental Field Study of Shell Abrasion, *Journal of Sedimentary Petrology*, 37, 4, p. 1117-1123.
- DRISCOLL E. G., WELTIN T. P. (1973) – Sedimentary Parameters as Factors in Abrasive Shell Reduction, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 13, p. 275-288.
- DUPONT C. (2006) – *La malacofaune de sites mésolithiques et néolithiques de la façade atlantique de la France : contribution à l'économie et à l'identité culturelle des groupes concernés*, Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 1571), 438 p.
- DUPONT C. (2012) – Ne confondons pas coquilles et coquillages. Vision diachronique de l'archéologie des mollusques le long de la façade atlantique, in E. Faugère et I. Sénépart (dir.), *Techniques et Culture*, 59, 2 (Itinéraires de coquillages), p. 242-259.
- DUPONT C. (2013) – Teinture et exploitation du pourpre *Nucella lapillus* le long du littoral atlantique français, in M.-Y. Daire, C. Dupont, A. Baudry, C. Billard, J.-M. Large, L. Lespez, E. Normand et C. Scarre (dir.), *Anciens peuplements littoraux et relations homme-milieu sur les côtes de l'Europe atlantique = Ancient Maritime Communities and the Relationship between People and Environment along the European Atlantic Coasts*, actes du colloque HOMER (Vannes, 27 septembre-1^{er} octobre 2011), Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 2570), p. 459-467.
- DUPONT C. (2017) – Connaitre l'exploitation du littoral par l'homme à partir des invertébrés marins découverts en contexte archéologique, *Les Nouvelles de l'Archéologie*, 148, p. 28-33.
- DUPONT C., DOYEN D. (2017) – La couleur pourpre de la mer : l'extraction de colorant à Saint-Michel-Chef-Chef au 1^{er} s. apr. J.-C., (Loire-Atlantique), in R. González Villaescusa, K. Schörle, F. Gayet et F. Rechin (dir.), *L'exploitation des ressources maritimes de l'Antiquité. Activités productives et organisation des territoires*, actes du colloque international (Antibes, 11-14 octobre 2016), Antibes, APDCA, p. 53-66.
- GIFFORD E. W. (1916) – Composition of California Shellmounds, *American Archaeology and Ethnology*, 12, 1, p. 1-29.
- GIROD A. (2015) – *Appunti di archeomalacologia*, Florence, All'Insegna del Giglio, 216 p.
- GORZELAK P., SALAMON M. A., TRZESIOK D., NIEDZWIEDZKI R. (2013) – Drill Holes and Predation Traces versus Abrasion-Induced Artifacts Revealed by Tumbling Experiments, *PLoS ONE*, 8, 3, e58528, DOI : 10.1371/journal.pone.0058528 [en ligne].
- GOUTAS N., CHRISTENSEN M. avec la collaboration de TARTAR E., MALGARINI R., TEJERO J.-M., et TREUILLOT J. (ce volume) – Extraction, partition, réduction ou fracturation? De quoi parlons-nous? Discussion sur la production de supports allongés (baguette, éclat baguettairé vs éclat), in M. Christensen et N. Goutas (dir.), « *À coup d'éclats!* » *La fracturation des matières osseuses en Préhistoire : discussion autour d'une modalité d'exploitation en apparence simple et pourtant mal connue*, actes de la séance de la Société préhistorique française (Paris, 25 avril 2017), Paris, SPF (Séances de la Société préhistorique française, 13), p. 55-97.
- GRAYSON D. K. (1984) – *Quantitative Zooarchaeology: Topics in the Analysis of Archaeological Faunas*, Londres, Academic Press, 201 p.
- GRUET Y. (1991) – Stades de destruction des coquilles de *Patella* sur l'estran et en milieu terrestre, in M. Le Pennec (dir.), *Aspects récents de la biologie des mollusques*, actes du 13^e Colloque de la Société française de malacologie (Brest, 7-8 novembre 1990), Brest, IFREMER et Paris, Société française de malacologie, p. 183.
- GRUET Y. (1993) – Les coquillages marins : objets archéologiques à ne pas négliger. Quelques exemples d'exploitation et d'utilisation dans l'Ouest de la France, *Revue archéologique de l'Ouest*, 10, p. 157-161.
- GUTIÉRREZ-ZUGASTI F. I. (2011) – Shell Fragmentation as a Tool for Quantification and Identification of Taphonomic Processes in Archaeomalacological Analysis: The Case of the Cantabrian Region (Northern Spain), *Archaeometry*, 53, 3, p. 614-630.
- HARRIS M., WEISLER M., FAULKNER P. (2015) – A Refined Protocol for Calculating MNI in Archaeological Molluscan Shell Assemblages: A Marshall Islands Case Study, *Journal of Archaeological Science*, 57, p. 168-179.
- HECHT F. (1933) – Der Verbleib der organischen Substanz der Tiere bei meerischer Einbettung, *Senckenbergiana*, 15, 3-4, p. 165-249.
- HEIT I. (2014) – The Bead Workshop at Site MPS4, Mil Plain, Azerbaijan: Craft Specialisation and the Manufacture of Shell Jewelry in the Neolithic, in A. Golani et Z. Wygnańska (dir.), *Beyond Ornamentation. Jewelry as an Aspect of Material Culture in the Ancient Near East*, Varsovie, University of Warsaw Press (*Polish Archaeology in the Mediterranean*, Special Studies 23, 2), p. 21-39.
- HESSE A., PRIEUR A. (1999) – Compter ou peser...? Valeurs absolues ou relatives...? (à propos d'amas coquilliers

- anthropiques sur la côte ouest de la péninsule d'Oman), *Revue d'archéométrie*, 23, p. 47-57.
- JERARDINO A., FAULKNER P., FLORES C. (2017) – Current Methodological Issues in Archaeomalacological Studies, *Quaternary International*, 427, p. 1-4.
- KENNETH D. T. (2015) – Molluscs Emergent, Part I: Themes and Trends in the Scientific Investigation of Mollusc Shells as Resources for Archaeological Research, *Journal of Archaeological Science*, 56, p. 133-140.
- KIDWELL S. M., ROTHFUS T. A., BEST M. M. R. (2001) – Sensitivity of Taphonomic Signatures to Sample Size, Sieve Size, Damage Scoring System, and Target Taxa, *Palaio*, 16, p. 26-52.
- KLÄHN H. (1931) – Untersuchung über Sedimentierung und Sediment-Druck des Sandes, *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie*, 65, p. 375-468.
- KRISTIANSEN K. (2002) – The Birth of Ecological Archaeology in Denmark: History and Research Environments 1850-2000, in A. Fischer et K. Kristiansen (dir.), *The Neolithisation of Denmark. 150 Years of Debate*, Sheffield, J. R. Collis, p. 11-31.
- KUBICKA A. M., ROSIN Z. M., TRYJANOWSKI P., NELSON E. (2017) – A Systematic Review of Animal Predation Creating Pierced Shells: Implications for the Archaeological Record of the Old World, *PeerJ*, 5, e2903, DOI : 10.7717/peerj.2903 [en ligne].
- LABARBERA M., MERZ R. A. (1992) – Postmortem Changes in Strength of Gastropod Shells: Evolutionary Implications for Hermit Crabs, Snails, and Mutual Predators, *Paleobiology*, 18, p. 367-377.
- LAMMERS-KEIJSERS Y. (2007) – *Tracing Traces from Present to Past: A Functional Analysis of pre-Columbian Shell and Stone Artefacts from Anse à la Gourde and Morel. Guadeloupe, FWI*, Leyde, Leiden University Press (Archaeological Studies Leiden University, 15), 182 p.
- LAPORTE L., GRUET Y., DUPONT C., RICOU C., ESNARD T., QUERRE G., REICHE I. (2009) – La Parure. Approches stylistiques, technologiques et fonctionnelles du mobilier, in L. Laporte (dir.), *Des premiers paysans aux premiers métallurgistes sur la façade atlantique de la France (3500-2000 av. J.-C.)*, Chauvigny, Association des publications chauvinoises (Mémoires de la Société de recherche archéologique de Chauvigny, 33), p. 449-549.
- LYMAN R. L. (2008) – *Quantitative Paleozoology*, Cambridge, Cambridge University Press, 374 p.
- MANCA L. (2010) – Gli oggetti d'ornamento in conchiglia, in M. G. Melis (dir.), *Usini. Ricostruire il passato. Una ricerca internazionale a S'Elighe Entosu*, Sassari, Carlo Delfino, p. 237-248.
- MANCA L. (2013) – *Fonctionnement des sociétés de la fin du Néolithique au début de l'âge du Cuivre en Sardaigne. Une approche inédite à partir de l'étude des productions en matières dures animales*, thèse de doctorat, université de Provence, Aix-en-Provence, 2 vol., 764 p.
- MANCA L. (2014) – The Individuation of a New Type of Shell Tools during Early Chalcolithic in Sardinia: The Bevelled Tools on Oyster Valves. An Experimental Approach to Reconstruct the Operational Sequences, in A. Averbough, M. Margarit et G. Le Dosseur (dir.), *Prehistoric Exploitation of Hard Animal Material. An Overview of the Exploitation of Hard Animal Materials during the Neolithic and Chalcolithic*, Targoviste, Cetatea de Scaun, p. 153-180.
- MANCA L. (2016) – The Shell Industry in Final Neolithic Societies in Sardinia: Characterizing the Production and Utilization of *Glycymeris* da Costa, 1778 Valves, *Anthropozoologica*, 51, 2, p. 149-171.
- MANCA L. (ce volume b) – L'emploi de la percussion directe diffuse et la méthode de débitage par fracturation dans l'exploitation des coquilles : exemples du Néolithique final et du Chalcolithique ancien de Sardaigne (Italie), in M. Christensen et N. Goutas (dir.), « À coup d'éclats ! » *La fracturation des matières osseuses en Préhistoire : discussion autour d'une modalité d'exploitation en apparence simple et pourtant mal connue*, actes de la séance de la Société préhistorique française (Paris, 25 avril 2017), Paris, SPF (Séances de la Société préhistorique française, 13), p. 283-310.
- MARTE F., PÉQUIGNOT A. (2013) – Les amas coquilliers du site Imiwaia I (Canal Beagle, Argentine). Étude des coquilles *Mytilus edulis* au moyen de la FTIR-ATR, *L'Anthropologie*, 117, 2, p. 135-160.
- MARTIN H. (1932) – Différents modes de perforation de la coquille chez les mollusques, *Procès verbaux de la Société linnéenne de Bordeaux*, 1932, p. 1-5.
- MARTIN R. E. (1999) – *Taphonomy. A Process Approach*, Cambridge, Cambridge University Press (Cambridge Paleobiology Series, 4), 513 p.
- MAS E. (2015) – *La parure en coquille à Sayula (Occident du Mexique). Approche technostylistique et rôle dans la dynamique socioculturelle entre 450 et 1000 apr. J.-C.*, thèse de doctorat, université Paris 1 – Panthéon-Sorbonne, 794 p.
- MAYO J., COOKE R. (2005) – La industria prehispánica de conchas marinas en Gran Coclé, Panamá. Análisis tecnológico de los artefactos de concha del basurero-taller del Sitio Cerro Juan Díaz, Los Santos, Panamá, *Archaeofauna*, 14, p. 285-298.
- MÜLLER P., STAUDIGEL P. T., MURRAY S. T., VERNET R., BARUSSEAU J. P., WESTPHAL H., SWART P. K. (2017) – Prehistoric Cooking versus Accurate Palaeotemperature Records in Shell Midden Constituents, *Scientific Reports*, 7, e3555, DOI :10.1038/s41598-017-03715-8 [en ligne].
- NELSON N. C. (1910) – The Ellis Landing Shellmound, *American Archaeology and Ethnology*, 7, p. 357-426.
- O'DAY J. S., KEEGAN W. F. (2001) – Expedient Shell Tools from the Northern West Indies, *Latin American Antiquity*, 12, 3, p. 274-290.
- OJI T., OGAYA C., SATO T. (2003) – Increase of Shell-Crushing Predation Recorded in Fossil Shell Fragmentation, *Paleobiology*, 29, p. 520-526.
- PAPP A., ZAPFE H., BACHMAYER F., TAUBER A. F. (1946) – Lebensspuren mariner Krebse, *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse*, 155, p. 281-289.

- PARSONS K. M., BRETT C. E. (1991) – Taphonomic Processes and Biases in Modern Marine Environments: An Actualistic Perspective on Fossil Assemblage Preservation, in S. K. Donovan (dir.), *The Processes of Fossilization*, New York, Columbia University Press, p. 22-65.
- PAUC P. (1997) – Reproduction de perles circulaires réalisées en test de *Cerastoderma edule*, in C. Chevillot (dir.), *Journées d'archéologie expérimentale du parc de Beynac (Dordogne), bilan des années 1996-1997*, Sarlat, Association des musées du Sarladais, p. 8-66.
- POWELL E. N., CALLENDER W. R., STAFF G. M., PARSONS-HUBBARD K. M., BRETT C. E., WALKER S. E., RAYMOND A., ASHTON-ALCOX K. A. (2008) – Molluscan Shell Condition after Eight Years on the Sea Floor. Taphonomy in the Gulf of Mexico and Bahamas, *Journal of Shellfish Research*, 27, p. 191-225.
- POWELL E. N., STAFF G. M., DAVIES D. J., CALLENDER W. R., (1989) – Macrobenthic Death Assemblages in Modern Marine Environments: Formation, Interpretation, and Application, *Aquatic Sciences*, 1, p. 555-589.
- POWELL E. N., PARSONS-HUBBARD K. M., CALLENDER W. R., STAFF G. M., ROWE G. T., BRETT C. E., WALKER S. E., RAYMOND A., CARLSON D. D., WHITE S., HEISE E. A. (2002) – Taphonomy on the Continental Shelf and Slope: Two-Year Trends, Gulf of Mexico and Bahamas, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 184, p. 1-35.
- POWELL E. N., STAFF G. M., CALLENDER W. R., ASHTON-ALCOX K. A., BRETT C. E., PARSONS-HUBBARD K. M., WALKER S. E., RAYMOND A. (2011) – Taphonomic Degradation of Molluscan Remains during Thirteen Years on the Continental Shelf and Slope of the Northwestern Gulf of Mexico, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 312, p. 209-232.
- REVELLE R., FAIRBRIDGE R. (1957) – Carbonates and Carbon Dioxide, in J. W. Hedgpeth (dir.), *Ecology. Treatise on Marine Ecology and Paleocology*, I. *Ecology*, Boulder (Colo.), Geological Society of America (Geological Society of America, 67), p. 239-296.
- RICOU C., ESNARD T. (2000) – Étude expérimentale concernant la fabrication de perles en coquillage de deux sites arténiens oléronais, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 97, 1, p. 83-93.
- ROMAGNOLI F., MARTINI F., SARTI L. (2015) – Neanderthal Use of *Callista chione* Shells as Raw Material for Retouched Tools in South-East Italy: Analysis of Grotta del Cavallo Layer L Assemblage with a New Methodology, *Journal of Archaeological Method and Theory*, 22, 4, p. 1007-1031.
- ROMAGNOLI F., BAENA J., SARTI L. (2016) – Neanderthal Retouched Shell Tool and Quina Economic and Technical Strategies: An Integrated Behavior, *Quaternary International*, 407, p. 29-44.
- ROMAGNOLI F., BAENA J., PARDO NARANJO A. I., SARTI L. (2017) – Evaluating the Performance of the Cutting Edge of Neanderthal Shell Tools: A New Experimental Approach. Use, Mode of Operation, and Strength of from a Behavioural, Quina Perspective, *Quaternary International*, 427, p. 216-228.
- ROY K., MILLER D. J., LABARBERA M. (1994) – Taphonomic Bias in Analyses of Drilling Predation: Effects of Gastropod Drill Holes on Bivalve Shell Strength, *Palaios*, 9, p. 413-421.
- SALAMON M. A., GORZELA K. P., NIEDŹWIEDZKI R., TRZEŚSIOK D., BAUMILLER T. K. (2014) – Trends in Shell Fragmentation as Evidence of Mid-Paleozoic Changes in Marine Predation, *Paleobiology*, 40, 1, p. 14-23.
- SERRAND N., VIGNE J.-D. (2011) – La malacofaune et les crustacés : subsistance et matières premières, in J. Guilaine, F. Briois et J.-D. Vigne (dir.), *Shillourokambos. Un établissement néolithique pré-céramique à Chypre. Les fouilles du secteur 1*, Paris, Errance et École française d'Athènes, p. 807-833.
- STEENSTRUP J. J. S. (1872) – *Sur les Kjokkenmoddings de l'âge de la Pierre et sur la faune préhistorique de Danmark*, extrait des Bulletins du Congrès international d'archéologie préhistorique à Copenhague en 1869, [p. 135-174], Copenhague, Thiele, 40 p.
- SUÁREZ DÍEZ L. (1977) – *Tipología de los objetos prehispánicos de concha*, México, INAH (Colección Científica, 54), 209 p.
- SUÁREZ DÍEZ L. (1981) – *Técnicas prehispánicas en los objetos de concha*, México, INAH (Colección Científica, 14), 127 p.
- SZABÓ K. (2008) – Shell as Raw Material: Mechanical Properties and Working Techniques in the Tropical Indo-West Pacific, *Archaeofauna*, 17, p. 125-138.
- SZABÓ K., DUPONT C., DIMITRIJEVIC V., GASTÉLUM GÓMEZ L. G., SERRAND N., (2014) – *Archaeomalacology: Shells in the Archaeological Record*, actes du 11^e Colloque ICAZ, Archaeomalacology Working group (Paris, 23-28 août 2010), Oxford, Archaeopress (BAR, International Series 2666), 256 p.
- SZABÓ K., KOPPEL B. (2015) – Limpet Shells as Unmodified Tools in Pleistocene Southeast Asia: An Experimental Approach to Assessing Fracture and Modification, *Journal of Archaeological Science*, 54, p. 64-76.
- TABORIN Y. (1974) – La parure en coquillage de l'Épipaléolithique au Bronze ancien en France, *Gallia Préhistoire*, 17, 2, p. 307-417.
- TABORIN Y. (1977) – Les objets de parure, *Gallia Préhistoire*, 20, 1, p. 205-214.
- TRIGGER B. G. (1986) – *Native Shell Mounds of North America: Early studies*, New York, Garland, 555 p.
- VASCONCELOS P., MORGADO-ANDRÉ A., MORGADO-ANDRÉ C., GASPAR M. B. (2011) – Shell Strength and Fishing Damage to the Smooth Clam (*Callista chione*): Simulating Impacts Caused by Bivalve Dredging, *Ices, Journal of Marine Science*, 68, p. 32-42.
- VIGIÉ B. (1987) – Essai d'étude méthodologique d'outils sur coquillages de la grotte de Camprafaud (Ferrières-Poussarou, Hérault), *L'Anthropologie*, 91, p. 263-272.
- VIGIÉ B. (1995) – Du déchet alimentaire à l'objet coquillier : le statut des coquillages en milieu archéologique, in G. Camps (dir.), *L'homme préhistorique et la mer*, actes du 120^e

- Congrès du CTHS (Aix-en-Provence, 23-26 octobre 1995), Paris, CTHS, p. 351-354.
- VIGIÉ B., COURTIN J. (1986) – Les outils sur coquilles marines dans le Néolithique du Midi de la France, *Mesogée*, 46, 1, p. 51-61.
- VIGIÉ B., COURTIN J. (1987) – Le problème des coquillages à bord dentelé dans la Préhistoire du Midi de la France, *Mesogée*, 47, p. 93-98.
- WALTER L. M., BURTON E. A. (1990) – Dissolution of Recent Platform Carbonate Sediments in Marine Pore Fluids, *American Journal of Science*, 290, p. 601-643.
- WASELKOV G. A. (1987) – Shellfish Gathering and Shell Midden Archaeology, Advances, in M. B. Schiffer (dir.), *Archaeological Method and Theory*, New York, Academic Press, p. 93-210.
- WESTON E., SZABÓ K., STERN N. (2017) – Pleistocene Shell Tools from Lake Mungo Lunette, Australia : Identification and Interpretation Drawing on Experimental Archaeology, *Quaternary International*, 427, p. 229-242.
- WODINSKY J. (1969) – Penetration of the Shell and Feeding on Gastropods by Octopus, *American Zoologist*, 9, p. 997-1010.
- WOLVERTON S., RANDKLEV C. R., KENNEDY J. H. (2010) – A Conceptual Model for Freshwater Mussel (Family: *Unionidae*) Remain Preservation in Zooarchaeological Assemblages, *Journal of Archaeological Science*, 37, 1, p. 164-173.
- WORSAAE J. (1849) – *The Primeval Antiquities of Denmark*, Londres, John Henry Parker, 157 p.
- ZUSCHIN M., STANTON R. J. (2001) – Experimental Measurement of Shell Strength and its Taphonomic Interpretation, *Palaios*, 16, p. 161-170.
- ZUSCHIN M., STACHOWITSCH M., STANTON R. J. (2003) – Patterns and Processes of Shell Fragmentation in Modern and Ancient Marine Environments, *Earth-Science Reviews*, 63, p. 33-82.

Laura MANCA

UMR 7209 Archéozoologie, Archéobotanique
Sociétés, pratiques et environnements
Muséum national d'histoire naturelle, CNRS
CP55 ou 56, 55 rue Buffon
75005 Paris
laura.manca@mnhn.fr

