ArcheoSciences

Revue d'archéométrie

42-1 | 2018

Varia / 40 ans de colloques du GMPCA

40 ans d'archéobotanique en France (1977-2017)

40 years of Archaeobotany in France (1977-2017)

Chantal Leroyer, Dominique Marguerie et Véronique Zech-Matterne

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/archeosciences/5502>

DOI : 10.4000/archeosciences.5502

ISSN : 2104-3728

Éditeur

Presses universitaires de Rennes

Édition imprimée

Date de publication : 27 juin 2018

Pagination : 113-134

ISBN : 978-2-7535-7587-5

ISSN : 1960-1360

Référence électronique

Chantal Leroyer, Dominique Marguerie et Véronique Zech-Matterne, « 40 ans d'archéobotanique en France (1977-2017) », *ArcheoSciences* [En ligne], 42-1 | 2018, mis en ligne le 27 juin 2020, consulté le 21 septembre 2021. URL : <http://journals.openedition.org/archeosciences/5502> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/archeosciences.5502>

Article L.111-1 du Code de la propriété intellectuelle.

40 ans d'archéobotanique en France (1977-2017)

40 Years of Archaeobotany in France (1977-2017)

Chantal LEROYER^a, Dominique MARGUERIE^b et Véronique ZECH-MATTERNE^c

Résumé : Les interactions que les communautés humaines entretiennent avec le monde végétal, depuis la Préhistoire jusque la période contemporaine, constituent le vaste champ d'investigation des disciplines de l'archéobotanique, et le support de nombreuses thématiques archéologiques et historiques. Nous présentons pour trois d'entre elles : la palynologie, l'anthracologie et la carpologie, un bilan synthétisant 40 ans de recherche en France, en déclinant l'historique de ces disciplines, leurs objets d'étude et la diversité de leurs applications, leurs principaux apports et leurs nouveaux domaines exploratoires. La densité des informations recueillies, à l'échelle du territoire métropolitain, autorise désormais des approches relatives à des réseaux de diffusion ou à des aires de répartition atteignant une dimension continentale aussi bien que des observations très précises à l'échelle d'une station, ou d'une micro-région. Ces développements appellent une multiplication des approches combinant plusieurs disciplines (multiproxies et multicontextes), la mise en place de bases de données et d'outils de traitement sophistiqués, qui représentent un enjeu majeur des grands projets collectifs présents et futurs.

Abstract: *Interactions between human societies and vegetation since Prehistoric period up to the present time represents for archaeobotanists a vast field of investigation, with numerous archaeological and historical implications. Three disciplines: palynology, anthracology and palaeoethnobotany are here under review, in a tentative for summarizing 40 years of research in France. For each of them, we present their historical background, main topics and applications, major contributions and new exploratory fields. At the scale of the metropolitan territory, the available data are now dense enough for attempting large-scale reconstructions of the past vegetation, exploring the diffusion of taxa on networks running at a continental range as well as micro-localized observations on plant diversity. These new developments call for an increase of multiproxies and multi-contexts approaches and the implementation of databases and sophisticated processing tools, which represent a major condition for present and future collective projects.*

Mots clés : anthracologie, bioarchéologie, biodiversité, carpologie, charbon, France, graine, paléoécologie, paléovégétation, palethnobotanique, palynologie, pollen.

Keywords: *anthracology, bioarchaeology, biodiversity, charcoal, France, palaeoecology, palaeoethnobotany, palaeovegetation, palynology, pollen, seed.*

1. INTRODUCTION

L'archéobotanique regroupe l'ensemble des disciplines qui étudient les restes végétaux issus de sites archéologiques ou de séquences hors sites répondant à des problématiques archéologiques. Centrée sur les relations entre l'homme et le milieu végétal, l'archéobotanique constitue donc une

branche de la paléobotanique, elle-même dévolue à l'histoire de la végétation. En fonction de la nature et de la taille des restes étudiés, l'archéobotanique se décline en différentes branches qui conservent chacune leurs particularités (protocole d'échantillonnage, de traitement, apports et limites). Ainsi, les éléments microscopiques que sont les grains de pollen, les spores et les micro-charbons renvoient à la paly-

^a Ministère de la Culture, UMR 6566 CReAAH, ArchéoSciences, Université Rennes 1, campus de Beaulieu, Bâtiment 24-25, 35 042 RENNES cedex (France). (chantal.leroy@univ-rennes1.fr)

^b CNRS, UMR 6553 ECOBIO, Université Rennes 1, campus de Beaulieu, Bâtiment 14B, 35 042 RENNES cedex (France). (dominique.marguerie@univ-rennes1.fr)

^c CNRS, UMR 7209 AASPE, CNRS/MNHN/SU, Muséum national d'Histoire naturelle, 55 rue Buffon, CP 56, 75 005 PARIS (France). (zech@mnhn.fr)

nologie alors que les macrorestes selon leur nature relèvent de l'anthracologie et de la xylogologie (bois carbonisés ou gorgés d'eau) et de la carpologie (graines, fruits, propagules...). Cette présentation historiographique va donc successivement décliner les évolutions, tant en termes de méthodologie que de problématiques, de chacune de ces disciplines durant les quarante dernières années et ce, exclusivement sur le territoire hexagonal (auteurs et lieux d'étude). Il va sans dire qu'un tel exercice, limité à quelques pages, ne peut être totalement exhaustif : nous prions les collègues qui se sentiraient lésés à la lecture de cette tentative historiographique de nous excuser pour certaines omissions, bien involontaires.

2. LA PALYNOLOGIE

La palynologie concerne l'étude des grains de pollen et des spores qui participent respectivement à la reproduction des plantes à fleurs et des cryptogames vasculaires. Si la palynologie peut s'adresser aux formes vivantes, c'est son application aux formes « fossiles » qui en fait une discipline majeure de l'archéobotanique. Produit en très grande quantité, le pollen se conserve, en effet, au travers du temps grâce à la composition chimique de son enveloppe, dénommée « exine ». Celle-ci présente des traits morphologiques (forme, taille, ornementation, forme et nombre d'ouvertures) qui permettent l'identification de la plante émettrice. Les déterminations reposent sur les principes de l'anatomie comparée et de la biométrie avec l'aide de collections et atlas de référence et l'utilisation de clés de détermination (Reille, 1990). L'étude palynologique se décline en cinq étapes : le prélèvement des sédiments qui contiennent les stocks polliniques accumulés au travers du temps, l'extraction du pollen et des spores par préparations physico-chimiques, l'identification et le comptage des grains de pollen et des spores au microscope optique, le traitement statistique des résultats qui sont présentés sous forme de diagrammes polliniques et l'interprétation des données. Les analyses polliniques permettent de suivre l'histoire de la végétation et de ses variations en fonction des fluctuations du climat et des actions humaines (défrichements, activités agricoles...). Outre qu'elles constituent un outil biostratigraphique, elles permettent aussi de cerner l'environnement des sites archéologiques et d'appréhender les activités qui y sont pratiquées (cultures, élevage, stockage, traitement de végétaux...). La palynologie peut aussi participer aux recherches sur l'alimentation végétale et sur les différents usages des plantes (embaumement, dépôts funéraires...). Il n'existe pas de cursus spécifique à la palynologie mais la discipline est enseignée dans différents parcours : biologie végétale, géo-

logie, géographie, archéologie. Depuis 1967, l'Association des Palynologues de Langue Française (APLF) elle-même rattachée à l'IFPS (*International Federation of Palynological Societies*), fédère la communauté des palynologues quel que soit leur champs d'investigation. L'association organise un symposium scientifique tous les deux ans où sont abordées toutes les thématiques développées en palynologie.

Des prémices de la palynologie jusqu'à la fin des années 1970

Si les premières descriptions de grains de pollen sont effectuées dès le milieu du ^{xvii}e siècle par M. Malpighi et N. Grew, des grains fossiles ne seront observés qu'en 1836 par H. R. Göppert (pour de plus amples détails, voir Nanten, 1966). Il faudra ensuite attendre le début du ^{xx}e siècle pour voir se développer la palynologie quaternaire, marquée entre autres par la publication en 1916 des premiers diagrammes polliniques par L. von Post (Nanten, 1967). Ces analyses polliniques concernent principalement des tourbières d'Europe du nord et mènent à l'élaboration d'une biostratigraphie du Postglaciaire encore pour partie usitée. Ces travaux ne sont pas totalement dénués d'intérêt pour l'archéologie puisque la datation relative de vestiges protohistoriques est proposée dès 1925 par L. von Post (Nanten, 1966). La reconnaissance d'activités anthropiques est un peu plus tardive : identification de cultures céréalières par F. Firbas en 1937 et mise en évidence de défrichements par J. Iversen en 1941. En France, les analyses polliniques de G. Dubois se préoccupent dès 1932 de Préhistoire (Dubois, 1932). Cet intérêt est suivi par G. Lemée pour l'âge du Bronze (Lemée, 1949) et la période gallo-romaine (Lemée, 1952). F. Firtion semble être le premier palynologue à appliquer la discipline au comblement d'un abri-sous-roche (Derville et Firtion, 1951). Cette initiative va être développée par Arl. Leroi-Gourhan à la grotte d'Arcy-sur-Cure à partir de 1954 (Leroi-Gourhan, 1954 ; van Campo et Leroi-Gourhan, 1956). Ses travaux vont largement stimuler l'application de la palynologie aux sites archéologiques, principalement des gisements paléolithiques en grottes et abris (figure 1). Des laboratoires spécialisés dans cette démarche « archéopalynologique » vont être successivement créés durant les années 1960 et 70 à Paris, Bordeaux, Louvain, Valbonne, Périgueux... et du personnel va être recruté à cette fin. Ainsi, la fin des années 1970 voit coexister deux communautés de palynologues en France : l'une travaillant sur des séquences naturelles et l'autre œuvrant sur des sites archéologiques. Cette cohabitation est houleuse et donne lieu à diverses publications virulentes (par ex : Couteaux, 1977 ; Pons, 1984 ; Renault-Miskovsky, 1985).

L'évolution des contextes d'étude et des problématiques depuis quarante ans

Les différends opposant les deux communautés de palynologues relèvent essentiellement de leurs milieux d'étude et des problématiques développées. Les séquences naturelles (tourbières, lacs) sont constituées de sédiments organiques et humides, alors que les remplissages des sites archéologiques correspondent à des sédiments minéraux, plus ou moins grossiers. De ce fait, les palynologues « naturalistes » réfutent la fiabilité des résultats obtenus dans ces milieux, moins propices à une bonne conservation des stocks polliniques et pouvant être contaminés par des rejets anthropiques. Les problématiques développées de part et d'autre sont, en revanche, assez proches ; elles privilégient les approches biostratigraphiques et paléoclimatiques (figure 1). Ainsi, les études effectuées en tourbières s'attachent principalement à restituer l'histoire de la végétation holocène sous l'impact du climat, sans accorder grande importance aux actions humaines (par ex. : de Beaulieu *et al.*, 1985). Concernant principalement des sites paléolithiques en grottes ou abris, la palynologie « archéologique » se consacre à caractériser l'environnement de ces occupations et leur contexte climatique (Leroi-Gourhan, 1963 et 1973). Elle propose ainsi un cadre biostratigraphique aux cultures préhistoriques (par ex. : Leroi-Gourhan, 1968 et 1980 ; Leroi-Gourhan et Renault-Miskovsky, 1977) ; cadre réfuté par la communauté des palynologues « naturalistes » (Pons, 1984 ; Reille, 1990). Cette ambiance délétère va entraîner une réorientation de l'archéopalynologie durant les années 1980-1990. La virulence de la remise en cause des analyses effectuées en grottes et abris-sous-roche conduit à prendre en compte les aspects taphonomiques (Gauthier, 1992 ; Sanchez-Goni, 1993). En fonction de ces diagnostics de fiabilité, des résultats sont écartés ou leur interprétation orientée vers des thématiques plus paléoethnographiques qu'environnementales. En parallèle, le bilan souvent peu encourageant de ces diagnostics conduit à la recherche de milieux organiques plus propices à la discipline : sites archéologiques lacustres (Richard, 1983), paléochenaux (Leroy, 1989 ; Argant, 1990) et tourbières proches d'occupations humaines (Marguerie, 1991). Les archéopalynologues vont ainsi progressivement sortir des sites archéologiques pour établir des profils de référence qui seront comparés aux résultats obtenus intra-sites. Ces dépôts organiques étant le plus souvent d'âge holocène, les problématiques développées en archéopalynologie vont également évoluer. Si elles se préoccupent toujours des dynamiques de végétation, elles vont accorder un intérêt croissant aux relations de l'Homme et de son environnement (évolution de l'anthropisation et caractérisation des activités humaines)

aux dépens des interprétations climatiques (Richard, 1990 et 1994 ; Leroy *et al.*, 1991 ; Marguerie, 1991). Cette réorientation de l'archéopalynologie rapproche considérablement les deux communautés de palynologues français. De fait, les « naturalistes » vont également s'intéresser à ces questions d'anthropisation même si leurs séquences ne sont pas liées à des sites archéologiques (par ex. : Jalut, 1991 ; Reille *et al.*, 1992 ; Beaulieu *et al.*, 1994). Les années suivantes vont ainsi voir la réalisation de nombreux travaux universitaires, traitant de l'impact anthropique, effectués dans des laboratoires dédiés ou non à l'archéologie (parmi bien d'autres : Leroy, 1997 ; Galop, 1998 ; Barbier, 1999 ; Gauthier, 2001 ; Miras, 2004 ; Brun, 2007). En parallèle, les travaux intra-sites n'ont pas été totalement abandonnés. Accompagnés d'une approche taphonomique, ils concernent toujours des gisements paléolithiques (Lebreton, 2004 ; Messenger, 2006) mais la plupart des études portent sur l'Holocène, souvent en lien avec l'archéologie préventive (Boulen, 2010 et 2011 ; Barbier-Pain *et al.*, 2014). Surtout, ces travaux intra-sites privilégient les problématiques paléoethnographiques : caractérisation de pratiques funéraires (Girard, 1987 ; Marguerie, 1992 ; Corbinau, 2014), utilisation des plantes en pharmacopée (Bui Thi Mai et Girard, 2004), en batellerie (Diot, 1991a ; Argant, 2010), dans les bergeries (Argant *et al.*, 1991), dans l'hygiène et l'alimentation (Bouchet *et al.*, 1992 ; Gauthier, 2006). Enfin, le début du *xxi*^e siècle voit réapparaître, sous l'impulsion de la palynologie océanographique et de la modélisation, une tendance au déterminisme climatique dans les évolutions des sociétés (par ex. : d'Errico *et al.*, 2012). Si les relations entre le climat et les cultures humaines ont toujours été abordées (voir par ex. ; Richard et Magny, 1992), un intérêt renouvelé se marque actuellement en palynologie pour ces questions d'impact des variations du climat sur les peuplements (Gauthier *et al.*, 2014 ; Sanchez-Goni *et al.*, 2016).

L'évolution des outils et des protocoles d'analyse depuis quarante ans

Les quarante dernières années ont vu bien des développements technologiques qui ont largement contribué au renouvellement des sciences (figure 1). Parmi ceux-ci, l'outil qui a principalement révolutionné la palynologie est assurément le micro-ordinateur et le développement de logiciels appropriés aux méthodes palynologiques : les plus couramment utilisés sont Gpal/GpalWin (Goeury, 1988 et 1997) et Tilia (Grimm, 1987 et 1990). L'accès à ces outils a considérablement simplifié la tâche des palynologues, tant pour les différents calculs (pourcentages de chaque taxon avec modification aisée des sommes de base, concentrations), que

pour le dessin du diagramme ou sa zonation. La discipline a par ailleurs bénéficié de tous les progrès informatiques qui facilitent les traitements (statistiques, modélisations, web). Au progrès qu'a constitué dans les années 1990, la publication des atlas photographiques de M. Reille (1992, 1995, 1998) va succéder l'alternative d'une documentation en ligne, telle « *The Global Pollen Project* » (<https://global-pollenproject.org>). Ces avancées technologiques ont également permis la création de bases de données, telle *l'European Pollen Database* (EPD), développée et hébergée depuis 1989 à l'IMEP (Institut Méditerranéen d'écologie et de paléoécologie). Elles permettent d'archiver les abondantes données polliniques et de les interroger : outils essentiels pour établir des synthèses à large échelle, qu'elles traitent des changements du climat, de la diffusion des végétaux au travers du temps, ou de la reconstruction des paléo-milieus (Fyfe *et al.*, 2009). L'EPD ne prenant pas en compte les données d'archéopalynologie, des bases de données, spécifiques à ce domaine, ont néanmoins dû être développées (Leroy *et al.*, 2009; Maguet *et al.*, 2016). Enfin, la palynologie a incontestablement profité des progrès technologiques et scientifiques d'autres disciplines : développement des « *XRF core scanners* » qui permettent l'analyse automatisée et non-destructive des séquences sédimentaires et plus généralement de toutes les avancées en géochimie isotopique et en génomique.

Bénéficiant de ces différentes avancées technologiques, les protocoles analytiques ont évidemment évolué depuis quarante ans. Des normes plus rigoureuses sont appliquées

lors de l'acquisition des données. Outre la prise en compte taphonomique (conservation, concentration, diversité du matériel), les décomptes polliniques sont plus poussés afin d'obtenir une diversité taxinomique significative et de pouvoir exclure les taxons hygrophiles des sommes de base (ils peuvent masquer l'évolution des autres composants du spectre pollinique). Pour échapper à l'interdépendance de la représentation des taxons, liée aux pourcentages, ont été mis en place des calculs de concentrations absolues (nombre de grains par gramme ou par cm³ de sédiment) ou d'influx polliniques (nombre de grains pour une unité de surface et de temps) si la séquence est continue et bien datée. Enfin, les éléments décomptés lors de la lecture au microscope se sont diversifiés : palynofaciès (conditions de sédimentation pollinique; Diot, 1991b), microcharbons (Vannière, 2003) et surtout microfossiles non polliniques (MNP). Ces derniers enrichissent les informations issues des stocks polliniques, tant sur les conditions environnementales (vanGeel, 1978; Lopez-Saez *et al.*, 1998) que sur les activités anthropiques (Galop et Lopez Saez, 2000; Gauthier *et al.*, 2010). De façon générale, une analyse pollinique ne s'envisage plus isolément et les temps sont à l'approche multiproxies : croisement des données archéobotaniques (par ex : Aoustin, 2005; Oillic, 2011), confrontation aux analyses sédimentologiques avec souvent un passage, avant échantillonnage, des carottes palynologiques au « core scanner » qui livre des mesures de susceptibilité magnétique et de XRF (Vannière *et al.*, 2000). Des analyses isotopiques peuvent également être menées sur les séquences sédimen-

Figure 1 : (Voir planche couleur XIV) Évolution de la palynologie en France des prémices jusqu'à 2017. Les principales étapes (police noire); les milieux d'étude (police verte); les problématiques (police rouge); les outils et protocoles (police bleue).

Figure 1: (See colour plate XIV) Palynology development in France from the beginning to 2017. Major steps (in black); study contexts (in green); scientific issues (in red); tools and protocols (in blue).

taires pour mettre en évidence des activités métallurgiques en lien avec les perturbations de la végétation (Galop *et al.*, 2001 ; Jouffroy-Bapicot *et al.*, 2007). Ces analyses isotopiques commencent même à être effectuées sur les grains de pollen afin de mieux caractériser les types de végétation attestés par les cortèges polliniques (Nelson *et al.*, 2006). Enfin, quelques études d'ADN sur grains de pollen ont, entre autres, permis de retracer l'histoire du chêne depuis le dernier glaciaire (Petit *et al.*, 2002).

Bénéficiant de tous les progrès informatiques, les quarante dernières années ont vu largement se développer les approches statistiques et les modélisations. Dans nos domaines, ces dernières correspondent principalement à l'établissement de modèles âges-profondeurs, à l'estimation de la biodiversité, à des approches spatio-temporelles, à des reconstructions paléoclimatiques et à la quantification des différents taxons dans le couvert végétal. Reposant sur des calculs bayésiens, les modèles d'âge permettent de proposer, à partir de quelques datations, un âge pour chaque profondeur d'un diagramme pollinique ; ce qui rend plus aisées les corrélations pluridisciplinaires et permet d'ouvrir à d'autres modélisations (Heegaard *et al.* 2005). Les estimations de la diversité ont un intérêt primordial pour caractériser l'évolution des paysages végétaux et l'introduction/disparition des plantes (Birks et Line, 1992). La mise en œuvre d'outils cartographiques et statistiques permet d'évaluer l'évolution spatio-temporelle de la végétation en relation avec les occupations humaines (Gaudin, 2004). Les modélisations climatiques reposent sur différentes méthodes : celle des meilleurs analogues (Guiot, 1990), la méthode des biomes et des types fonctionnels de plantes (Prentice *et al.*, 1996) tandis que les fonctions de transfert renvoient à des analyses statistiques multivariées (Guiot et de Vernal, 2007). La modélisation quantitative des données polliniques intègre dans un modèle mathématique (*Landscape Reconstruction Algorithm (LRA)*; Sugita, 2007a et 2007b) les biais inhérents à la discipline (différences de productivité pollinique et de dispersion du pollen). Basé sur cet algorithme, le modèle REVEALS (*Regional Estimates of VEgetation Abundance from Large Sites*; Sugita, 2007a) permet de quantifier la représentation des différents taxons dans le couvert végétal. Cette modélisation présente donc d'énormes potentialités pour l'étude des paysages et des ressources végétales dont ont pu disposer les sociétés passées (Gaillard *et al.*, 2008 ; Mazier *et al.*, 2009 ; David, 2014).

3. L'ANTHRACOLOGIE

Les restes ligneux sont conservés sous forme carbonisée, imbibée d'eau, minéralisée ou à l'état sec. Il ne sera ici ques-

tion que de l'étude des charbons de bois ou anthracologie. Le bois gorgé d'eau ou naturel découvert en contexte archéologique ou non et le bois sec participant à la structure des bâtiments dans les charpentes et parois sont à l'origine de grands référentiels dendrochronologiques et de reconstructions paléoclimatiques (par ex. : Büntgen *et al.*, 2011). Les travaux importants et nombreux en technologie du bois d'œuvre ou du mobilier archéologique ne seront également pas évoqués ici.

Les thématiques de recherche adossées à l'étude des charbons sont nombreuses. Elles peuvent être divisées en deux catégories. Une première que l'on qualifiera de paléoenvironnementale, avec des travaux sur la dynamique de la végétation ligneuse, la biodiversité, la diffusion/acclimatation d'espèces ligneuses, les feux naturels et anthropiques et leur impact sur les écosystèmes. Une seconde, paléobotanique, qui traite de la sélection du combustible, des zones d'approvisionnement, de la construction des paysages, de l'utilisation du bois, des constructions en contexte agricole, horticole, funéraire et cultuel, du fonctionnement des structures de combustion, du type et de l'origine du combustible.

Historique de la méthode archéo-anthracologique

Les tout premiers travaux européens en contexte archéologique

Les plus anciennes identifications anthracologiques ont été conduites en Italie par G. Passerini en 1864, en contexte palafittique, puis deux ans plus tard en Suisse par O. Heer (1866). D'autres travaux pionniers ont eu lieu en Allemagne et Hongrie. L'abbé Breuil est le premier en France à s'intéresser aux charbons dans les foyers préhistoriques sur les sites magdaléniens du Maz d'Azil, de Meije et de Teyjat. Il collecte les macrorestes carbonisés et fait appel à P. Fliche pour en identifier certains (1907). En Bretagne, Z. Le Rouzic récolte lui aussi des charbons lors des fouilles des grands monuments mégalithiques carnacéens. Vers 1930, P. Guinier débute l'analyse des charbons de bois en provenance du site mésolithique breton de l'île de Téviec (Morbihan) puis quelques années plus tard, du site voisin de Hoëdic (Péquart *et al.*, 1937 ; Péquart et Péquart, 1954). On peut parler dès lors d'étude complète avec interprétations des assemblages anthracologiques (figure 2). Dans les années 1940, E.J. Salisbury et F.W. Jane (1940) étudient un grand nombre de charbons provenant des niveaux néolithiques et protohistoriques de Maiden Castle dans le Dorset (Grande-Bretagne). H. Godwin et A.G. Tansley (1941) publient un article mettant en cause les interprétations paléoécologiques et paléoclimatiques émises par leurs collègues à partir de la mesure des largeurs de cernes des charbons de Maiden Castle.

Figure 2 : Faits marquants dans le développement de l'anthracologie en France.

Figure 2: Key events in the charcoal analysis development in France.

Des outils déterminants

Avant les années soixante, l'analyse anatomique des charbons de bois sur une base routinière est limitée par l'emploi du microscope optique à transmission, nécessitant l'inclusion préalable des restes carbonisés dans une résine, pour la réalisation de lames minces (Couvert, 1970). Dans les années 1960-70, la microscopie optique à réflexion ou épiscopie se banalise. Dès 1933, A. Fietz utilise ce dispositif pour réaliser l'étude des charbons en observant les coupes ou fractures directement en lumière incidente. Il est suivi en cela par J. Stieber (1957, 1967). C. Jacquot (1960) identifie ainsi les charbons de la grotte de Lascaux et observe systématiquement l'aspect de leurs cernes. Cette méthode est clairement à l'origine de la multiplication des analyses anthracologiques. Elle présente aussi l'avantage de ne pas traiter chimiquement les charbons avant leur identification, les laissant ainsi dans un état compatible avec une analyse radiocarbone (Vernet, 1973). M. Thinon (1988) améliore encore ce dispositif d'observation par l'adjonction du contraste interférentiel de type différentiel, améliorant la vision en relief de très petits détails anatomiques. Cette qualité d'observation ne sera dépassée que par la microscopie électronique, laquelle est popularisée par l'arrivée sur le marché, à partir des années 2000, de

microscopes de table d'un maniement simple et d'un coût d'acquisition accessible.

Les charbons de bois deviennent à partir de 1960, le matériel de datation privilégié du fait de leur forte teneur en carbone. Ils sont alors récoltés en grande quantité pour obtenir une date. Au tournant des années 70-80, la mesure directe des isotopes du carbone et donc du rapport $^{14}\text{C}/\text{C}_{\text{total}}$ faite par le couplage d'un accélérateur et d'un spectromètre de masse (AMS) représente une petite révolution en anthracologie. Elle autorise la datation de très petits échantillons : un charbon identifié = un charbon datable ou mieux encore un cerne de croissance datable, un rêve exaucé pour les anthracologues pour qui le coût de l'analyse radiométrique représente alors la seule limite à leurs besoins en calage chronologique ! Bien évidemment, l'AMS profite aussi à la palynologie et à la carpologie en datant respectivement un stock pollinique ou une semence.

L'identification des charbons de bois repose sur les principes de l'anatomie comparée et de la biométrie. Elle nécessite l'observation sous microscope des tissus ligneux au mieux selon trois coupes (une transversale et deux longitudinales) et une comparaison des caractères anatomiques des restes sub-fossiles avec des spécimens actuels conservés dans

des collections de référence ou figurés dans des atlas. Les premiers ouvrages en ce domaine remontent aux années 1940-1950 (Howard, 1942; Metcalfe, Chalk, 1950). Depuis, les atlas anatomiques se sont multipliés. Ils concernent surtout la végétation centre et ouest-européenne, méditerranéenne et nord-américaine. L'anthracologie appliquée à l'Europe de l'ouest bénéficie grandement des publications remarquables de C. Jacquot (1955), C. Jacquot *et al.* (1973), P. Greguss (1959) et plus récemment de F.H. Schweingruber (1978; 1990). À cela s'ajoutent deux bases de données anatomiques interrogeables par internet, celle de W. Schoch *et al.* (2004) et celle de A. Heiss (2009). Un seul atlas publié du matériel carbonisé pour la flore du sud-ouest de l'Europe (Vernet *et al.*, 2001).

La communauté des anthracologues s'est peu à peu fédérée notamment grâce à des colloques dédiés. Ils représentent une véritable force cohésive. Le colloque d'anthracologie fondateur intitulé « Charbons, anciens écosystèmes et rôle de l'Homme » s'est tenu à Montpellier en 1991. Depuis, cinq autres colloques ont eu lieu à Paris, Lecce, Bruxelles, Valencia, Freiburg et le prochain se tiendra à Liverpool. Ces rendez-vous sont l'occasion de présenter des résultats d'étude en archéo-, pédo- et géo-anthracologie. À l'origine centrés sur la France puis l'Europe occidentale, ils concernent à présent toutes les régions du Monde. Les communications y sont au nombre d'une centaine et portent sur une trentaine de pays. Les actes de ces colloques sont publiés dans des numéros spéciaux de revues (*Bull. Soc. botanique de France* 139, 1992; *Saguntum* 13, 2012; *Quaternary International* 457, 458, 2017) et dans des *British Archaeological Reports* (BAR n° 1063, 2002; n° 1807, 2008; n° 2486, 2013).

L'archéo-anthracologie en France depuis la fin des années 1970

L'archéo-anthracologie est l'approche qui fournit le plus de travaux de recherche dans l'analyse des charbons de bois. Elle est nourrie par des problématiques sans cesse renouvelées autour de la thématique sociétés-végétation et construites entre archéologues et anthracologues.

J.-L. Vernet, Professeur à l'université de Montpellier 2 fut incontestablement à l'origine de la promotion de cette méthode en archéologie et paléobotanique. De 1979 à 1999, treize doctorats ont été soutenus dans son laboratoire « Paléobotanique, Environnement et Archéologie ». Ces derniers correspondaient le plus souvent à des synthèses régionales et à des mises au point méthodologiques avec discussion sur la représentativité paléoécologique des charbons issus de bois de feu, sur les protocoles de prélèvement, sur les méthodes de quantification et les interprétations. À

cet égard, la thèse de L. Chabal, publiée en 1997, appliquée à l'histoire des boisements en Languedoc du Néolithique à l'Antiquité, a été déterminante.

En 1997, J.-L. Vernet publia *L'homme et la forêt méditerranéenne de la Préhistoire à nos jours* qui retrace la dynamique de l'écosystème forestier à travers les très nombreux échantillons de charbons de bois étudiés dans son laboratoire.

En parallèle des productions de ce laboratoire montpelliérain devenu une composante de l'Institut des Sciences de l'Évolution de Montpellier (ISEM), l'équipe de J.-P. Métailié, laboratoire GEODE de l'université de Toulouse 2, travaille sur le charbonnage dans les Pyrénées, à l'image des travaux d'envergure menés par T. Ludemann et O. Nelle en Allemagne, sur le charbonnage en Forêt Noire. À cette occasion, deux thèses ont été soutenues en anthracologie par de jeunes chercheurs formés à la méthode par J.-L. Vernet, sur les Pyrénées orientales (Davas, 1998) et sur les Pyrénées méditerranéennes (Izard, 1999).

Au cours des quarante dernières années, l'intérêt des études anthracologiques en contexte archéologique pour des informations plus ethnographiques portant sur le combustible utilisé, les zones d'approvisionnement, les impacts anthropiques sur les milieux s'est peu à peu affirmé (Thiébaud, 2010).

Depuis longtemps, les résultats des études archéo-anthracologiques sont croisés avec les données des autres méthodes paléoenvironnementales et avec celles de l'archéologie (Vernet, Leroi-Gourhan, 1969). Certains chercheurs ont choisi de mener une approche mixte associant parfois la palynologie et l'anthracologie (par ex. : Marguerie, 1991), la carpologie et l'anthracologie (par ex. : Salavert, 2010; Cabanis *et al.*, 2017; Figueiral *et al.*, 2015), les analyses phytolithiques, pédoanthracologiques et archéo-anthracologiques (Delhon *et al.*, 2009).

Cet inventaire des travaux anthracologiques en contexte archéologique essentiellement français ne se veut pas exhaustif. Bien d'autres thèses et travaux synthétiques ont été présentés depuis le début des années 2000.

Les plus récentes avancées méthodologiques en archéo-anthracologie

L'analyse des charbons de taille pluri-millimétrique ne s'entend désormais plus sans un relevé systématique des caractères dendrologiques renseignant sur l'état et l'origine du bois mis au feu. Dans cette approche dite dendro-anthracologique, le calibre du bois à l'origine du charbon est, selon la littérature, estimé de trois manières différentes plus ou moins sophistiquées et précises : (1) cibles d'évaluation de la courbure des cernes (Lundstrom-Baudais,

1986; Marguerie, 1991; Carion, 2003; Carcaillet, 2007; Marguerie, Hunot, 2007), (2) classification par classes de diamètre (Ludemann, 2008; Ludemann et Nelle, 2002) et (3) méthode trigonométrique (Dufraisse, 2002; Paradis, 2007; Paradis-Grenouillet, 2012; Paradis *et al.*, 2013). Des mesures de série de cernes peuvent être faites sur des gros charbons (Le Digol *et al.*, 2007; Schoch, 2012; Marguerie *et al.*, 2010; Marguerie, 2011). Enfin, l'analyse éco-anatomique quantitative a été, par exemple, utilisée dans l'histoire de la culture de l'olivier en région méditerranéenne (Terral, Durand, 2006). Cette approche, appliquée aux charbons de bois, réside en la mesure des vaisseaux et de leurs variations en fonction de paramètres naturels ou anthropiques, et liés au développement (Limier, 2016).

Dans son ouvrage sur l'économie des combustibles au Paléolithique, I. Théry-Parisot (2001) recense les déformations anatomiques des charbons de bois les utilisant comme une signature des pratiques de collecte et comme une caractérisation du bois mort.

En conclusion de cette partie sur les nouveaux développements méthodologiques en anthracologie, il convient d'évoquer le programme DENDRAC (Développement d'outils dendrométriques appliqués à l'anthracologie) (2010-2015, A. Dufraisse [dir.], Dufraisse, Garcia-Martinez, 2011; Dufraisse *et al.*, 2018). L'objectif de cette ANR a été de créer des outils et des référentiels adaptés pour travailler sur un matériel particulier car carbonisé, déformé, fragmenté et porteur d'un nombre limité de cernes. Quatre objectifs étaient au programme : (1) organe de l'arbre et morphologie, (2) paramètres populationnels et climatiques, (3) traitements forestiers et (4) rang d'identification. Dans le cadre de DENDRAC mais aussi hors de ce programme, des développements méthodologiques concernent les analyses géochimiques isotopiques sur les charbons en lien avec les conditions climatiques. Déjà en 2006, l'utilisation du ^{13}C sur des charbons de pin sylvestre dans les Grands Causses avait été testée par J.-L. Vernet en ce sens. F. Baton s'est intéressé aux effets de la carbonisation sur le signal isotopique $\delta^{13}\text{C}$ du bois (Baton, 2017). Il a également publié une étude exploratoire sur le signal paléoclimatique enregistré dans les charbons des établissements néolithiques du lac de Chalain (Jura, France) (Baton *et al.*, 2017). Sa reconstruction paléoclimatique repose sur l'approche dendro-anthracologique mais aussi sur des mesures de teneur en ^{13}C réalisées cerne par cerne et entre bois initial et final. Au CEPAM, sous la direction de I. Théry-Parisot, B. Audiard conduit depuis fin 2015, une thèse sur la composition isotopique ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) du charbon de bois en lien avec le climat, l'histoire des forêts et les interactions hommes/milieus. Ses premières applications

portent sur des charbons paléolithiques du sud de la France avec, pour référentiel actuel le pin sylvestre.

Enfin, le doctorat de M. Toriti, au CREAAH (A. Durand [dir.]) porte sur la caractérisation des galeries et vermoulures témoins de l'activité des insectes xylophages sur les bois et charbons archéologiques durant l'Antiquité en Gaule (Fohrer *et al.*, 2017). L'alliance entomologie et xylo-anthracologie renseigne sur l'état sanitaire du bois utilisé et sur l'origine de l'infestation.

Géo-anthracologie et pédo-anthracologie

Un pan important de la recherche en anthracologie qui connaît un essor depuis une vingtaine d'années concerne des charbons conservés hors des sites archéologiques, dans des sédiments lacustres, des tourbes ou des horizons de sols. Ils sont le produit de feux naturels et anthropiques.

L'étude de ce qui correspond le plus souvent à des microrestes d'une centaine de micromètres distribués par les vents et le suivi de leurs concentrations permettent de connaître les événements de feux anciens, l'aire de provenance des restes, locale voire régionale, d'évaluer la biomasse brûlée sur cette surface et l'intensité du feu (Whitlock, Larsen, 2002; Higuera *et al.*, 2008; Rius *et al.*, 2014; Vannière *et al.*, 2016).

L'identification des microrestes carbonisés en géo-anthracologie reste exceptionnelle (Umbanhowar et McGrath, 1998; Olsson *et al.*, 2009; Marguerie *et al.*, in prep.). En revanche, la pédo-anthracologie détermine le plus souvent les charbons des sols d'une taille minimum d'un demi-millimètre à un millimètre (Thinon, 1992). Elle permet ainsi de reconstruire la composition de la végétation ligneuse passée au feu (par ex. : Carcaillet, Brun, 2000; Robin *et al.*, 2013). Cette approche est basée sur une analyse à haute résolution spatiale, avec une donnée chronologique précise obtenue sur les pièces individuelles de l'assemblage carbonisé (Carcaillet, Thinon, 1996; Talon, 2010; Bal *et al.*, 2010). Le premier colloque international de pédo-anthracologie s'est tenu à Aix-en-Provence en 2010 (« Pedaanthracology and environmental studies », *Quaternary International*, 289, 2013).

4. LA CARPOLOGIE

La carpologie étudie tous les organes issus d'une reproduction sexuée ou asexuée des végétaux – diaspores ou propagules – à l'exception des spores (Dietsch-Sellami et Matterné, 2002). Par extension, sont également prises en compte les découvertes ponctuelles de conglomérats végétaux ou de produits concassés évoquant des préparations

alimentaires (gruaux, bouillies) ou des reliquats d'étuvage (Toulemonde, 2014); des pâtes et fragments de matière organique amorphe résultant de produits transformés (pain, galette, pâtisseries, pulpe de fruits) (Hansson, 1994; Lannoy *et al.*, 2002); des agglomérats de matière plus ou moins compactée contenant parfois des tiges et semences qui évoquent des fumiers, litières, couches excrémentielles ou coprolithes (Wilson, 1979; Dickson, 1987; Akeret, 2001; Ruas et Pradat, 2008) et, parce que les stocks de grains en révèlent régulièrement la présence, les pestes et parasites des denrées alimentaires, tels que les coléoptères ravageurs primaires et secondaires des récoltes (Huchet, 2016), les gales (anguilule-*Anguina* sp. : Ruas *et al.*, 2016) et sclérotos comme ceux de *Cenococcum geophilum* Fr. (Van Zeist, 1983) ou de l'ergot du seigle, *Claviceps purpurea* (figure 3).

La préservation et l'abondance de ces différentes catégories de témoins est fortement impactée par la nature des processus pré-dépositionnels qui vont conduire à leur stabilisation ou à leur « fossilisation » (Green, 1982). En Europe tempérée, les processus le plus souvent rencontrés en contexte archéologique sont la carbonisation, l'imbibition et la minéralisation, la dessiccation et la congélation intervenant dans des climats plus extrêmes. L'imbibition autorise l'expression de la diversité la plus étendue, car elle n'implique pas de transformation physico-chimique des restes. La présence permanente de la lame d'eau pénalise cependant les produits amidonneux (céréales, glands...), souvent représentés par leurs glumes ou cupules. La carbonisation affecte de manière variable les taxons et pièces végétales en fonction des températures et durées d'exposition à la chaleur (Wilson, 1984; Bordman et Jones, 1990; Ruas et Bouby, 2010). Elle favorise la préservation de plantes qui nécessitent des étapes de séchage, grillage, torréfaction, cuisson ou destruction par le feu. Les restes retrouvés sont essentiellement des céréales, légumineuses, glands et messicoles (thérophytes hivernales). La minéralisation résulte de la présence en concentration d'excréments ou de fumiers, riches en phosphore. Elle concerne donc en priorité des contextes de latrines, d'étables ou des zones d'épandage de fumier. Le terme désigne le remplacement de la matière organique par du phosphate de calcium (Green, 1979), qui vient combler la partie interne, ou l'enveloppe externe, de la graine ou du fruit. Ces moulages peuvent être incomplets ou imparfaits, bien que le processus soit rapide (Shiloto *et al.*, 2010). La découverte en concentration dans les latrines d'espèces sauvages qui croissent spontanément dans les milieux anthropisés révèle parfois leur usage alimentaire ou médicinal. Les processus post-dépositionnels s'ajoutent aux précédents; cependant les restes végétaux carbonisés et minéralisés sont peu sensibles à l'acidité du sol.

L'identification des spécimens carpologiques s'appuie sur les principes de l'anatomie comparée et de la biométrie, tout en intégrant les dégradations occasionnées par les processus taphonomiques. Les collections de référence actuelles et archéologiques comportent le nombre de spécimens nécessaire pour restituer la variabilité intra-spécifique parfois très étendue (vigne, blés, *Prunus*...). En présence de matériel sub-fossile humide bien conservé, le rang taxinomique d'espèce peut être atteint à 70 %. Si quelques assemblages sont assimilables à des associations végétales ayant conservé une

Figure 3 : (Voir planche couleur XV) Aperçu de la diversité des vestiges inclus dans le champ d'étude de la carpologie. De gauche à droite et de bas en haut : épi d'amidonnier (*Triticum dicoccum*), pomme sauvage carbonisée (*Malus sylvestris*), caryopse d'épeautre germé (*Triticum spelta*), caryopse et rachis d'orge vêtue (*Hordeum vulgare*), fruit minéralisé de *Malva sylvestris*, pain carbonisé, petit pois infesté par une bruche (*Pisum sativum*). Cl. V. Zech, J.-H. Yvinec.

Figure 3: (See colour plate XV) Diversity of the plant remains found in archaeological context. From left to right and top to bottom: emmer spike (*Triticum dicoccum*), wild apple (*Malus sylvestris*), sprouted grain of spelt wheat (*Triticum spelta*), grain and rachis internodes of hulled barley (*Hordeum vulgare*), mineralized fruit of *Malva sylvestris*, carbonized bread, seed of pea infested by *Bruchus* sp. (*Pisum sativum*). Cl. V. Zech, J.-H. Yvinec.

cohérence écologique (biocénoses), la plupart doivent être considérés comme des mélanges hétéroclites de végétaux de provenances diverses (thanatocénoses). À partir des spectres taxinomiques, on s'interroge sur le patrimoine végétal des sociétés (domestication, diversification, mise en culture, marginalisation, abandon), la gestion des espaces de culture, les traitements post-culturels, les utilisations des plantes (pharmacopée, artisanat textile, pratiques funéraires...), leurs modalités de stockage et de transformation, les pratiques commerciales et d'échange dont elles font l'objet, les marqueurs sociaux et sociétaux que représentent les espèces couteuses, exotiques...

Historique de la discipline

Les premières études carpologiques intégrées à une approche cohérente se développent en France à partir des années 1960-1970, grâce à l'investissement du Pr. J. Erroux, ingénieur agronome. Il réalise essentiellement dans le Gard et l'Hérault 88 études, qui concernent surtout des habitats en grotte, du Néolithique et de l'âge du Bronze (Marinval, 2001). La discipline à ses débuts tend à se focaliser sur la transition entre une économie basée sur la chasse/cueillette vers une économie de production, avec l'émergence des sociétés agricoles. La conservation exceptionnelle des matériaux organiques dans les habitats palafittes néolithiques des grands lacs du Jura et des Alpes motive le recrutement de K. Lundström-Baudais en 1984 au sein du laboratoire Chrono-écologie de Besançon, plus d'un siècle après que J. Le Mire ait effectué sur les sites lacustres de Clairvaux la plus ancienne étude carpologique réalisée en France (1872). Elle développe une approche ethnobotanique de l'utilisation des végétaux par les populations néolithiques.

D'autres périodes sont progressivement investies. Le programme archéologique de la Vallée de l'Aisne, mis en place en 1972 par le Pr. B. Soudsky, bénéficie dans les années 1980 de la contribution de C. Bakels, professeure d'archéobotanique à l'université de Leiden (Pays-Bas), qui réalise l'étude d'habitats protohistoriques et gallo-romains dans les départements de l'Aisne et de l'Oise (Bakels, 1984 ; 1999).

L'étude des fruits et graines acquiert une visibilité suffisante pour qu'en 1985 Ph. Marinval et M.-P. Ruas proposent le terme de carpologie pour différencier cet objet d'étude de la palynologie et de l'anthracologie, déjà structurées dans la recherche nationale, et lui conférer un domaine de compétence spécifique. Ils s'intéressent à l'introduction, la diffusion et l'utilisation des espèces en France, ouvrant ce champ de recherche aux périodes historiques et initiant les premiers enseignements. En 1990 est mis en place le DEA multiscaleux « Environnement et Archéologie » qui implique

des équipes de recherche de Paris 1, Paris 6, MNHN, INA, Montpellier, Toulouse, Besançon et Périgueux. Il répond aux attentes d'archéologues et d'historiens qui souhaitent voir les disciplines naturalistes prendre une place plus importante dans les préoccupations de la recherche, en formant des spécialistes de ces questions (Guilaine [dir.], 1991). Par la suite, plusieurs universités et le Muséum national d'Histoire naturelle de Paris recruteront des enseignants-chercheurs spécialisés intervenant au sein de parcours dédiés aux approches bio-archéologiques, et la première HDR synthétisant des résultats carpologiques sera soutenue en 2009.

L'essor de l'archéologie préventive dans les années 1990 multipliant les opportunités d'intervention, les approches carpologiques chronologiques ou thématiques se renforcent¹.

Depuis 1998, des Rencontres d'Archéobotaniques organisées sur une base annuelle, par les acteurs des disciplines impliquées dans l'histoire des relations Hommes-Plantes, structurent la communauté et en publient les avancées les plus récentes (Dietsch-Sellami, Hallavant, Bouby et Pradat [éd.], 2016 ; Rovira, Bouby, Bouchette et Ruas [éd.] 2017). L'accroissement du nombre de chercheurs encourage la tenue en France des XI^e et XVII^e congrès de l'IWGPA-International Work Group for Palaeoethnobotany², réseau qui rassemble à un niveau mondial des spécialistes travaillant sur l'histoire de la végétation, l'archéo- et l'ethnobotanique. La revue *Vegetation History and Archaeobotany* (Springer) en publie les actes (Behre et Willcox, 1999). Les sections 31 et 32 du CNRS, les universités, l'INRAP, des collectivités territoriales et des opérateurs privés ont pourvu des postes en carpologie ; cependant sur les 31 carpologues actuellement recensés, plus de la moitié ne sont pas statutaires.

Évolution des objets d'étude et nouvelles approches

Les carpologues qui travaillent en France métropolitaine interviennent en majorité dans le cadre de l'archéologie préventive. Si celle-ci a rarement le choix des conditions et de la localisation de ses interventions, elle a facilité le recueil de données inscrites dans un maillage serré qui s'étend à

1. Grâce aux thèses de doctorat et mémoires de masters 2 soutenus notamment par K. Lundström en 1982, Ph. Marinval 1988, M.-P. Ruas 1990, R. Buxo 1993, B. Pradat 1994, M.-F. Dietsch-Sellami 2000, V. Matterné 2001, C. Schaal 2001, A. Bouchette 2004, F. Durand 2004, E. Bonnaire 2006, Ch. Hallavant 2007, O. Rousselet 2008, L. Bouby 2010, L. Martin 2010, S. Preiss 2011, C. Pagnoux 2011, M. Derreumaux 2012, L. Berrio 2012, G. Daoulas 2012, F. Toulemonde 2013, J. Ros 2013, L. Flottes 2015, F. Jedrusiak 2016, P. Dhesse 2016, C. Duseau 2016, E. Neveu 2017.

2. Toulouse 1998 : 148 chercheurs, 25 pays, 121 communications et posters ; Paris 2016 : 323 chercheurs, 41 pays, 237 communications et posters.

présent à l'ensemble du territoire national³. On peut estimer à près de 2000 le nombre d'occupations archéologiques ayant fait, toutes périodes confondues, l'objet d'une analyse carpologique. Ce changement d'échelle a donné lieu à de nouveaux questionnements qui intègrent les notions de circuits d'échange, de transferts, d'héritages, d'interdépendance des sites, à l'image des thématiques archéologiques qui se transposent de l'analyse spatiale des établissements vers l'appréhension des territoires et des réseaux. Tout en cherchant à combler les dernières lacunes géographiques et chronologiques, les efforts se portent à présent sur une déclinaison des résultats qui témoigne de l'ensemble de la hiérarchie sociale, et sur des domaines peu documentés tels que les usages artisanaux, médicaux ou funéraires des plantes (Zech-Matterne, Derreumaux et Preiss [éds.], 2008) ; Corbineau *et al.*, 2018), la consommation de boissons fermentées (Bouby *et al.*, 2011), l'identification et la diffusion d'un nouveau blé (Toulemonde *et al.*, 2015), la place des végétaux dans les lieux de culte (Zech-Matterne *et al.*, accepté), le rôle des agglomérations secondaires dans la production agricole (Jedrusiak, 2016), ou encore les plantes de l'héritage arabo-islamique (Ruas *et al.*, 2015).

Les approches multiproxies se développent considérablement, y compris dans le cadre d'interventions hors-site. Les thèses de doctorat entreprises par J. Perrière, puis C. Schaal⁴, intègrent la carpologie comme témoin paléo-écologique des végétations anciennes.

Les travaux récents des carpologues s'inquiètent également de mieux mesurer les marges d'erreur induites par les protocoles d'analyse et d'améliorer la cohérence des démarches méthodologiques (Pradat, 2015). L'intérêt dont jouit l'archéologie vivante s'est accompagné d'un renouveau des démarches expérimentales, qui permettent de tester certaines hypothèses (Toulemonde, 2014 ; Hallavant et Toulemonde, 2016).

3. Notamment grâce aux résultats de plusieurs enquêtes de grande ampleur : 2005-2007 PAS INRAP « L'organisation et l'évolution de l'espace rural au second âge du Fer », sous la dir. de F. Malrain et G. Blanquaert ; 161 sites/197 occupations (Zech-Matterne *et al.*, 2009). 2008-2010 PAS INRAP « L'Habitat et l'Occupation du sol à l'âge du Bronze et au début du premier âge du Fer », sous la dir. de L. Carozza, C. Marcigny et M. Talon ; 272 sites/375 occupations (Bouby *et al.*, 2017). 2009 : Les débuts de la culture des avoines (genre *Avena*), leur essor et leur place au Moyen Âge dans le Nord de la France : attestations carpologiques et hypothèses ; 355 ensembles chronologiques distincts, du Bronze final à la fin de l'époque médiévale (Ruas et Zech-Matterne, 2012). 2014-2018 ERC advanced grants "RurLand-Rural Landscape in north-eastern Roman Gaul, from the late La Tène Period to the late Antiquity", sous la dir. de M. Reddé, EPHE ; 223 sites/655 occupations (II^e s. av. J.-C.-V^e s. apr. ; quart N.-E. de la Gaule) (Zech-Matterne *et al.*, 2017).

4. Sous convention CIFRE « Approche paléoécologique des paysages anciens au cours de l'Holocène. L'apport de la carpologie », Besançon, 2017. dir. E. Gauthier et H.-G. Nathon.

Le raffinement des méthodes d'identification a autorisé une identification des restes à un niveau plus fin que le rang taxinomique d'espèce, ouvrant la voie à des questionnements qui portent sur les processus de diversification variétale et l'exploration fine du compartiment domestique. Pour n'en citer que deux exemples, les travaux de L. Bouby sur la vigne et ceux de J.-F. Terral sur l'olivier (ISEM Montpellier) combinent des approches archéobotaniques « classiques », avec des démarches expérimentales, la morphométrie géométrique, l'éco-anatomie du bois, la caractérisation génotypique de populations actuelles et l'étude de l'ADN ancien, facilitée par les méthodes de séquençage NGS (Bouby *et al.*, 2013 ; Terral *et al.*, 2004 ; 2010).

La géochimie isotopique appliquée aux restes végétaux commence à se développer en France. Les analyses réalisées ont permis de progresser dans la connaissance des pratiques de fertilisation des sols à l'aide de fumiers d'étable, de s'interroger sur l'affouragement des animaux domestiques avec des sous-produits ou produits de l'agriculture et d'étudier l'alimentation des porcs, afin de voir si elle était compatible avec un élevage en milieu urbain (Aguilera *et al.*, 2017a ; 2017b).

La chimie organique offre un complément extrêmement intéressant à l'étude des macro-restes en venant identifier certaines composantes végétales ou produits transformés (vins, parfums, huiles, adhésifs...), revisitant ainsi l'approche typo-fonctionnelle de la céramique (Pêche-Quilichini *et al.*, 2010 ; Mazuy *et al.*, 2014 ; Regert et Mirabaud, 2014 ; Frère et Garnier, 2016 ; Garnier et Valamoti, 2016).

Enfin les produits transformés font l'objet eux aussi d'un renouvellement des approches qui intègrent l'utilisation du MEB/MEBE et de la micro-tomographie RX, à la fois pour identifier les denrées à l'origine des pâtes et les gestes techniques qui leur ont été appliqués (Heiss *et al.*, 2015).

Évolution des outils : BDD/Grandes enquêtes nationales/Réseaux

De nombreux programmes de recherche intègrent un volet carpologique (figure 4).

L'accroissement considérable de la masse de données a initié une réflexion précoce sur les moyens de les archiver et les interroger (ACI réseau TTT 2004, dir. S. Thiébault). Des bases de données ont été créées ou adaptées, comme ARBODAT⁵ ou I2AF, hébergée par l'INPN. Elles représentent un enjeu majeur des grands projets collectifs présents

5. ArboDat 2016[©] English version : Hessen Archäologie/Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique/Deutsche Forschungsgemeinschaft.

Figure 4 : Succession des programmes comportant des approches archéobotaniques dans leur propos.

Figure 4: Overview of the scientific programs which include archaeobotanical approaches.

et futurs, le traitement manuel de centaines de tableaux de données n'étant plus envisageable.

Plusieurs réseaux destinés à décloisonner les disciplines et faire émerger de nouveaux outils et objets de recherche à l'interface se sont créés. L'ANR (2008-2011), puis le GDR 3644 BioarchéoDat « Sociétés, biodiversité et environnement : données et résultats de l'archéozoologie et de l'archéobotanique sur le territoire de la France » (2014-2018) (dir. J.-D. Vigne), fédérant 21 UMR, s'est précisément donné pour objectifs de rassembler les données bio-archéologiques dans des bases données partagées et d'en valoriser le potentiel au travers de recherches collaboratives. Le programme européen « EARTH » « Early Agricultural Remnants and Technical Heritage » (2004-2009) et le GDR 2517 « Regards interdisciplinaires sur les activités et techniques agricoles anciennes et préindustrielles » (2002-2010) (dir. P. Anderson) ont produit une somme remarquable

consacrée aux choix de culture, techniques agraires et paysages façonnés par les activités agricoles et pastorales, dans les sociétés pré-industrielles (Chevalier, Marinova et Pena-Chocarro, 2014; Van Gijn, Whittaker et Anderson, 2014; Retamero, Schjellerup et Davies, 2016). Le GDR INEE 3353 Mosaïques « Agroécosystèmes, Agrobiodiversités et Environnement, Domestication et Innovations » (2010-2017) (dir. Y. Aumeeruddy-Thomas) s'est consacré à l'évolution sur le temps long des agroécosystèmes et de leurs agrobiodiversités. Enfin, le GDR INEE 3764 ANF « Inventaire des espèces végétales introduites sur le territoire national : archéophytes et néophytes de France » (2016-) (dir. C. Brun et G. Fried) vise à évaluer le caractère invasif d'espèces non autochtones en intégrant leur temps de résidence appréhendé à partir de mentions historiques et carpologiques.

5. CONCLUSIONS

Les trois disciplines archéobotaniques présentées ici n'ont pas exactement la même histoire : si la palynologie a bénéficié d'un développement remarquable dès les décennies 60-70 en multipliant les analyses en grottes et abris-sous-roche, l'essor de l'anthracologie s'amorce plutôt à la fin des années 1970 et celui de la carpologie atteint son plein développement dans les années 1990. Depuis quarante ans, ces disciplines ont gagné en visibilité et ont diversifié leurs objets d'étude ; elles sont régulièrement sujettes à prescriptions lors de l'établissement du cahier des charges préalable aux opérations d'archéologie préventive. Cependant les macrorestes (charbons et carporestes), détectables dès la fouille, sont plus volontiers assimilés au mobilier archéologique, tandis que la prise d'échantillons palynologiques hors-sites doit être encore argumentée.

Un nombre croissant de programmes financés par des instances nationales et internationales placent les trois disciplines au cœur de leur démarche, le plus souvent dans une perspective d'interdisciplinarité. Les communautés de bioarchéologues sont ainsi fédérées par les réseaux collaboratifs qu'elles entretiennent en interne et avec d'autres communautés scientifiques, et grâce aux colloques spécialisés.

Les avancées technologiques des 40 dernières années ont généré de nouvelles approches et thématiques qui permettent de contourner certains verrous méthodologiques, mais qui nécessitent le recours à des plateformes techniques spécialisées (spectrométrie de masse, microscopie à balayage, extraction d'ADN nouvelle génération, numérisation par microtomographie et nanotomographie...), et qui requièrent les financements adéquats.

Si l'on ne peut que se réjouir du développement d'enseignements spécialisés dans les filières d'archéologie et d'histoire, le recrutement sur postes de chercheurs et d'enseignants s'agrandit trop lentement pour la carpologie et l'anthracologie et régresse de manière alarmante pour la palynologie. C'est d'autant plus préoccupant que les profils recherchés tendent vers une hyper spécialisation (approches moléculaires et isotopiques, morphométrie géométrique), au détriment des compétences « de base » en taxinomie : identifier les restes et les interpréter, qui demeurent l'assise de nos disciplines.

Remerciements

Remerciements à Margareta Tengberg, Laurent Bouby et Marie-Pierre Ruas pour les compléments d'information qu'ils ont apportés à la présentation de la discipline carpologique.

Bibliographie

- AGUILERA M., ZECH-MATTERNE V., LEPETZ S., BALASSE M., 2017a. Crop Fertility Conditions in North-Eastern Gaul During the La Tène and Roman Periods: A Combined Stable Isotope Analysis of Archaeobotanical and Archaeozoological Remains. *Environmental Archaeology* : 1-15. doi:10.1080/14614103.2017.1291563
- AGUILERA M., BALASSE M., LEPETZ S., ZECH-MATTERNE V., 2017b. Amender les sols cultivés avec des fumiers et déchets domestiques: une origine multimillénaire pour un enjeu majeur du développement durable. In M. Balasse, Ph. Dillmann (éds.). *Regards Croisés : Quand les sciences archéologiques rencontrent l'innovation*. Paris, Éditions des Archives Contemporaines, coll. « Sciences Archéologiques », p. 51-71.
- AKERET O., RENTZEL Ph., 2001. Micromorphology and plant macrofossil analysis of cattle dung from the Neolithic lake shore settlement of Arbon Bleiche 3. *Geoarchaeology*, 16 (6), p. 687-700.
- Aoustin D., 2005. *Relation Homme/Milieu : l'exemple du village médiéval du Goënidou dans les Monts d'Arrée (Berrien, Finistère). Apport de la palynologie et de l'anthracologie à l'histoire de la végétation*. Mémoire de DEA, Université de Paris X, France.
- ARGANT J., 1990. *Climat et environnement au Quaternaire dans le Bassin du Rhône d'après les données palynologiques*. Documents du Laboratoire de Géologie de Lyon, 111, p. 1-199.
- ARGANT J., 2010. Apport de l'analyse pollinique à la connaissance du lieu d'approvisionnement en matériaux de calfatage des épaves du Parc Saint-Georges (Lyon). *Archeonautica*, 16, p. 228-233.
- ARGANT J., HEINZ Ch., BROCHIER J.E., 1991. Pollens, charbons de bois et sédiments : l'action humaine et la végétation, le cas de la grotte d'Antonnaire (Montmaur-en-Diois, Drôme). *Revue d'Archéométrie*, 15, p. 29-40.
- BAKELS C.C., 1984. Carbonized seeds from Northern France. *Analecta Praehistorica Leidensia*, 17, p. 1-27.
- BAKELS C.C., 1999. Archaeobotanical investigations in the Aisne valley, northern France, from the Neolithic up to the early Middle Ages. *Vegetation History and Archaeobotany*, 8, p. 71-77.
- BAL M.C., RENDU C., RUAS M., CAMPAJO P., 2010. Paleosol charcoal: reconstructing vegetation history in relation to agropastoral activities since the Neolithic. A case study in the Eastern French Pyrenees. *Journal of Archaeological Science*, 37, p. 1785-1797.
- BARBIER D., 1999. *Histoire de la végétation du Nord mayennais de la fin du Weichsélien à l'aube du ^{xx} siècle. Mise en évidence d'un Tardiglaciaire armoricain, interactions homme-milieu*. Thèse de doctorat, Université de Nantes, France.

- BARBIER-PAIN D., LE BOULANGER F., POILPRE P., 2014. Un atelier médiéval de transformation du chanvre à Brielles (35) : croisement des données archéologiques, palynologiques et des sources historiques, *Séminaire « Actualités en archéologie biologique – Fouilles, analyses, archéologie expérimentale »*, UBS, Inrap.
- BATON F., 2017. *Effets de la carbonisation oxygénée sur le signal isotopique ($\delta^{13}\text{C}$) du bois: vers une dendroclimatologie isotopique sur charbons archéologiques*. Thèse de doctorat, Université Pierre et Marie Curie – Paris VI, France.
- BATON F., THANH THUY NGUYEN TU, DERENNE, S., DELORME, A., DELARUE, F., DUFRAISSE A., 2017. Tree-ring $\delta^{13}\text{C}$ of archeological charcoals as indicator of past climatic seasonality. A case study from the Neolithic settlements of Lake Chalain (Jura, France). *Quaternary International*, 457, p.50-59.
- BEAULIEU J.-L. DE, PONS A., REILLE M., 1985. Recherches pollénoanalytiques sur l'histoire tardiglaciaire et holocene de la végétation des Monts d'Aubrac (Massif Central, France). *Review of palaeobotany and palynology*, 44, (1-2), p. 37-55.
- BEAULIEU J.-L. DE, RICHARD H., RUFFALDI P., CLERC J., 1994. History of vegetation, climate and human action in the French Alps and the Jura over the last 15,000 years. *Dissertationes Botanicae*, 234, p. 253-275.
- BEHRE K.E., WILLCOX G., 1999. Editorial. *Vegetation History and Archaeobotany*, 8 (1-2) : *Proceedings of the 11th IWGP Symposium Toulouse*.
- BIRKS H.J.B., LINE J.M., 1992. The use of rarefaction analysis for estimating palynological richness from Quaternary pollen-analytical data. *The Holocene*, 2, p. 1-10.
- BOARDMAN S., JONES G., 1990. Experiments on the Effect of Charring on Cereal Plant Components. *Journal of Archaeological Science*, 17, p. 1-11.
- BOUBY L., BOISSINOT Ph., MARINVAL Ph., 2011. Never mind the bottle. Archaeobotanical evidence of beer-brewing in Mediterranean France and the consumption of alcoholic beverages during the 5th century BC. *Human Ecology*, 39, p. 351-360.
- BOUBY L., ZECH-MATTERNE V., BOUCHETTE A., CABANIS M., DERREUMAUX M., DIETSCH-SELLAMI M.-F., DURAND F., FIGUEIRAL I., MARINVAL Ph., PRADAT B., ROUSSELET O., ROVIRA N., SCHAAL, C., TOULEMONDE F., WIETHOLD J., 2017. Ressources et économie agricole en France à l'âge du Bronze et au Premier âge du Fer. État des données carpologiques. In L. Carozza, C. Marcigny, M. Talon (éds.). *L'Habitat et l'Occupation du sol à l'âge du Bronze et au début du premier âge du Fer*. Paris, Inrap/CNRS éditions, coll. « Recherches archéologiques », p. 299-314.
- BOUCHET F., KRIER V., LEROYER CH., MONNET C., PEPE CL., RUAS M.-P., THIEBAULT S., 1992. Fonctions et utilisations. Utilisation attestée. In C. Monnet (dir.), *L'évacuation des déchets en milieu urbain au bas Moyen Âge. L'exemple de la Cour Napoléon du Louvre*. Louvain, éd. Université catholique, vol. VIII, coll. d'archéologie Joseph Mertens, p. 20-29.
- BOULEN M., 2010. Synthèse des analyses polliniques pour la période romaine sur le secteur de la bordure nord-ouest du plateau briard, *Revue Archéologique d'Île de France*, 3, p. 133-148.
- BOULEN M., 2011. *Évolution de l'environnement sur la plaine de Soupir/Moussy-Verneuil (Aisne), d'après les analyses palynologiques de structures archéologiques et de paléochenaux*. Mémoire de Master 2 Recherche, Université de Paris1, France.
- BRUN C., 2007. *Archéophytes et néophytes. Pour une nouvelle détermination des marqueurs polliniques de l'anthropisation. Le cas des milieux cultivés et rudéraux de Franche-Comté*. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, France.
- BUI THI MAI, GIRARD M., 2004. Pollen et ophtalmologie antique : des collyres romains au casse-lunette (*Euphrasia officinalis* L., Scrophulariaceae) et au cassis (*Ribes nigrum* L., Grossulariaceae), In G. Boëtsch, H. Cortot (dir.), *Plantes qui nourrissent, plantes qui guérissent dans l'espace Alpin*. Gap, Éditions de la Librairie des Hautes-Alpes, p. 93-104.
- BÜNTGEN U., TEGEL W., NICOLUSSI K., MCCORMICK M., FRANK D., TROUET V., KAPLAN J.O., HERZIG F., HEUSSNER K.U., WANNER H., LUTERBACHER J., ESPER J., 2011. 2500 years of European climate variability and human susceptibility. *Science*, 331, p. 578-580.
- CABANIS M., DEBERGE Y., BOUBY L., HAJNALOVÁ M., MARINVAL P., MENNESSIER-JOUANNET C., VERMEULEN C., VERNET G., 2017. Changes in crop cultivation during the last five centuries before the Roman conquest: Archaeobotanical investigation in the Clermont-Ferrand basin, Massif Central, France. *Archaeological and Anthropological Science*, 9, p. 181-196.
- CARCAILLET C., 2007. Charred particle analysis. In S.A. Elias (éd.) *Encyclopedia of Quaternary Science*. Elsevier, Amsterdam, p. 1582-1593.
- CARCAILLET C., BRUN J.-J., 2000. Changes in landscape structure in the northwestern Alps over the last 7000 years: lessons from soil charcoal. *Journal of Vegetation Science*, 11, p. 705-714.
- CARCAILLET C., THINON M., 1996. Pedoanthracological contribution to the study of the evolution of the upper treeline in the Maurienne Valley (North French Alps): methodology and preliminary data. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 91, p. 399-416.
- CARRION Y., 2003. *Afinidades y diferencias de las secuencias antracológicas en las vertientes mediterranea y atlantica de la península Iberica*. Ph.D. Thesis, Universitat de Valencia, Spain.
- CHABAL L., 1997. Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive) : l'anthracologie, méthode et paléocologie. *Documents d'Archéologie Française*, p. 63.
- CHEVALIER A., MARINOVA E., PEÑA-CHOCARRO L. (eds.), 2014. *Plants and People. Choices and diversity through time*. EARTH

- 1-Early Agricultural Remnants and Technical Heritage: 8,000 years of resilience and innovation, Oxford, Oxbow Books.
- CORBINEAU R., 2014. *Pour une archéobotanique funéraire. Enquêtes interdisciplinaires et analyses polliniques autour de la tombe et du corps mort (Ère chrétienne, France-Italie)*. Thèse de doctorat, Université du Maine, France.
- CORBINEAU R., RUAS M.-P., BARBIER-PAIN D., FORNACIARI G., DUPONT H., COLLETER M., 2018. *Plants and aromatics for embalming in Late Middle Ages and modern period: a synthesis of written sources and archaeobotanical data (France, Italy)*, 27, p.151-164.
- COUTEAUX M., 1977. À propos de l'interprétation des analyses polliniques de sédiments minéraux, principalement archéologiques. In H. Laville, J. Renault-Miskovsky (dir.), *Approche écologique de l'homme fossile*, Suppl. Bull. AFEQ, 47, p. 259-276.
- COUVERT M., 1970. Étude des charbons préhistoriques – préparation des coupes minces et analyse des structures. Travaux du CRAPE, AMG.
- DAVASSE B., 1998. *La forêt du charbonnier et les forêts des paysans dans l'espace des Pyrénées de l'est (Moyen âge à nos jours) : étude d'écologie historique : aspects biogéographique, écohistorique et anthracologique*. Contribution à une histoire de l'environnement. Thèse de doctorat en géographie, Université de Toulouse 2.
- DAVID R., 2014. *Modélisation de la végétation holocène du Nord-Ouest de la France : Reconstruction de la chronologie et de l'évolution du couvert végétal du Bassin parisien et du Massif armoricain*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, France.
- DELHON C., THIÉBAULT S., BERGER J.-F., 2009. Environment and landscape management during the middle Neolithic in Southern France: evidences of agro-sylvo-pastoral systems in the middle Rhone valley. In D. Galop, L. Carozza, J. Guilaine and M. Magny (dir.): *Rhythms and causalities of anthropisation dynamic in Europe between 6500 and 500 BC: sociocultural and/or climatic assumptions*. *Quaternary International*, 200 (1-2), p. 50-65.
- D'ERRICO F., SANCHEZ-GONI M.-F., BANKS W., 2012. L'impact du Dernier Maximum glaciaire sur les populations européennes. In J.-F. Berger (dir.). *Des climats et des hommes. La Découverte, Paris*, p. 125-140.
- DERVILLE H., FIRTION F., 1951. Sur la palynologie d'un dépôt de comblement d'un abri sous roche de haute-Auvergne, *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, 233, p. 423-424.
- DICKSON C., 1987, The identification of cereals from ancient bran fragments. *Circaea*, 4 (2), p. 95-102.
- DIETSCH-SELLAMI M.-F., HALLAVANT Ch., BOUBY L., PRADAT B. (éds.), 2016. *Plantes, produits végétaux et ravageurs*. Actes des X^e Rencontres d'Archéobotanique, Les Eyzies-de-Tayac, 24-27 Septembre 2014. Aquitania, supplément 36, Bordeaux.
- DIETSCH-SELLAMI M.-F., MATTERNE V., 2002. Les graines et les fruits. In J.-C. Miskovsky (dir.). *Géologie de la Préhistoire : Méthodes, techniques, applications*. Association pour l'étude de l'environnement géologique de la Préhistoire, Paris.
- DIOT M.-F., 1991a. Analyse palynologique des mousses de calfatage du bateau fluvial à Godefroy, commune de Bouliac (Gironde), *Aquitania*, 9, p. 225-235.
- DIOT M.-F., 1991b. Le palynofaciès en archéologie : intérêt de son étude. *Revue d'Archéométrie*, 15, p. 54-62.
- DUBOIS G. 1932. L'analyse pollinique des tourbes et son application à l'étude du quaternaire et de la Préhistoire. *L'Anthropologie*, 42, p. 269-289.
- DUFRAISSE A., 2002. *Les habitats littoraux néolithiques des lacs de Chalain et Clairvaux (Jura, France) : collecte du bois de feu, gestion de l'espace forestier et impact sur le couvert arboréen entre 3700 et 2500 av. J.-C. Analyses anthracologiques*. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, France.
- DUFRAISSE A., GARCIA-MARTINEZ M.S., 2011. Mesurer les diamètres du bois de feu en anthracologie. Outils dendrométriques et interprétation des données, *Anthropobotanica* (2), p. 1-18.
- DUFRAISSE A., COUBRAY S., GIRARD-CLOS O., NOCUS N., LEMOINE M., DUPOUEY, J.-L., MARGUERIE, D., 2017. Anthracotypology as a key approach to past firewood exploitation and woodland management reconstructions. Dendrological reference dataset modelling with dendro-anthracological tools. *Quaternary International*, 463, Part B, p. 232-249 [http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2017.03.065].
- FIEZT A., 1933. Prähistorische Pflanzenreste aus der Umgebung von Mährisch Neustadt. *Beitr. z. Biol. d. Pflanzen*, 21, p. 211-218.
- FIGUEIRAL I., POMARÈDES H., COURT-PICON M., BOUBY L., TARDY C., TERRAL J.-F., 2015. New insights into Mediterranean Gallo-Roman farming: a closer look at archaeological wells in Southern France. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 7, p. 201-233.
- FLICHE P., 1907. Note sur un charbon quaternaire de châtaignier. *Bull. Soc. Tosc. Fr.*, 54, VII, p. 132-136.
- FOHRER F., TORITI M., DURAND A., 2017. Analyse des vermou-lures pour la détermination de quelques espèces d'insectes xylophages de la famille des Ptinidae. *Bulletin de la Société entomologique de France*, 122 (2), p. 133-142.
- FRÈRE D., GARNIER N., 2016. Fonction des vases, usages multiples et détournements. SFECAG, Actes du congrès d'Autun, 5-8 mai 2016, p. 269-274.
- FYFE R. M., BEAULIEU J.-L. DE, BINNEY H., BRADSHAW R.H.W., BREWER S., LE FLAO A., FINSINGER W., GAILLARD M.-J., GIESECKE T., GIL-ROMERA G., GRIMM E. C., HUNTLEY B., KUNES P., KÜHL N., LEYDET M., LOTTER A. F., TARASOV P.E., TONKOV S., 2009. The European Pollen Database: past efforts

- and current activities. *Vegetation history and Archaeobotany*, 18, (5), p. 417-424.
- GAILLARD M.-J., SUGITA S., BUNTING M. J., DEARING J.A., BITTMANN F., 2008. Human impact on terrestrial ecosystems, pollen calibration and quantitative reconstruction of past land-cover *Vegetation History and Archaeobotany*, 17, (5), p. 415-418.
- Galop D., 1998. *La forêt l'homme et le troupeau dans les Pyrénées. 6000 ans d'histoire de l'environnement entre Garonne et Méditerranée*. GEODE, Laboratoire d'Écologie Terrestre et FRAMESPA, Toulouse.
- Galop D., LOPEZ SAEZ J.-A., 2000. Histoire agraire et paléoenvironnement. Les apports de la palynologie et des microfossiles non-polliniques. *Trabalhos de Antropologia et Etnologia*, 42, p. 161-164.
- GALOP D., TUAL M., MONNA F., DOMINIK J., BEYRIE A., MAREMBERT F., 2001. Cinq millénaires de métallurgie en montagne basque. Les apports d'une démarche intégrée alliant palynologie et géochimie isotopique du plomb. *Sud-Ouest Européen*, 11, p. 3-15.
- GARNIER N., VALAMOTI S.M., 2016. Prehistoric wine-making at Dikili Tash (Northern Greece): Integrating residue analysis and archaeobotany. *Journal of Archaeological Science*, 74, p. 195-206.
- GAUDIN L., 2004. *Les transformations spatio-temporelles de la végétation du nord-ouest de la France depuis la fin de la dernière glaciation. Reconstitutions paléo-paysagères*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, France.
- GAUTHIER A., 1992. *Paléoenvironnements du Pléistocène moyen dans le sud de la France : apport et limites de l'analyse polliniques de trois sites préhistoriques : Caune de l'arago, Orgnac 3, grotte du Lazaret*. Thèse de doctorat, MNHN, France.
- GAUTHIER A., 2006. Analyse palynologique des latrines 2. M.-C. Coste (dir.) : *Mode de vie et alimentation à la fin du Moyen-Âge au château de Blandy-les-Tours : approche pluridisciplinaire des latrines de la salle de l'Auditoire*. Supplément à la Revue archéologique du Centre de la France, 28, p. 34-42.
- GAUTHIER E., 2001. *Evolution de l'impact de l'Homme sur la végétation du massif jurassien au cours des quatre derniers millénaires. Nouvelles données palynologiques*. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, France.
- GAUTHIER E., BICHET V., MASSA C., PETIT C., VANNIÈRE B., RICHARD H., 2010. Pollen and non-pollen palynomorph evidence of medieval farming activities in southwestern Greenland. *Vegetation History and Archaeobotany*, 19, (5-6), p. 427-438.
- GAUTHIER E., BICHET V., MASSA C., PERREN B., RICHARD H., 2014. Agriculteurs du Groenland : adaptation et vulnérabilité aux contraintes environnementales. In S. Costamagno (dir.), *Histoire de l'alimentation humaine : entre choix et contraintes (édition électronique)*, p. 16-25.
- GIRARD M., 1987. Analyses polliniques et sépultures, In H. Duday, C. Masset (dir.), *Anthropologie physique et Archéologie : méthodes d'étude des sépultures*. Paris, CNRS, p. 325-331.
- GODWIN H., TANSLEY A.G., 1941. Prehistoric charcoals as evidence of former vegetation, soil and climate. *Journal of Ecology*, 29 (1), p. 117-126.
- GOEURY C., 1988. Acquisition, gestion et représentation des données de l'analyse pollinique sur micro-ordinateur. *Inst. fr. Pondichery, trav. sec. sci. tech.*, XXV, p. 405-416.
- GOEURY C., 1997. GpalWin : gestion, traitement et représentation des données de la paléoécologie, *Actes du XV^e symposium de l'A.P.L.F.*, (Lyon, 1987), p. 31.
- GREEN F.J., 1979. Phosphatic mineralization of seeds from archaeological sites. *Journal of Archaeological Science*, 6 : 279-284.
- GREEN F.J., 1982. Problems of interpreting differentially preserved plant remains from excavations of medieval urban sites. In A. Hall, H.K. Kenward (eds.), *Environmental Archaeology in Urban Context*. Council of British Archaeology Research Report, 43, London, p. 40-46.
- GREGUSS P., 1959. *Holzanatomie der Europäischen Laubbölzer und Sträucher*. Akademiai Kiado, Budapest.
- GRIMM E., 1987. CONISS: A FORTRAN 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers & Geosciences*, 13, p. 13-35.
- GRIMM E., 1990. TILIA and TILIA.GRAPH: PC spreadsheet and graphics software for pollen data. *INQUA Commission for the Study of the Holocene Working Group on Data Handling Methods. Newsletter* 4, p. 5-7.
- GUILAINE J. (dir.), 1991. *Pour une archéologie agraire, à la croisée des sciences de l'homme et de la nature*. Paris, Armand Colin.
- GUIOT J., 1990. Methodology of the last climatic cycle reconstruction in France from pollen data. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 80, p. 49-69.
- GUIOT J., VERNAL A. DE, 2007. Transfer Functions: Methods for Quantitative Paleoclimatology Based on Microfossils. In C. Hillaire-Marcel, A. de Vernal (dir.), *Proxies in Late Cenozoic Paleoclimatology (Developments in Marine Geology vol 1)*, Elsevier, Amsterdam, p. 523-563.
- HALLAVANT Ch., TOULEMONDE F., 2016. Découverte de « tourteaux » de caméline dans une fosse de la fin du 2^e âge du Fer (II^e-début I^{er} s. av. J.-C.) à Saint-Martin-d'Ary « Le Noret » (Charente-Maritime) : essai d'interprétation d'après l'expérimentation. In M.-F. Dietsch-Sellami, Ch. Hallavant, L. Bouby, B. Pradat (éds.), p. 235-258.
- HANSSON A.-M., 1994. Gran-paste, porridge and bread. Ancient cereal-based food, *Laborativ Arkeologi (Journal of Nordic Archaeological Science)*, 7, p. 5-20.
- HEEGAARD E., BIRKS H.J.B., TELFORD R.J., 2005. Relationships between calibrated ages and depth in stratigraphical sequences:

- an estimation procedure by mixed-effect regression. *The Holocene*, 15 (4), p. 612-618.
- HEER O., 1866. Pflanzen der Pfanzhbauten. *Neujbl. naturf. Ges. Zürich auf das Jahr*. 1-54.
- HEISS A., POUGET N., WIETHOLD J., DELOR-AHÜ A., LE GOFF I., 2015. Tissue-based analysis of a charred flat bread (galette) from a Roman cemetery at Saint-Mémmie (Dep. Marne, Champagne-Ardenne, north-eastern France). *Journal of Archaeological Science*, 55, p. 71-82.
- HEISS A., 2009. Anatomy of European and North American Woods – An Interactive Identification Key. DELTA/INTKEY system, 10.13140/RG.2.1.3000.7764.
- HIGUERA P.E., BRUBAKER L.B., ANDERSON P.M., BROWN T.A., KENNEDY A.T., HU F.S., 2008. Frequent fires in ancient shrub tundra: implications of paleorecords for arctic environmental change. *PLoS One*, 3, e0001744.
- HOWARD A.L., 1942. Studies of the identification of timbers. Macmillan and Co., London.
- HUCHET J.-B., 2016. Le Coléoptère, la Graine et l'Archéologue : approche archéoentomologique de quelques ravageurs des denrées stockées. In M.-F. Dietsch-Sellami, Ch. Hallavant, L. Bouby, B. Pradat (éds.), p. 17-42.
- IZARD V., 1999. *Les montagnes du fer : éco-histoire de la métallurgie et des forêts dans les Pyrénées méditerranéennes (de l'Antiquité à nos jours)*. Pour une histoire de l'environnement. Thèse de doctorat en géographie, Université de Toulouse 2.
- JACQUIOT C., 1955. *Atlas d'anatomie des bois de conifères*. Centre technique du bois, Paris, 2 tomes.
- JACQUIOT C., 1960. Détermination de bois fossiles provenant de la grotte de Lascaux, Montignac-sur-Vézère (Dordogne). *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 107, p. 15-17.
- JACQUIOT C., TRÉNARD Y., DIROL D., 1973. *Atlas d'anatomie des bois des Angiospermes*. Centre technique du bois, Paris, 2 tomes.
- JALUT G., 1991. Le pollen traducteur du paysage agraire. In J. Guilaine (dir.) *Pour une archéologie agraire*, Paris, Colin, p. 345-368.
- JEDRUSIAK F., 2016. *L'économie végétale dans les agglomérations gallo-romaines de Beaune-La-Rolande, Châteaubleau et Châteaumeillant*. Thèse de doctorat de l'université de Paris Ouest Nanterre/La Défense, Paris, 2 vol., 351 et 195 p.
- JOUFFROY-BAPICOT I., PULIDO M., BARON S., GALOP D., MONNA F., LAVOIE M., PETIT C., BEAULIEU DE J.-L., RICHARD H., 2007. Environmental impact of early palaeometallurgy: pollen and geochemical analysis. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 16, p. 251-258.
- LANNON S., MARINVAL PH., BULEON A., CHIRON H., MEJANELLE Ph., PIN S., RECH J., TCHAPLA A., 2002. Étude de « pains/galettes » archéologiques français. In K. Fechner, M. Mesnil (éds.), *Pains, fours et foyers des temps passés. Archéologie et traditions boulangères des peuples agriculteurs d'Europe et du Proche Orient*. Civilisations 49 (1-2), ULB, Bruxelles, p. 119-160.
- LE DIGOL Y., BERNARD V., CABARET O., 2007. *Rapport d'étude dendrochronologique sur les bois carbonisés du Camp Saint-Symphorien (Paule, Côtes-d'Armor)*. DendroTech, 2007-12.
- LE MIRE J., 1872. Découverte d'une station lacustre de l'Âge de la Pierre Polie dans le lac de Claivaux. *Académie des sciences, belles-lettres et arts de Besançon*, p. 97-148.
- LEBRETON V., 2004. *Paysages et climats des premiers hominidés en Italie*. British Archaeological Reports, S 1204, Oxford.
- LEMÉE G., 1949. Note sur la synchronisation entre l'âge du Bronze et les phases forestières du plateau de Millevaches. *Bulletin de la Société Préhistorique française*, 46, p. 68-71.
- LEMÉE G., 1952. Le cadre végétal au début de la période gallo-romaine sur le plateau de Millevaches. *Bulletin de la Société Préhistorique française*, 49, p. 195-196.
- LEROI-GOURHAN A., 1954. *Rapport sur les fouilles d'Arcy-sur-Cure, année 1954*.
- LEROI-GOURHAN A., 1963. Remarques au sujet des températures würmiennes. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 7^e série, V, p. 414-418.
- LEROI-GOURHAN A., 1968. Dénomination des oscillations würmiennes. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 4, p. 281-287.
- LEROI-GOURHAN A., 1973. Analyses polliniques, Préhistoire et variations climatiques quaternaires. *Les méthodes quantitatives d'étude des variations du climat au cours du Pléistocène*, Colloque international CNRS n° 219, Gif-sur-Yvette, 5-8 juin 1973, p. 61-66.
- LEROI-GOURHAN A., 1980. Interstades au Würm supérieur. In J. Chaline (dir.), *Problèmes de stratigraphie quaternaire en France et dans les pays limitrophes*. Supplément au *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 2e série, 1, p. 192-193.
- LEROI-GOURHAN A., RENAULT-MISKOVSKY J., 1977. La palynologie appliquée à l'Archéologie, In H. Laville, J. Renault-Miskovsky (dir.), *Approche écologique de l'homme fossile*. Supplément au *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 47, p. 35-49.
- LEROYER Ch., 1989. Palynologie en milieu alluvial. *Archéologie et carrières*, Institut du Patrimoine, Paris, p. 65-67.
- LEROYER Ch., 1997. *Homme, Climat, Végétation au Tardi-et-Postglaciaire dans le Bassin parisien : apports de l'étude palynologique des fonds de vallée*. Thèse de doctorat, Université de Paris I – Panthéon – Sorbonne, France.
- LEROYER CH., BOULEN M., MARGUERIE D., LORHO T., PRAT B., ARGANT J. avec les contributions de ALLENET DE RIBEMONT G., Aoustin D., DIOT M. F., GAUDIN L., GUENET P., LATOUR-ARGANT C., MAREMBAT L., PERRIÈRE J., TIXIER C., VIVENT D., 2009. Base de données et SIG palynologiques sur l'Âge du Fer en France : une autre approche du paysage végétal et de son anthropisation. In I. Bertrand, A. Duval, J. Gomez De Soto,

- P. Maguer (dir.). *Habitats et paysages ruraux en Gaule et regards sur d'autres régions du monde celtique*, T. II, Mémoire A.P.C. XXXV, Chauvigny, p. 447-468.
- LEROYER Ch., LIMONDIN N., KRIER V., 1991. Approche pluridisciplinaire des dépôts holocènes du site de Verrières (Aube). *Bulletin de la Société Préhistorique française*, 88, (8), p. 232.
- LIMIER B., 2016. *Approche éco-anatomique du bois de vigne (Vitis vinifera L.) pour une meilleure connaissance de l'histoire de la viticulture en Méditerranée nord-occidentale*. Mémoire M2 EPHE, Montpellier.
- LÓPEZ-SÁEZ J., VAN GEEL B., FARBOS-TEXIER S., DIOT M.-F., 1998. Remarques paléoécologiques à propos de quelques palynomorphes non-polliniques provenant de sédiments quaternaires en France. *Revue de Paléobiologie*, 17, (2), p. 445-459.
- LUDEMANN T., 2008. Experimental charcoal-burning with special regard to charcoal wood diameter analysis. In G. Fiorentino, D. Magri (éd.), *Charcoals from the past: cultural and palaeoenvironmental implications*. BAR International Series, Lecce, p. 147-158.
- LUDEMANN T., NELLE O., 2002. *Die Wälder am Schauinsland und ihre Nutzung durch Bergbau und Köhlerei. Forstliche Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg, Abteilung Botanik und Standortskunde*, 15, Freiburg.
- LUNDSTRÖM-BAUDAIS K., 1986. Étude paléoethnobotanique de la station III de Claivau. In P. Pétrequin (Ed.), *Les sites littoraux néolithiques de Clairvaux-Les-Lacs (Jura), T. I Problématique générale, l'exemple de la station III*, Paris, Maison des Sciences de l'Homme, p. 311-391.
- MAGUET E., BARREAU J.B., LEROYER Ch., 2016. Palaeoenvironmental Records and Php Possibilities: results and perspectives on an online bioarcheological database. In S. Campana, R. Scopigno, G. Carpentiero, M. Cirillo (dir.). *CAA2015, proceeding of the 43rd Annual Conference on Computer applications and quantitative methods in Archaeology (Siena, 2015)*. Oxford, Archaeopress, Paris 143-156.
- MARGUERIE D., 1991. *Évolution de la végétation sous l'impact anthropique en Armorique du Mésolithique au Moyen Âge : études palynologiques et anthracologiques des sites archéologiques et des tourbières associées*. Thèse de doctorat, Université de Rennes I, France.
- MARGUERIE D., 1992. *Évolution de la végétation sous l'impact humain en Armorique du Néolithique aux périodes historiques*. Trav. Labo. Anthropologie, Université de Rennes 1, n° 40.
- MARGUERIE D., 1992. L'embaumement du corps découvert dans un cercueil en plomb au Vieux-Château de Laval : analyse des pollens. In M. Viré (dir.). *À la rencontre d'Anne d'Alègre, Dame de Laval (v. 1565-1619). Anne d'Alègre et son temps. Exploitation scientifique d'une découverte*. Société d'Archéologie et d'Histoire de la Mayenne, *La Mayenne : Archéologie, Histoire*, supplément n° 2, p. 93-97.
- MARGUERIE D., 2011. Short tree ring series: the study materials of the dendro-anthracologist. *Saguntum*, extra-11, p. 15-16.
- MARGUERIE D., BERNARD V., BÉGIN Y., TERRAL J.-F., 2010. Dendroanthracologie (chapitre 12). In S. Payette, L. Filion (dir.), *Dendroécologie : principes, méthodes et applications/ Dendroecology : principles, methods and applications*. Presses Universitaires Laval, Québec, Canada, p. 311-347.
- MARGUERIE D., KRAUSE T.R., WHITLOCK C., in prep. What was burning in the past fires? Charcoals identification as a tool for the fire-history reconstruction at Blacktail Pond, Yellowstone, USA.
- MARGUERIE D., HUNOT, 2007. Charcoal analysis and dendrology: data from archaeological sites in western France. *Journal of Archaeological Sciences*, 34, p. 1417-1433.
- MARINVAL Ph., 2001. Travaux carpologiques et bibliographiques de Jean Erroux. In Ph. Marival (dir.). *Histoires d'Hommes. Histoires de Plantes. Hommages au professeur Jean Erroux*. Rencontres d'Archéobotanique de Toulouse, Mémoire de Plantes 1, Centre d'Anthropologie Toulouse/éd. Monique Mergoil, Montagnac, p. 9-23.
- MAZIER F., GALOP D., GAILLARD M.J., RENDU C., CUGNY C., LEGAZ A., PEYRON O., BUTTLER A., 2009. Multidisciplinary approach to reconstructing local pastoral activities – an example from the Pyrenean Mountains (Pays Basque). *The Holocene*, 19 (2), p. 171-188.
- MAZUY A., RODET-BELARBI I., RAGEOT M., REGERT M., 2014. Du brai de bouleau sur des éléments de charnière gallo-romains à Fréjus (Var, France). *Instrumentum*, 40, p. 25-28.
- MESSAGER E., 2006. *Apports des études paléobotaniques à la reconstitution paléoenvironnementale du site de Dmanissi et de sa région (Géorgie)*. Thèse de doctorat, MNHN, France.
- METCALFE C.R., CHALK L., 1950. *Anatomy of the dicotyledons*, 2 vols., Oxford, Clarendon Press.
- MIRAS Y., 2004. *L'analyse pollinique du plateau de Millevaches (Massif central, France) et de sites périphériques limousins et auvergnats : approche des paléoenvironnements, des systèmes agropastoraux et évolution des territoires ruraux*. Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, France.
- NANTEN A. A., 1966. Half a century of modern palynology. *Earth-Science Reviews*, 2, p. 277-316.
- NANTEN A. A., 1967. Lennart von Post and the foundation of modern palynology. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 1, p. 11-22.
- NELLE O., 2002. Charcoal burning remains and forest stand structure. Examples from the Black Forest (South-west-Germany) and the Bavarian Forest (South-east-Germany). In S. Thiébaud (ed.), *Proceedings of the Second International Meeting of Anthracology*, Paris, BAR International Series, 1063, Oxford, p. 201-207.
- NESON D.M., HU F.S., MICHENIER R.H., 2006. Stable-carbon isotope composition of poaceae pollen : an assessment for

- reconstructing C3 and C4 grass abundance. *The Holocene*, 16, p. 819-825.
- OILLIC J.-C., 2011. *Végétation, peuplement, métallurgie en Brocéliande : étude interdisciplinaire de la forêt de Paimpont (Bretagne, France) depuis la fin du Tardiglaciaire*. Thèse de doctorat, Université de Rennes 1, France.
- OLSSON F., GAILLARD M.J., LEMDAHL G., GREISMAN A., LANOS Ph., MARGUERIE D., MARCOUX N., SKOGLUND P., WÄGLIND J., 2009. A continuous record of fire covering the last 10,500 calendar years from southern Sweden – The role of climate and human activities. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 291, 1-2, p. 128-141.
- PARADIS S., 2007. *Étude dendro-anthracologique : une approche méthodologique pour l'étude des calibres de bois*. Mémoire Master Pro Archéosciences, Université de Bourgogne, Dijon.
- PARADIS S., DUFRAISSE A., ALLÉE P., 2013. Tree ring curvature measures and wood diameter: comparison of different imaging techniques. In F. Damblon (ed.), *IV^e International Meeting of Anthracology (Bruxelles, septembre 2008)*, BAR International Series 2486, p. 173-182.
- PARADIS-GRENOUILLET S., 2012. *Étudier les « forêts métallurgiques » : analyses dendro-anthracologiques et approches géohistoriques*. Mémoire Doctorat, Université de Limoges, Faculté des Lettres et Sciences humaines, Limoges.
- PÊCHE-QUILICHINI K., PY V., REGERT M., 2010. Exploitation des matières premières végétales en contexte insulaire montagnard: l'exemple de l'habitat du premier âge du Fer de Cuciurpula (Serra-di-Scopamène et Sorbollano, Corse-du-sud). In C. Delhon, I. Théry-Parisot, S. Thiébault (éds.), *Des hommes et des plantes: exploitation du milieu et gestion des ressources végétales de la Préhistoire à nos jours*. XXX^e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes,), Antibes/Paris, APDCA/Association pour la Promotion et la Diffusion des Connaissances archéologiques, Muséum national d'Histoire naturelle (Anthropobotanica 1, p. 3-20.
- PÉQUART M., PÉQUART S.-J., 1954. *Hoëdic deuxième station-nécropole du Mésolithique côtier armoricain*. Anvers, De Sikkel.
- PÉQUART M., PÉQUART S.-J., BOULE M., VALLOIS H., 1937. *Tévéc station nécropole mésolithique du Morbihan*, Archives IPH, 18, Paris, Masson.
- PETIT R. J., BREWER S., BORDACS S., BURG K., CHEDDADI R., COART E., COTTRELL J., CSAIKL U.M., VAN DAM B., DEANS J.D., ESPINEL S., FINESCHI S., FINKELDEY R., GLAZ I., GOICOECHEA P.G., JENSEN J. S., KONIG A.O., LOWE A.J., MADSEN S.F., MATYAS G., MUNRO R.C., POPESCU F., SLADE D., TABBENER H., VRIES DE S.G.M., ZIEGENHAGEN B., BEAULIEU DE J.-L., KREMER A., 2002. Identification of refugia and post-glacial colonisation routes of European white oaks based on chloroplast DNA and fossil pollen evidence. *Forest Ecology Management*, 156, p. 49-74.
- PONS A., 1984. À propos de l'apport de la palynologie quaternaire à la connaissance de la forêt bourguignonne. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 131, *Lettres bot.*, 1984 (1), p. 49-53.
- PRADAT B., 2015. Le comptage des céréales et des légumineuses en carpologie. Recensement des méthodes utilisées et France et essais comparatifs sur des assemblages archéobotaniques. *ArcheoSciences – revue d'archéométrie*, 39, p. 51-68.
- PRENTICE J.C., GUIOT J., HUNTLEY B., JOLLY D., CHEDDADI R., 1996. Reconstructing biomes from paleoecological data: a general method and its application to European pollen data at 0 and 6 ka. *Climate Dynamics*, 12, p. 185-194.
- REGERT M., MIRABAUD S., 2014. Substances naturelles exploitées sur les sites de Chalais et Clairvaux : nature et fonction des matériaux organiques amorphes. In R.-M. Arbogast, A. Greffier-Richard (textes réunis par). *Entre archéologie et écologie, une Préhistoire de tous les milieux. Mélanges offerts à Pierre Pétrequin*. Presses universitaires de Franche-Comté, Besançon, p. 79-91.
- REILLE M., 1990. *Leçons de Palynologie et d'analyse pollinique*. Paris, CNRS.
- REILLE M., 1992. *Pollens et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Gap, Louis-Jean.
- REILLE M., 1995. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord, Supplément 1*. Laboratoire de botanique historique et palynologie, Marseille.
- REILLE M., 1998. *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord, Supplément 2*. Laboratoire de botanique historique et palynologie, Marseille.
- REILLE M., PONS A., BEAULIEU J.-L. DE, 1992. Late and postglacial vegetation, climate and human action in the French Massif central. *Cahiers de Micropaléontologie*, 7 (1-2): 93-106.
- RENAULT-MISKOVSKY J., 1985. À propos des « indésirables » en palynologie. Pollen ou palynologues...qui sont les indésirables? In J. Renault-Miskovsky, Bui-Thi-Mai, M. Girard (dir.). *Actes des Journées de Palynologie Archéologique*. Notes et monographies techniques 17. CNRS-CRA éd., Valbonne, p. 87-95.
- RETAMERO F., SCHJELLERUP I., DAVIES A. (eds.), 2016. *Agricultural and pastoral landscapes in Pre-industrial society. Choices, stability and change*. EARTH 3-Early Agricultural Remnants and Technical Heritage: 8,000 years of resilience and innovation. Oxford, Oxbow Books.
- RICHARD H., 1983. *Nouvelles contributions à l'histoire de la végétation franc-comtoise tardiglaciaire et holocène à partir des données de la palynologie*. Thèse de 3^e cycle, Faculté des Lettres et Sciences Humaines de Besançon, France.
- RICHARD H., 1990. Influences de l'homme sur la végétation. In J.-L. Borel, J.-P. Bravard, G. Montjuvent (dir). *Pluvis, lac disparu; du retrait glaciaire à l'aménagement hydroélectrique*. *Revue de Paléobiologie*, Volume spécial n° 4, p. 66-67.

- RICHARD H., 1994. Évaluation de l'impact de l'homme sur la végétation : l'apport de la palynologie. *Histoire & Mesure*, IX, (3/4), p. 305-316.
- RICHARD H., MAGNY M. (dir.), 1992. *Le climat de l'Âge du Fer et dans l'Antiquité (500 BC – 500 AD). Méthodes d'approche et résultats. Les nouvelles de l'archéologie*, n° 50.
- RIUS D., GALOP D., DOYEN E., MILLET L., VANNIÈRE B., 2014. Biomass burning response to high-amplitude climate and vegetation changes in South-western Europe from the Last glacial to the early Holocene. *Vegetation history and Archaeobotany*, 23, p. 729-742.
- ROBIN V., TALON B., NELLE O., 2013. Pedaanthracological contribution to forest naturalness assessment. *Quaternary International*, 289, p. 5-15.
- ROVIRA N., BOUBY L., BOUCHETTE A.†, RUAS M.-P. (éds.), 2017. *Plantes, produits et pratiques: Diffusion et adoption de la nouveauté dans les sociétés préindustrielles*. Actes des Rencontres d'archéobotanique, Montpellier, 13-16 octobre 2010, Monographies d'Archéologie Méditerranéenne, n° hors-série 8, Lattes.
- RUAS M.-P., BOUBY L. 2010. Carbonisation, conservation et déformation des restes carpologiques. In I. Théry-Parisot, L. Chabal, S. Costamagno (éds.). *Taphonomie des résidus organiques brûlés et des structures de combustion en milieu archéologique*. Actes de la table ronde tenue à Valbonne, 27-29 mai 2008, p. 69-79.
- RUAS M.-P., BUISSON A., LEMOINE M., 2016. Vestiges élucidés d'un parasite des céréales : les galles d'anguillule (*Anguina* sp.) dans les assemblages carpologiques médiévaux en France. In M.-F. Dietsch-Sellami, Ch. Hallavant, L. Bouby, B. Pradat (éds.), p. 17-42.
- RUAS M.-P., MANE P., PUIG C., HALLAVANT CH., PRADAT B., OUFERELLI M., ROS J., ALEXANDRE-BIDON, D., DURAND A., 2015. Regard pluriel sur les plantes de l'héritage arabo-islamique en France médiévale. In C. Richarté, R.-P. Gayraud, J.-M. Poisson (dir.) *Héritages arabo-islamiques dans l'Europe méditerranéenne*, Paris, La Découverte/INRAP, p. 347-376.
- RUAS M.-P., PRADAT B., 2008. Les productions agro-pastorales du haut Moyen Âge au Mesnil-Aubry (Val-d'Oise) : étude carpologique de La Croix Verte, La Chapelle. *Revue Archéologique d'Île-de-France*, 1, p. 321-352.
- RUAS M.-P., ZECH-MATTERNE V., avec la collaboration de DIETSCH-SELLAMI M.-F., PRADAT B., PREISS S., 2012. Les avoines dans les productions agro-pastorales du nord-ouest de la France : données carpologiques et indications textuelles. In C. Marcigny, V. Carpentier (dir.). *Des hommes aux champs. Pour une archéologie des espaces ruraux dans le Nord de la France, du Néolithique au Moyen Âge*. Actes de la table-ronde internationale tenue à Caen, 8-9 octobre 2008, Rennes, Presses universitaires de Rennes, p. 327-365.
- SALAVERTE A., 2010. *Apport de l'archéobotanique à la compréhension des sociétés néolithiques : analyses anthracologiques et carpologiques de neuf sites rubanés de Moyenne-Belgique, 5200-5000 av. J.-C.* Thèse de doctorat, Université de Paris 1, France.
- SALISBURY E.J., JANE F.W., 1940. Charcoals from Maiden Castle and their significance in relation to the vegetation and climatic conditions in prehistoric times. *Journal of Ecology*, 28, p. 310-325.
- SÁNCHEZ GOÑI M.F., 1993. *De la taphonomie pollinique à la reconstitution de l'environnement : l'exemple de la région cantabrique*. British Archaeological Reports, International Series 586, Oxford.
- SÁNCHEZ GOÑI M.F., ORTU E., BANKS W. E., GIRAudeau J., LEROYER CH., HANQUIEZ V., 2016. The expansion of Central and Northern European Neolithic populations was associated with a multi-century warm winter and wetter climate. *The Holocene*, 26, (8), p. 1188-1199.
- SCHOCH W., 2012. Information content of anthracology. *Saguntum extra*, 13, p. 259-268.
- SCHOCH W., HELLER I., SCHWEINGRUBER F.H., KIENAST F., 2004. *Wood anatomy of central European Species*. Online version: [http://www.woodanatomy.ch].
- SCHWEINGRUBER F.H., 1978. *Mikroskopische Holz Anatomie. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen*, Birmensdorf (ed.). Kommissionsverlag Zürcher AG, Zug.
- SCHWEINGRUBER F.H., 1990. *Anatomie europäischer Hölzer. Eidgenössische Forschungsanstalt für Wald, Schnee und Landschaft*, Birmensdorf (ed.). Verlag Paul Haupt, Bern u. Stuttgart.
- SHILITO L.M., ALMOND M., (2010). Comment on: Fruit and seed biomineralization and its effect on preservation by Messenger *et al.*, *Journal of Archaeological and Anthropological Sciences*, 2, p. 225-229.
- STIEBER J., 1957. Histoire de la végétation du Pléistocène supérieur en Hongrie à la lumière des résultats anthracologiques. Actes V^e Congrès international de l'INQUA, Madrid-Barcelone, p. 181-182.
- STIEBER J., 1967. A Magyarországi Felsőpleisztocen vegetáció-története az anthrakotómiai eredmények (1957-IG) Tükreiben. *Földtani Közöny*, 97, 3, p. 307-319.
- SUGITA S., 2007a. Theory of quantitative reconstruction of vegetation I: Pollen from large lakes REVEALS regional vegetation composition. *The Holocene*, 17, (2), p. 229-241.
- SUGITA S., 2007b. Theory of quantitative reconstruction of vegetation II: all you need is LOVE. *The Holocene*, 17, (2), p. 243-257.
- TALON B., 2010. Reconstruction of Holocene high-altitude vegetation cover in the French southern Alps: evidence from soil charcoal. *The Holocene*, 20,1, p. 35-44.
- TERRAL J.-F., DURAND A., 2006. Bio-archaeological evidence of olive tree (*Olea europaea* L.) irrigation during Middle

- Ages in southern France and north eastern Spain. *Journal of Archaeological Science*, 33, p. 718-724.
- THÉRY-PARISOT I., 2001. *Économie des combustibles au Paléolithique*. CEPAM, Dossier documentation archéologique, CNRS Éditions, 20.
- THIÉBAULT S., 2010. *Archéologie environnementale de la France*. Paris, La Découverte, coll. « Archéologies de la France ».
- THINON M., 1992. *L'analyse pédoanthracologique. Aspects méthodologiques et applications*. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille 3.
- THINON M., 1988. Utilisation de la microscopie épiscopique interférentielle pour l'identification botanique des charbons de bois. *Actes du Symposium européen « Bois et archéologie »*, PACT, 22, p. 179-188.
- TOULEMONDE F., 2014. Les blocs carbonisés de millet commun de l'habitat protohistorique de Villiers-sur-Seine « Le Gros Buisson » (Seine-et-Marne) : Peut-on parler de préparation alimentaire? *Archeosciences – revue d'archéométrie*, 38, p. 109-118.
- TOULEMONDE F., DURAND F., BERRIO L., BONNAIRE E., DAULAS G., WIETHOLD J., 2015. Records of « new » glume wheat in France: a review. *Vegetation History and Archaeobotany*, 24, p. 197-206.
- UMBANHOWAR C.E., MCGRATH M.J., 1998. Experimental Production and Analysis of Microscopic Charcoal from Wood, Leaves and Grasses. *The Holocene*, 8, 3, p. 341-346.
- VAN CAMPO M., LEROI-GOURHAN A., 1956. Note préliminaire à l'étude des pollens fossiles des différents niveaux des grottes d'Arcy-sur-Cure. *Bulletin du Muséum*, 2^e série, XXVIII, (3), p. 326-330.
- VAN GEEL B., 1978. A palaeoecological study of holocene peat bog sections in Germany and 6 e Netherlands, based on the analysis of pollen, spores and macro- and microscopic remains of fungi, algae, cormophytes and animals. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 25, (1), p. 1-120.
- VAN GIJN A., WHITTAKER J., ANDERSON P. (eds.), 2014. Exploring and explaining diversity in agricultural technology. *EARTH 2-Early Agricultural Remnants and Technical Heritage: 8,000 years of resilience and innovation*. Oxbow Books, Oxford.
- VAN ZEIST W., 1983. Plant remains from Iron Age Noordbarge, province of Drenthe, the Netherlands. *Palaeohistoria*, 23, p. 169-193.
- VANNIÈRE B., 2003. Les micro-charbons : Indicateur Paléoenvironnemental de l'Anthropisation. Exemple d'étude en contexte alluvial (Vierzon, Cher). In *Actualité de la Recherche en Histoire et Archéologie agraires*. Presses universitaires Franc-comtoises, Annales Littéraires X, Série « Environnement, sociétés et archéologie 5 », p. 283-299.
- VANNIÈRE B., BLARQUEZ O., RIUS D., DOYEN, E., BRUECHER T., COLOMBAROLI D., CONNOR S., FEURDEAN A., HICKLER T., LEMMEN C., LEYS B., MASSA C., OLOFSSON J., 2016. 7000-year human legacy of elevation-dependent European fire regimes. *Quaternary Science Reviews*, 132, p. 206-212.
- VANNIÈRE B., BOSSUET G., GAUTHIER E., 2000. Susceptibilité magnétique et indices polliniques, marqueurs de l'impact anthropique et de la dynamique fluviale dans la basse vallée du Doubs (Jura, France) entre le I^{er} et le VIII^e siècles après J.-C. *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série IIa. Sciences de la Terre et des Planètes*, 331, p. 203-210.
- VERNET J.-L., 1973. Étude sur l'histoire de la végétation du Sud-Est de la France au Quaternaire d'après les charbons principalement. *Paléobiologie continentale*, 4, 1, p. 1-90.
- VERNET J.-L., 1997. *L'homme et la forêt méditerranéenne de la Préhistoire à nos jours*, Paris, Errance, coll. « Hespérides ».
- VERNET J.-L., 2006. History of the *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra ssp salzmanni* forest in the sub-mediterranean mountains (Grands Causses...) based on charcoal from limestone and dolomitic deposits. *Vegetation History and Archaeobotany*, 16, p. 23-42.
- VERNET J.-L., LEROI-GOURHAN A., 1969. Étude botanique de résines de l'étang de Manguio (Hérault). *Annales de la Société d'Horticulture et d'Histoire naturelle de l'Hérault*, 109, 1, p. 32-36.
- VERNET J.-L., OGEREAU P., FIGUEIRAL I., MACHADO YANES C., UZQUIANO P., 2001. *Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques et récents : Sud-Ouest de l'Europe*, Paris, CNRS Éditions.
- WHITLOCK C., LARSEN C.P.S., 2002. Charcoal as a fire proxy. In J.P. Smol, H.J.B. Birks, W.M. Last (eds.), *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments : Terrestrial, Algal, and Siliceous Indicators*, 3. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p. 75-97.
- WILSON D.G., 1979. Horse dung from Roman Lancaster: a botanical report. *Archaeo-Physika*, 8, p. 331-350.
- WILSON G., 1984. The carbonisation of weed seeds and their representation in macrofossil assemblages. In W. van Zeist, W.A. Casparie (eds.), *Plants and Ancient Man, Studies in Palaeoethnobotany*, Proceedings of the 6th symposium of the I.W.G.P., Groningen, 30 may-3 June 1983, A.A. Balkema, Rotterdam/Boston, p. 201-212.
- ZECH-MATTERNE V., DERREUMAUX M., PREISS S. (éds.). *Archéologie des textiles et teintures végétales*. Actes des Rencontres d'Archéobotanique, Compiègne, 28-30 Juin 2006. Paris, Les Nouvelles de l'Archéologie, 114.
- ZECH-MATTERNE V., BONNAIRE E., DAULAS G., DERREUMAUX M., DURAND F., PRADAT B., ROUSSELET, O., SCHAAL C., TOULEMONDE F., WIETHOLD J., 2017. Diversité et évolution des productions céréalières et fruitières dans le quart nord-est de la France (II^e s. av. J.-C.-v^e s. apr. J.-C.), d'après les données carpologiques. In S. Lepetz, V. Zech-Matterne (éds.). *Productions agro-pastorales, pratiques culturelles et élevage dans*

le nord de la Gaule du deuxième siècle avant J.-C. à la fin de la période romaine. Actes de la table-ronde internationale tenue à Paris, INHA, 8-9 Mars 2016. Montagnac, Éditions M. Mergoïl, coll. « Archéologie des Plantes et des Animaux ; 5 », p. 43-62.

ZECH-MATTERNE V., BOUBY L., BOUCHETTE A., CABANIS M., DERREUMAUX M., DURAND F., MARINVAL Ph., PRADAT B., SELLAMI M.-F., WIETHOLD J., (2009). L'agriculture du VI^e au I^{er} siècle avant J.-C. en France : état des recherches carpologiques sur les établissements ruraux. In I. Bertrand, A. Duval, J. Gomez De Soto, P. Maguer (dir.). *Habitats et paysages ruraux en Gaule et regards sur d'autres régions du monde celtique.* Actes du XXXI^e colloque international de l'AFEAF, Chauvigny,

17-20 mai 2007, Association des Publications Chauvinoises, (Mémoire 35, tome 2), Chauvigny, p. 383-416.

ZECH-MATTERNE V., DERREUMAUX M., BOULEN M., DE MUYLDER M., ROUSSEAU A., VAN ANDRINGA W., accepté, Présence d'arbres rares dans l'enceinte de sanctuaires à Noyon « La Mare aux Canards » et à Mesnil-Saint-Nicaise « Fond de Quiquery », sur le tracé du canal SNE en Picardie : caractérisation des données archéobotaniques dans les lieux de culte. Actes du colloque « Sacrée Science ». Apports des études environnementales à la connaissance des sanctuaires celtes et romains du nord-ouest européen, Amiens, Ribemont-sur-Ancre, Aubechies, 6-8 juin 2013, Revue Archéologique de Picardie.