Le rapport d'analyse carpologique : exposé des minimums méthodologiques communs attendus par la communauté archéologique (carpologues, responsables d'opérations, services de l'État)

Bénédicte PRADAT
Inrap – UMR 7209 AASPE
benedicte.pradat@inrap.fr

Frédérique DURAND
Inrap – UMR 5608 TRACES
frederique.durand@inrap.fr

Françoise TOULEMONDE
MNHN – UMR 7209 AASPE
francoise.toulemonde@gmail.com

Charlotte HALLAVANT
HADÈS Archéologie – UMR 5608 TRACES
challava@univ-tlse2.fr

Aurélie SALAVERT
MNHN – UMR 7209 AASPE
salavert@mnhn.fr

Julian WIETHOLD
Inrap – UMR 6298 ArTeHiS
julian.wiethold@inrap.fr

Véronique ZECH-MATTERNE
CNRS – UMR 7209 AASPE
veronique.zech@mnhn.fr

Mots clés
Carpologie, recommandations méthodologiques, rapport d'opération archéologique

Keywords
Archaeobotany, methodological recommendations, archaeological operation report

Référence électronique
Pradat, Bénédicte, Durand, Frédérique, Toulemonde, Françoise, Hallavant, Charlotte, Salavert, Aurélie, Wiethold, Julian & Zech-Matterne Véronique. (2020). Le rapport d'analyse carpologique : exposé des minimums méthodologiques communs attendus par la communauté archéologique (carpologues, responsables d'opérations, services de l'État). Dans C. Carpentier, R.-M. Arbogast & P. Kuchler (dir.), *Bioarchéologie : minimums méthodologiques, référentiels communs et nouvelles approches : actes du 4e séminaire scientifique et technique de l'Inrap, 28-29 nov. 2019, Sélestat.* <https://doi.org/10.34692/g4c7-cj79>.

Résumé
La carpologie, initiée en France il y a 50 ans, s'est considérablement développée en grande partie grâce à l'augmentation des opérations d'archéologie préventive. La hausse sensible du nombre de carpologues, l'accroissement des études qui en résulte et la multiplication des cadres institutionnels, publics ou privés, dans lesquels les études carpologiques sont réalisées, ont rendu nécessaire une réflexion collective sur les minimums méthodologiques devant apparaître dans les rapports d'études carpologiques. En effet, la mise en œuvre de grandes synthèses régionales ou chronologiques nécessitant la réalisation de bases de données partagées met en évidence des manques quant aux informations minimales devant figurer dans les rapports. Ces insuffisances ne permettent pas l'exploitation optimale des résultats émanant de la reprise d'anciennes études ou des travaux de plusieurs carpologues. À l'instar de ce qui a été proposé en archéozoologie, ce travail présente un consensus relatif aux renseignements minimaux devant figurer dans les rapports carpologiques, validé par la communauté des carpologues exerçant sur le territoire français. Les informations qui doivent impérativement apparaître dans les rapports sont listées par groupes thématiques, allant de la description synthétique du site étudié aux indications méthodologiques propres à la discipline. Le respect de ce minimum méthodologique permettra de poser les bases solides d'une recherche collaborative et de nourrir la recherche scientifique sur le long terme.

Abstract
Archaeobotany, which was initiated in France 50 years ago, has developed considerably thanks in large part to the increase in preventive archaeological operations. The significant increase in the number of archaeobotanists, the resulting increase in the number of studies and the multiplication of institutional frameworks, public or private, in which archaeobotanical studies are carried out, have made it necessary to reflect collectively on the minimum methodological requirements to be included in archaeobotanical study reports. Indeed, the implementation of major regional or chronological summaries requiring the creation of shared databases highlights shortcomings in terms of the minimum information to be included in the reports. These shortcomings don't allow the optimal exploitation of the results from the resumption of old studies or the work of several archaeobotanists. Following the example of what has been proposed in archaeozoology, this work presents a consensus on the minimum information to be included in archaeobotanical reports, validated by the community of archaeobotanists practising on French territory. The information that must imperatively appear in the reports is listed by thematic groups, ranging from a synthetic description of the site studied to methodological indications specific to the discipline. Compliance with this minimum methodological requirement will enable the solid foundations to be laid for collaborative research and will feed scientific research over the long term.

1. Introduction

La carpologie s'attache à étudier tous les organes végétaux résultant de la reproduction sexuée ou végétative des plantes (graines, fruits, éléments d'inflorescences, tubercules, bulbes, etc.) ainsi que les produits alimentaires issus de leur transformation. Dans les sédiments archéologiques, ces éléments sont préservés par carbonisation, imbibition ou encore minéralisation. La

discipline a été initiée en France, voici cinq décennies, par Jean Erroux puis Karen Lundström-Baudais, Ramon Buxó, Philippe Marinval et Marie-Pierre Ruas. Elle s'est développée, tant dans ses méthodes que dans ses problématiques, grâce à l'augmentation des opérations d'archéologie préventive, aux parcours de formation spécifiques qui ont été développés et aux recrutements de carpologues dans divers organismes publics ou privés qui en ont résulté. Ainsi, l'accroissement des données carpologiques permet, aujourd'hui, l'élaboration de synthèses chronologiques et/ou géographiques (Zech-Matterne et coll., 2009 ; Ruas, 2010 ; Bouby et coll., 2017) ainsi que la mise en place de bases de données partagées. Cependant, l'hétérogénéité des rendus d'analyse en matière de présentation des informations de terrain, de comptage des restes ou d'organisation des tableaux de données, rend parfois complexe la réutilisation ou l'intégration des données émanant d'études anciennes et/ou d'intervenants multiples. Dans la perspective de faciliter les comparaisons dans le cadre d'enquêtes et de recherches collectives, et compte tenu du stade de développement atteint par la discipline et des cadres institutionnels divers dans lesquels elle s'exerce, une réflexion commune sur le contenu des rapports d'étude et les informations méthodologiques minimales devant y apparaître s'est avérée indispensable. Cette réflexion vise à assurer la pérennité, l'accessibilité et le partage des données qui constituent des productions scientifiques fondamentales pour la recherche archéologique.

Les divers points recensés ci-après ont été élaborés en comité de travail restreint ; ils ont été discutés, parfois longuement, dans le cadre du GDR 3644 Bioarchéodat. Ils ont donné lieu à un document préliminaire qui a été diffusé, pour avis, auprès de la communauté des carpologues statutaires. Ce dernier n'avait pas pour ambition d'imposer une méthodologie commune à l'ensemble de la communauté carpologique, mais plutôt d'encourager une adhésion volontaire à la démarche afin d'aboutir à un consensus final. Si l'indication de certains éléments est reconnue comme indispensable (informations obligatoires), d'autres sont laissés à l'appréciation des acteurs de la discipline même si recommandés (informations facultatives).

En outre, si les indications relatives aux contextes archéologiques et à leur datation figurent déjà dans le rapport de fouille, dans la présentation générale des découvertes archéologiques, elles peuvent apparaître comme redondantes lorsqu'elles sont reprises dans les rapports d'analyses. Cette répétition est néanmoins cruciale car, en pratique, les études spécialisées sont parfois consignées dans un volume différent de celui des données de terrain et, par commodité, il est fréquent que leur diffusion se fasse indépendamment du rapport de fouille. Aussi est-il vivement recommandé de faire apparaître ces données contextuelles en début de texte, même si elles ne sont en définitive pas conservées lors du maquettage du rapport final. Si elles sont reproduites en page de garde, par exemple, celles-ci pourront être ajoutées au rapport d'étude envoyé par l'auteur, lorsqu'il le transmet indépendamment du rapport de fouille. Une note de bas de page, associée au titre de l'analyse, peut également être un bon compromis en permettant de ne pas alourdir le rapport d'opération. Les renseignements minimaux qui doivent impérativement apparaître sont listés par groupes thématiques, allant de la description synthétique du site étudié aux indications méthodologiques propres à la discipline. Les éléments d'interprétation, qui dépendent du contexte archéologique et des connaissances des archéologues et spécialistes, ne sont pas concernés par ces recommandations.

2. Fiche signalétique de l'étude carpologique

Certaines des informations signalétiques, détaillées ci-après, peuvent déjà figurer dans le titre de l'étude carpologique envoyé à l'archéologue responsable de la fouille : localisation géographique, type de site et cadre

chronologique. Cependant, lorsque cette étude est intégrée au corps du texte du rapport d'opération et non pas reportée en annexe, le titre est susceptible d'être modifié (simplifié) pour respecter une certaine cohérence dans l'intitulé des chapitres. Dans cette perspective, il est préférable que les points indispensables soient consignés dans l'introduction du rapport carpologique afin qu'ils ne soient pas perdus lors du maquettage du rapport de fouille.

2.1. Signature de l'étude

Le nom de l'auteur de l'étude doit apparaître clairement, ainsi que l'organisme pour lequel il travaille et son rattachement éventuel à un laboratoire (par ex. UMR). Lorsque la personne n'est pas statutaire, il est souhaitable de préciser ses coordonnées (par ex. courriel).

Un étudiant de master est invité à faire figurer l'origine de sa gratification ainsi que le nom et le rattachement de son encadrant ou de son tuteur (par ex. en note de bas de page).

Si les analyses carpologiques sont effectuées par une personne différente de l'auteur du rapport (par ex. dans le cadre d'une sous-traitance), le nom du spécialiste ayant effectivement réalisé l'étude et ses coordonnées doivent apparaître clairement dans les termes mentionnés plus haut. Enfin, si l'organisme commanditaire de l'étude est différent de l'organisme d'appartenance de l'auteur, il faut également le signaler de manière explicite.

2.2. Type d'étude

Les analyses carpologiques peuvent être plus ou moins abouties selon la nature de l'intervention archéologique (diagnostic, fouille), le temps imparti à l'étude, les délais de rendu du rapport. Il convient alors de préciser s'il s'agit d'une « étude » complète ou partielle, d'une « étude préliminaire » ou d'une « évaluation carpologique ».

2.3. Date de l'étude

La date à laquelle a été effectivement réalisée l'étude doit figurer dans le rapport du spécialiste. En effet, il arrive que des études intermédiaires soient effectuées plusieurs années de suite ou que le rendu des études spécialisées intervienne parfois plusieurs années avant le rendu définitif du rapport d'opération archéologique. La bibliographie et l'état des découvertes varieront en fonction de ces dispositions, sans que le spécialiste soit en mesure de mettre à jour systématiquement les données d'analyse. Si le rapport de fouille est reproduit ultérieurement à cette étude, la référence bibliographique sera celle de la date d'édition de ce dernier, en précisant la pagination du rapport d'analyse.

2.4. Références du site archéologique

Les renseignements concernant la localisation du site sont indispensables : le lieu-dit (nom du gisement), le nom de la commune, le département, le type d'opération (TGV, gazoduc, etc.) et, dans le cas d'opérations jointives conduites sur les mêmes parcelles ou lieux-dits, le numéro d'opération attribué par le service régional de l'archéologie (SRA).

2.5. Contexte archéologique et chronologie

Pour replacer une étude dans son contexte, les informations suivantes, propres à l'opération archéologique, sont nécessaires : l'année de l'intervention archéologique, le nom du responsable de l'opération, le type d'intervention (diagnostic, fouille préventive, sondage, fouille programmée, étude du bâti)

et, éventuellement, la surface fouillée et les mentions indiquant si le site est connu dans son intégralité ou non, ou encore si le site est en partie détruit. D'autres éléments peuvent s'avérer utiles tels que l'organisme en charge de l'intervention et le calendrier de la phase terrain.

Le plus souvent, l'étude carpologique est concomitante aux autres analyses et précède la fin de la rédaction du rapport d'opération. De fait, le spécialiste ne dispose pas toujours de l'ensemble des éléments d'interprétation et de compréhension fine du site. Le type d'occupation doit alors être renseigné de manière générale (par ex. site d'habitat ou contexte funéraire, établissement à vocation agro-pastorale). Selon les cas, il peut être utile de signaler la situation topographique (fond de vallée, plateau) ainsi que les contextes géologique et pédologique de la fouille.

2.6. Problématique et objectifs

Lorsque l'étude carpologique d'un site est projetée, les problématiques posées ont souvent une portée assez générale telle que l'agriculture, l'alimentation et l'économie végétale. Si une problématique spécifique émerge, propre au contexte ou au questionnement des archéologues ou du carpologue, il faut alors l'exposer clairement.

3. Méthodologie

Chaque discipline met en œuvre des protocoles méthodologiques qui lui sont propres. Mais au sein même de la discipline, des variations existent, liées aux différentes écoles de formation, aux contraintes de l'étude en termes de délai, aux conditions matérielles, ou encore aux habitudes de chacun. C'est pourquoi il est primordial d'expliciter clairement les choix effectués à chaque étape de l'étude.

3.1. Échantillonnage

La qualité des données recueillies et leur potentiel interprétatif dépendent beaucoup des modalités de prélèvement et de traitement des échantillons archéobotaniques. On veillera donc à indiquer précisément le nombre d'échantillons prélevés, tamisés et triés ainsi que le nombre de structures étudiées par phase chronologique, dans le cas d'une occupation diachronique. Les volumes de prélèvement permettent aussi d'apprécier la qualité de l'échantillonnage. En milieu sec, en deçà de 10 litres de sédiment par échantillon (à l'échelle d'une unité stratigraphique ou d'une structure), tous les taxons présents dans la couche archéologique ne pourront être représentés (Marinval, 1986). Il apparaît alors nécessaire, pour juger la validité des échantillons, d'indiquer le volume traité pour l'ensemble du site et par phase chronologique, s'il y a lieu. Les prélèvements plus volumineux (> 20 litres) ne sont néanmoins pas à privilégier car, dans la plupart des cas, ils engagent un temps de traitement supplémentaire sans que le nombre de taxons augmente de manière ostensible (notion « d'effort-rendement »). Il vaut mieux diversifier les contextes et les multiplier. Toutefois, le volume théorique idéal peut varier en fonction de divers éléments comme l'influence de la qualité des sols sur la conservation des macrorestes végétaux, la nature du dépôt, etc.

Toutes ces informations peuvent être renseignées dans le texte ou consignées, par exemple, dans un tableau récapitulatif [Tabl. 1].

Dans certains cas, et selon l'appréciation de chacun, il peut être mentionné qui a réalisé les prélèvements sur le site (par ex. un archéologue, le carpologue, un autre spécialiste) et le protocole mis en place. De même, s'il étaye le propos,

Tabl. 1 - Proposition de tableau présentant de manière synthétique les éléments d'information relatifs à l'échantillonnage, à l'échelle du site.
Nb = nombre ; NMI = nombre minimum d'individus (cf. « 3.5. Quantification des restes carpologiques »).

	Ier s. ap.	Mérovingien
Nb structures	12	...
Nb échantillons	15	...
Volume total (en litres)	140	...
NMI total	542	...

un plan comportant l'emplacement des prélèvements ou des structures échantillonnées par phase chronologique peut être ajouté. Les coupes de structures ayant fait l'objet de plusieurs prélèvements peuvent également être présentées.

Sur les chantiers de grande ampleur ou denses en structures archéologiques, il est fréquent que la totalité des sédiments prélevés ne puisse être étudiée dans l'immédiat. Dès lors, les choix effectués devront être explicités et, dans le rapport, on veillera à distinguer les prélèvements tamisés de ceux ayant fait effectivement l'objet d'un tri. Les prélèvements stériles seront mentionnés. Ceux qui n'auront pas pu être étudiés, faute de temps, mais qui sont susceptibles de faire l'objet d'une étude complémentaire dans un second temps ou lors d'un projet de publication, pourront également être mentionnés afin d'indiquer les potentialités d'investigations futures.

3.2. Le tamisage des prélèvements

Le tamisage est une des étapes primordiales qui conditionne la qualité de l'étude carpologique [fig. 1]. La méthode utilisée (flottation manuelle ou mécanique, tamisage à l'eau, flottation suivie d'un tamisage à l'eau), qui dépend des volumes à traiter, du matériel dont on dispose, voire de la fossilisation des carporestes attendue, doit être spécifiée, tout comme le diamètre des mailles utilisé. Si, de manière générale, il s'agit de mailles de 2 ou 0,5 mm, divers cas spécifiques peuvent se présenter et nécessiter l'usage de mailles différentes.



Fig. 1 - Une des techniques de tamisage : la flottation, qui permet d'extraire les éléments carbonisés du sédiment. (C. Hallavant, HADÈS Archéologie)

Le tamisage par flottation permet l'extraction des éléments charbonneux (dont les carporestes carbonisés) de la matrice sédimentaire. Pour cela, le sédiment est transvasé par petite quantité dans un récipient et recouvert d'eau. Un brassage manuel ou mécanique (si on emploie une machine à flottation ; par ex. Gailland, Marinval & Ruas, 1985 ou Marinval, 1999) est pratiqué, permettant aux éléments organiques légers de remonter à la surface. Cette eau et les éléments surnageant sont ensuite déversés manuellement, ou mécaniquement, sur des tamis de différentes mailles, disposés en colonne.

L'opération est répétée autant de fois que nécessaire, le but étant d'isoler tous les résidus charbonneux de la fraction minérale. À noter que cette dernière devra, par la suite, être tamisée à l'eau car l'usage de la seule flottation ne convient pas dans le cas de restes minéralisés, ou encore lorsque les carporestes carbonisés présentent une forte densité (par ex. certaines grosses légumineuses). Souvent plus lourds, ces derniers ne remontent pas toujours à la surface de l'eau et sont donc principalement accessibles dans les refus résultant d'un tamisage à l'eau. Le principal avantage de la flottation réside dans le gain de temps qu'elle procure, très appréciable lors de la phase de tri des carporestes sous binoculaire.

Une seconde méthode consiste à tamiser directement le sédiment à l'eau en versant la terre dans le crible du tamis supérieur, afin d'éliminer les particules minérales les plus fines à l'aide d'une douchette dont le jet doit être adapté à la fragilité des restes. Après un nettoyage soigné permettant d'évacuer la totalité du sédiment, ne sont retenus dans le tamis que les éléments les plus grossiers (d'une taille comprise entre 10 à 0,3 mm, selon le maillage utilisé) ainsi que des artefacts (tessons, fragments lithiques, verre, vestiges métalliques, etc.), des macrorestes végétaux (charbons de bois, restes carpologiques) et des vestiges d'origine animale (fragments de macrofaune, microfaune, malacofaune, ichtyofaune et insectes). Les sédiments provenant de milieux humides doivent impérativement être tamisés selon cette méthode, car la plupart des résidus conservés par imbibition ne flottent pas. Comme dit plus haut, celle-ci est également complémentaire au tamisage par flottation.

En pratiquant successivement une flottation, puis un tamisage à l'eau, sur un même échantillon provenant d'un site en milieu sec, on augmente donc les chances de retrouver des résidus carpologiques. En outre, le prélèvement, ainsi traité, livre des restes pouvant servir à différentes analyses bioarchéologiques telles que des études de faune ou de paléoenvironnement.

Si la flottation manuelle ou mécanique est pratiquée seule, il faut indiquer si la fraction minérale non tamisée sous eau a été contrôlée à l'œil afin de vérifier si des résidus charbonneux s'y trouvaient encore.

Par ailleurs, il est souhaitable que la personne effectuant le tamisage soit qualifiée, que ce soit le carpologue, une ou diverses personnes de l'équipe de fouille ou un technicien spécialisé. Le diamètre des mailles des tamis utilisés peut varier selon les études en raison de la nature particulière du contexte ou encore de l'utilisation d'un même échantillon par divers spécialistes ayant des exigences parfois différentes. L'usage exclusif de cribles à mailles trop larges (par ex. 1 mm), engendre une perte d'information importante. L'absence ou la discrétion de certaines catégories de plantes et de certains types de restes (semences de plantes sauvages, grains de millets ou encore akènes de petits fruits tels que mûre, framboise, fraise, figue) devient alors difficile à justifier : s'agit-il d'une absence ou d'une sous-représentation consécutive au biais méthodologique ou d'une sous-représentation effective ? Il est donc indispensable d'indiquer la maille des cribles utilisés lors de la flottation ou du tamisage. L'emploi de deux tamis est préconisé afin de faciliter le tri et de réduire le temps dévolu à cette opération, avec un tamis inférieur à mailles fines (ouverture maximale de 0,5 mm) et un tamis supérieur grossier (1 ou

2 mm). Pour les contextes humides, il est recommandé d'utiliser une maille plus fine (0,3 mm).

L'indication du volume réel de l'échantillon tamisé est essentielle en vue de l'interprétation des données. Elle permet de calculer la densité en restes carpologiques pour chaque échantillon traité et de qualifier les concentrations. Celles-ci peuvent constituer des ensembles dits « clos »[1] et résulter d'une activité homogène ; elles seront donc traitées différemment des assemblages de déchets hétéroclites de diverses provenances.

1 - Pour la notion d'ensembles « clos » ou « ouverts » voir, par ex., Bouby, 2014, p. 39.

Des tests pour évaluer la richesse carpologique d'un échantillon sont parfois réalisés avant de procéder à l'étude. Il faut alors le préciser et décrire le processus mis en place pour ces tests en indiquant le volume de sédiment testé, le type de tamisage, les mailles de tamis, etc.

Il faut également rappeler que le tamisage à sec est à proscrire. Celui-ci ne permet pas d'éliminer efficacement le sédiment et, par le frottement intensif qu'il suscite, dégrade les restes carpologiques.

3.3. Le tri des prélèvements

Le tri constitue une étape clé dans l'acquisition des données [fig. 2] et doit impérativement être réalisé par le carpologue. Toutefois, dans le cas contraire, la raison doit être indiquée et la qualité de la personne mentionnée (une personne ou un étudiant en formation, un autre spécialiste, un technicien spécialisé, le responsable d'opération). Rappelons que la reconnaissance des restes carpologiques nécessite une formation spécifique et une expérience pratique de longue durée. Une personne non formée n'est pas en mesure de reconnaître et d'extraire l'ensemble des types de restes qui peuvent se présenter tels que des éléments d'épi (*furca*[2], rachis, barbe, etc.), certaines semences fragmentées ou encore certaines parties végétatives [fig. 3 et 4], ou même des carporestes mal conservés (déformés, fragmentés). Le risque est alors d'affecter les résultats de l'étude en procédant à une sélection involontaire des carporestes.

2 - Les *furcas* (en forme de petites fourches) désignent des bases d'épillets sur lesquelles s'insèrent le(s) grain(s) et correspondent aux extrémités inférieures, renflées et coriaces, des glumes (Matterne, 2001).



Fig. 2 - Un carpologue en phase de tri des restes carpologiques sous loupe binoculaire, à l'aide de pinces spécifiques. (F. Toulemonde, MNHN)

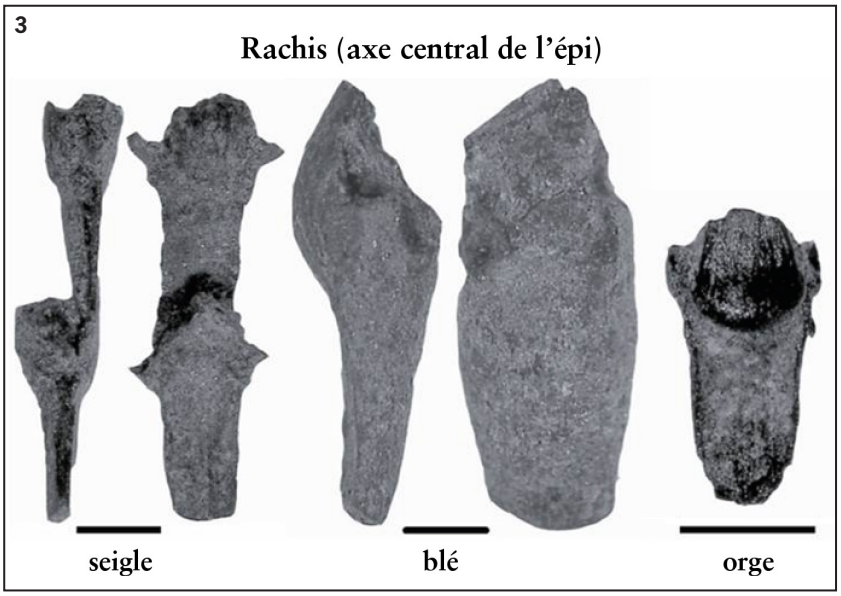




Fig. 3 - Fragments de rachis de diverses céréales. (C. Hallavant, HADÈS Archéologie)

Fig. 4 - Fragment de silique de myagre (*Myagrum perfoliatum*). (B. Pradat, Inrap)

Si le tri n'a pas été effectué sur la totalité des résidus de flottation ou de tamisage, ou si un sous-échantillonnage a été pratiqué, cela doit être mentionné ainsi que la méthode utilisée. De même, il est nécessaire de savoir si le tri a été réalisé sous une loupe binoculaire ou à l'œil nu. À noter que les tris à l'œil nu sont à proscrire car ils impliquent un biais inéluctable dans les résultats en surreprésentant les semences les plus visibles à l'œil, c'est à dire les plus grosses, les plus rondes et les mieux préservées. Si malheureusement ce type de tri a été réalisé sur un ou plusieurs échantillons, il est impératif de le mentionner afin de mieux interpréter la représentativité des lots étudiés.

3.4. Détermination des restes carpologiques

Après leur extraction, les restes carpologiques sont déterminés par le carpologue. Pour ce faire, ce dernier utilise les connaissances acquises au cours de sa formation et de son expérience professionnelle, mais également divers outils à sa disposition. Il peut ainsi être amené à citer les atlas de référence utilisés, tout particulièrement lors de déterminations peu courantes. La mention de l'usage d'une collection de référence doit être indiquée, ainsi que son emplacement et, éventuellement, le nombre de spécimens et d'espèces disponibles. Il est recommandé de préciser la nomenclature utilisée pour nommer les plantes en présence (noms scientifiques et vernaculaires). S'il y a lieu, les problèmes de détermination doivent être évoqués. L'incorporation de photographies illustrant les espèces les plus rares identifiées est également toujours utile.

En cas de découvertes exceptionnelles, il convient de décrire les critères morphologiques ou anatomiques de détermination. Ce descriptif doit être accompagné de photographies ou de dessins. Une datation au radiocarbone sur la ou les graines carbonisées permet de s'assurer de la contemporanéité des restes carpologiques et des structures archéologiques et, par exemple, d'affirmer l'antériorité de la présence d'une plante dans un secteur géographique donné.

3.5. Quantification des restes carpologiques

Un recensement récent des méthodes de quantification a montré que plusieurs modes de comptage sont utilisés en carpologie par la communauté française (Pradat, 2015). Un travail méthodologique est en cours afin de comparer la fiabilité et la reproductibilité de ces diverses méthodes, avec l'ambition d'harmoniser les pratiques[3]. En attendant l'aboutissement de cette démarche, il est impératif

3 - Atelier thématique « Carbonisation, fragmentation, quantification des carporestes », sous la direction de L. Bouby et B. Pradat, mené dans le cadre du GDR Bioarchéodat (sous la direction de J.-D. Vigne).



Fig. 5 - Exemple d'un segment de rachis de seigle (*Secale cereale*) constitué de plusieurs entrenœuds. (B. Pradat, Inrap)

de livrer dans les rapports les informations les plus précises possibles sur les modes de quantification des macrorestes. Le nombre minimum d'individus (NMI) correspond à l'estimation du nombre de grains entiers présents dans l'échantillon. Son mode de calcul doit être expliqué précisément : estimation directe, calcul des restes entiers et fragmentés, etc.

En cas de sous-échantillonnage, il convient d'évaluer le nombre total de restes potentiellement présents dans l'ensemble de l'échantillon et de décrire le procédé utilisé.

Certains types de restes peuvent s'avérer difficiles à comptabiliser, comme les éléments de rachis (axe central d'un épi de graminée) qui peuvent être constitués de plusieurs entrenœuds conservés en connexion anatomique. La façon dont ils sont comptabilisés doit être précisée : comptage par segments ou comptage par entrenœud [Fig. 5].

Enfin, les céréales peuvent être représentées par des caryopses (grains) ou des vannes (éléments d'enveloppes). Selon les espèces, les éléments constitutifs de l'épi (les épillets) ne contiennent pas le même nombre de grains et les éléments qui les soutiennent – rachis et *furca* – ne peuvent pas être rapportés au nombre de grains dans les mêmes proportions (par ex. une *furca* d'épeautre renferme deux grains contre un seul pour l'engrain ; un entrenœud d'orge supporte trois grains). Lorsque l'on veut connaître la représentativité d'une céréale à l'échelle d'un site ou d'une période, l'équivalent en grains des résidus de vannes doit être calculé si ces derniers sont nombreux. Toutefois, pour éviter de surévaluer la représentation d'une espèce, on ne retiendra que la valeur la plus haute entre nombre de grains et nombre « d'équivalents-grain » (vannes). L'usage de cette pondération doit être signalé en précisant quel coefficient a été appliqué pour le calcul des équivalences en grains. Ce calcul « d'équivalents-grain » sert également à déterminer si on est en présence de déchets de décorticage.

En l'absence des éléments obligatoires mentionnés ci-dessus, les données ne pourront être exploitées, le mode de quantification étant à la base de l'analyse descriptive ou multifactorielle. Afin que le lecteur d'une étude soit en possession de toutes les informations pour comprendre le raisonnement et dans un souci de reproductibilité de la démarche, les modes de quantification suivants doivent être rigoureusement explicités :
- les modes de décompte des restes carpologiques,
- les éléments pris en considération pour les calculs,
- le mode de calcul du nombre minimum d'individus (NMI),
- l'usage des poids ou des volumes de restes,
- le coefficient de pondération vannes/grains.

4. Présentation des résultats

4.1. Description analytique des données brutes

Les résidus carpologiques se préservent sous diverses formes. Dans les milieux tempérés, la carbonisation est le mode de conservation le plus fréquent. Elle se produit à l'occasion d'incendies spontanés ou non de récoltes, lors d'opérations de grillage des céréales pour abaisser le taux d'humidité des grains et aider au décorticage, ou encore lorsque des déchets de traitement des denrées alimentaires sont éliminés dans des foyers. Les résidus carpologiques sont principalement issus de contextes de stockage, d'activités de traitements agricoles et de pratiques culinaires. Dans les milieux humides (latrines, puits, anciens bras d'eau, tourbières), le milieu anaérobique permet à la matière organique de se conserver par imbibition, favorisant la préservation de nombreux résidus végétaux (semences, noyaux, pétales de fleur) issus

essentiellement d'excréments, de déchets culinaires ou de dépôts naturels. Dans certains contextes riches en phosphates, comme c'est souvent le cas dans les latrines, des sels minéraux se substituent à la matière organique (Green, 1979) : c'est la conservation par minéralisation. Les résidus carpologiques sont de ce fait « fossilisés » par la précipitation de phosphate de calcium à l'intérieur des cellules végétales. Tout comme dans les milieux humides, les restes ont été rejetés à l'état frais dans les structures, tandis que dans le cas d'une carbonisation, soit l'incendie a eu lieu dans la structure même, soit les déchets ont été rejetés déjà brûlés. Chaque mode de conservation résulte d'un processus anthropique ou taphonomique différent, indiquant une provenance des restes également différente. Par ailleurs, chaque type de fossilisation tend à favoriser certaines catégories de végétaux. Par exemple, la carbonisation est plus propice à la représentation des céréales, des légumineuses et des fruits à coques ligneuses, tandis que l'imbibition et la minéralisation est davantage favorable aux restes fruitiers (noyaux et pépins), aux épices, aux condiments ou encore aux plantes sauvages alors mêmes que les précédentes catégories sont rarement affectées. Le mode de préservation des restes carpologiques doit donc être indiqué dans toute analyse car des études comparatives ne peuvent être menées sur des ensembles ayant subi des processus taphonomiques très diversifiés (qui impliquent ou non une transformation physico-chimique des restes).

Selon l'intensité de la combustion, la nature du sédiment, les conditions de stockage des prélèvements et les méthodes de tamisage, l'état de préservation des restes carpologiques peut également varier. La fragmentation est plus ou moins accentuée, la morphologie des semences plus ou moins altérée. L'état de préservation du matériel d'étude représente un élément crucial de sa description.

La carpologie étudie un ensemble d'éléments végétaux tels que semences, noyaux, restes de fruits, diverses parties d'épis céréaliers, tubercules, etc. Outre le nom des plantes et le mode de fossilisation, la nature (ou type) des restes découverts doit aussi être clairement indiquée. La présence de certaines parties anatomiques peut, en effet, participer à l'interprétation des résultats.

Le nombre de restes doit être mentionné dans les tableaux de données en indiquant, de préférence, le nombre de restes entiers, le nombre de fragments et le NMI pour le volume initial. S'il s'agit de nombres de restes totaux, calculés en NMI ou pondérés dans le cas de sous-échantillonnage, le facteur correctif doit apparaître. Cette information permet de juger très rapidement de la richesse d'un échantillon ou d'un site. En dessous de 100 restes par occupation, les résultats sont généralement considérés comme non représentatifs pour une approche statistique régionale. Pour autant, ils conservent un intérêt en termes de présence/absence de la diversité des espèces végétales, dans un cadre synthétique. Cette information sur les nombres de restes peut éventuellement être complétée par le nombre de taxons de plantes cultivées/consommées et le nombre de taxons de plantes sauvages et, si le site présente plusieurs phases d'occupation, un nombre de taxons identifiés par période ou par phase.

4.2. Un (des) tableau(x) de données

Une étude exploitable par l'ensemble de la communauté carpologique et archéologique doit comporter les résultats les plus précis possibles. Dans le cas d'une expertise ou d'un diagnostic, un tableau de présence/absence peut être suffisant. En revanche, dans le cadre d'une étude, pour que les données soient exploitables, un tableau de résultats chiffrés doit impérativement figurer. Il permet de consolider et de vérifier l'argumentation de l'auteur de 'étude mais aussi d'intégrer les résultats à des bases de données collectives ou à des synthèses régionales, nationales ou supranationales.

				IIe-IIIe s.		IXe s.	
Nom commune, site, département Année de fouille Nom du responsable d'opération Nom du carpologue			N° US, Fait	F305 US 1204	F402 US 1412		
			Volume (en litre)	20	15		
			Densité au litre	12,4	15,6		
			Type structure	fosse	silo		
Nom latin	Nom français	Type de reste	Fossilisation				
PLANTES CULTIVÉES/CONSOMMÉES							
Secale cereale	Seigle	caryopse	c	16	123	-	21
Prunus persica	Pêcher	noyau	i	2	-	1	-
PLANTES SAUVAGES							
Chenopodium album	Chénopode blanc	semence	c	3	10	-	-
...							

Tabl. 2 - Suggestion de présentation d'un tableau de résultats carpologiques.

Pour que les tableaux de données soient bien identifiés et puissent être transmis à diverses personnes, indépendamment du rapport d'opération, il est recommandé de faire figurer les éléments signalétiques suivants : nom de la commune, du lieu-dit, du site, numéro du département, année de la fouille, nom du responsable de l'opération et auteur de l'étude. Outre les numéros de structures, de faits ou d'unités stratigraphiques, plusieurs informations doivent figurer dans ces tableaux : datations, volumes par prélèvement, densités (c'est-à-dire le nombre de restes NR ou le NMI divisé par le volume) et types de structures [Tabl. 2].

Le mode de conservation doit figurer dans le tableau (par ex. « c » pour carbonisation, « i » pour imbibition, « m » pour minéralisation) ou en légende. Lorsque les quantifications ont été réalisées en comptabilisant les restes entiers et les fragments séparément, il convient de présenter les données brutes et d'y associer un NMI estimé. Des totaux seront indiqués, en nombre total de restes et en NMI, par échantillon, en veillant à distinguer ces derniers selon les types de conservation si plusieurs modes de fossilisation ont été consignés dans le même tableau. Pour faciliter la lecture des tableaux, les prélèvements doivent être regroupés par phase chronologique ou organisés par ordre chronologique, dans la limite des informations de datation, issues des données de terrain, dont le spécialiste dispose au moment de la rédaction du rapport.

En carpologie, diverses catégories de plantes peuvent être mises en évidence et documenter différents aspects de la vie des sociétés passées. Certaines d'entre elles proviennent de champs cultivés ou de cueillettes et nous renseignent sur l'alimentation humaine mais aussi animale. D'autres sont issues de la flore sauvage et peuvent livrer des informations sur les milieux exploités par les occupants du site. En contexte sec, elles sont souvent en lien avec l'agriculture car elles se développent au sein des cultures (adventices). Elles peuvent, dans le cas de résidus de récolte, apporter de nombreuses informations sur les pratiques agricoles. Les approches appliquées à ces deux grands groupes de plantes étant différentes, les taxons doivent être présentés par grandes catégories : plantes cultivées, plantes cultivées/cueillies, flore sauvage. Pour les assemblages présentant une grande diversité de plantes, une organisation plus détaillée peut être adoptée avec l'utilisation de sous-catégories. Pour les plantes cultivées, on peut alors distinguer les céréales, les légumineuses, les fruits et les légumes. Pour la flore sauvage, on peut faire une présentation par groupements écologiques, en indiquant le(s) ouvrage(s) de référence utilisé(s) dont ils sont issus.

Minimums méthodologiques communs dans les rapports d'études carpologiques

Fiche signalétique

Auteur de l'étude

- Nom
- Institut
- Laboratoire - UMR
- Adresse - Courriel
- Organisme commanditaire

La fouille

- Département, commune, adresse ou lieu-dit
- Nom et code opération - n° SRA
- Année / Dates de la phase terrain
- Responsable opération / Organisme
- Type d'opération
- Contexte du site
- Chronologie
- Surface fouillée - Site entier ou non
- Situation géographique - géologie - pédologie

L'étude

- Type d'étude (évaluation, préliminaire...)
- Date d'étude
- Problématique

Méthodologie

Prélèvements

- Par qui ?
- Protocole
- Nombre
- Totalité étudiée ? Choix ?
- Volume total, volume/période
- Nombre de structure/période
- Plan de localisation des prélèvements
- Inventaire prélèvements tamisés

Tamisage

- Méthode
- Refus contrôlés ?
- Qui (carpologue, fouilleur...) ?
- Mailles de tamis
- Volumes
- Tests ?

Tri

- En totalité ?
- Par qui ?
- Sous binoculaire ?
- Nb prélèvements stériles
- Nb prélèvements restants
- Problématique

Détermination

- Atlas utilisés
- Collection de référence
- Nomenclature des noms
- Problème détermination
- Découverte inhabituelle : critères, atlas, photos

Quantification

- Mode de quantification
- Dénombrement des rachis
- Méthode de calcul du NMI
- Comptage utilisé pour graphiques et statistiques
- Mode d'estimation du total si sous-échantillonage
- Calcul de pondération des restes (vannes-grains)

Présentation des résultats

Résultats généraux

- Mode de fossilisation
- État de conservation
- NTR ou NMI total
- NR taxons plantes cultivées/consommées
- NR taxons plantes sauvages

Tableau(x) des résultats

- Encart info site + carpologue
- Datation des échantillons
- Volumes
- Densités (NR/volume)
- Type de structures
- Type de conservation (c, i, m)
- Données brutes (si quantifiées)
- Totaux NMI/contextes/conservation
- Présentation/phases chronologiques
- Présentation/catégorie (cultivées/sauvages)
- Sauvages/groupements écologiques (si riche)

Suggestion de présentation d'un tableau de résultats				Chronologie 1	Chronologie 2	
Nom commune, site, département Année de fouille Nom du responsable d'opération Nom du carpologue			N°US, Fait	Ex. F 305 US 1204	F 412 US 1305	F 502 US 2053
			Type structure	fosse	silo	TP
			Volume	20 l	20 l	10 l
			Densité	12,4		
Nom latin	Nom français	Type de reste	Fossilisation			
PLANTES CULTIVÉES						
Triticum dicoccum	Amidonnier	caryopse	c	213	45	-
Triticum monococcum	Engrain	caryopse	c	125	72	21
Triticum monococcum	Engrain	base de glume	c	41	6	-
PLANTES SAUVAGES						
Chenopodium album	Chénopode blanc	semence	c	-	3	-
...						

Fig. 6 - Fiche récapitulative des minimums méthodologiques devant être mentionnés dans les rapports carpologiques. Renseignements indispensables (en noir) et facultatifs (en gris et tireté). (Par Bénédicte Pradat, Frédérique Durand, Françoise Toulemonde, Charlotte Hallavant, Aurélie Salavert, Julian Wiethold et Véronique Zech-Matterne. Réflexion collective réalisée dans le cadre du GDR 3644 Bioarchéodat.)

5. Conclusion

Une réflexion collective sur les minimums méthodologiques devant apparaître dans les rapports d'études carpologiques s'est imposée, ces dernières années, en raison de l'augmentation sensible du nombre de carpologues, de la multiplication des études carpologiques et des cadres institutionnels, publics ou privés, dans lesquels elles sont réalisées. De même, la mise en œuvre de grandes synthèses régionales ou chronologiques, nécessitant la réalisation de bases de données partagées, met en évidence le manque d'informations minimales dans les rapports. Celles-ci sont indispensables en vue de l'exploitation optimale des résultats émanant de la reprise d'anciennes études ou des travaux de plusieurs carpologues. Parallèlement, une démarche similaire a été menée par un groupe d'archéozoologues (Frère, Bayle & Forest, 2017). Loin de vouloir dicter un protocole unique et des règles strictes, cet article présente un consensus (résumé dans la fig. 6) validé par la communauté des carpologues exerçant sur le territoire français, qui permettra de poser les bases solides d'une recherche collaborative et de nourrir la recherche scientifique sur le long terme. Ces minimums méthodologiques ne sont pas figés dans le temps et seront probablement amenés à évoluer et à être amendés au regard des développements futurs de la discipline. Nous espérons également qu'à travers ces consignes, les prescripteurs de l'État, les membres des commissions territoriales de la recherche archéologique (CTRA) mais également les responsables d'opérations archéologiques pourront plus facilement identifier les études peu fiables ou insuffisamment renseignées d'un point de vue méthodologiques, études très souvent inutilisables en vue de la réalisation d'études comparatives ou de synthèses.

Bibliographie

Bouby, Laurent. (2014). *L'agriculture dans le Bassin du Rhône du Bronze final à l'Antiquité. Agrobiodiversité, économie, cultures*. Toulouse : Archives d'Écologie Préhistoriques.

Bouby, Laurent, Zech-Matterne, Véronique, Bouchette, Anne, Cabanis, Manon, Derreumaux, Marie, Dietsch-Sellami, Marie-France… Wiethold Julian. (2017). Ressources et économie agricole en France à l'âge du Bronze et au Premier âge du Fer : les données carpologiques. Dans L. Carozza, C. Marcigny & M. Talon (dir.), L'*habitat et l'occupation du sol à l'âge du Bronze et au premier âge du Fer : restitution de l'enquête nationale : actes de la table-ronde sur la restitution de l'enquête nationale* (p. 299-326). Paris : Inrap, Éditions du CNRS. (Recherches archéologiques, 12).

Frère, Stéphane, Bayle, Grégory & Forest, Vianney. (2017). L'étude des ossements animaux en contexte d'archéologie préventive. Vers un minimum méthodologique commun. *Les Nouvelles de l'archéologie*, *148*, 5-10.

Gailland, Frédéric, Marinval, Philippe & RUAS, Marie-Pierre. (1985). Un système simple de récupération, des paléo-semences (graines et fruits) : la machine à flottation de type Saint-Denis. *Les Nouvelles de l'Archéologie*, *19*, 78-81.

Green, Francis J. (1979). Phosphatic mineralization of seeds from archaeological sites. *Journal of Archaeological Science*, *6*, 279-284.

Marinval, Philippe. (1999). Les graines et les fruits : la carpologie. Dans C. Bourquin-Mignot, J.-E. Brochier, L. Chabal, S. Crozat, L. Fabre, F. Guibal, P. Marinval, H. Richard, J.-F. Terral, I. Théry, *La Botanique* (p. 105-137). Paris : Errance.

Marinval, Philippe. (1986). Recherches expérimentales sur l'acquisition des données en Paléocarpologie. *Revue d'Archéométrie*, *10*, 57-68.

Matterne, Véronique. (2001). *Agriculture et alimentation végétale durant l'âge du Fer et l'époque romaine en France septentrionale*. Montagnac : Éditions Monique Mergoil.

Pradat, Bénédicte (2015). Le comptage des céréales et des légumineuses en carpologie : recensement des méthodes utilisées en France et essais comparatifs sur des assemblages archéobotaniques. *Archéosciences Revue d'Archéométrie*, *39*, 51-68.

Ruas, Marie-Pierre. (2010). Des grains, des fruits, des pratiques : la carpologie historique en France. Dans J. Chapelot & J.-M. Poisson (dir.), *L'archéologie médiévale en France depuis 30 ans : actes du colloque international de la Société d'Archéologie Médiévale* (p. 55-70). Caen : Publications du CRAHM.

Zech-Matterne, Véronique, Bouby, Laurent, Bouchette, Anne, Cabanis, Manon, Derreumaux, Marie, Durand, Frédérique… Wiethold, Julian. (2009). L'agriculture du VI^e^ au I^er^ siècle avant J.-C. en France : état des recherches carpologiques sur les établissements ruraux. Dans 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 31^e^ colloque de l'AFEAF* (p. 383-417). Chauvigny : Association des publications chauvinoises. (Mémoire de la Société archéologique de Chauvigny, 35).