

Le comptage des céréales et des légumineuses en carpologie : recensement des méthodes utilisées en France et essais comparatifs sur des assemblages archéobotaniques

Bénédicte Pradat

▶ **To cite this version:**

Bénédicte Pradat. Le comptage des céréales et des légumineuses en carpologie : recensement des méthodes utilisées en France et essais comparatifs sur des assemblages archéobotaniques. Archeosciences, revue d'Archéométrie, 2015, 39, pp.51-68. hal-01764958

HAL Id: hal-01764958
https://inrap.hal.science/hal-01764958

Submitted on 12 Apr 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Author's personal copy

Provided for non-commercial research and education use.
Not for reproduction, distribution or commercial use.



This article appeared in "Archeosciences" journal published by Presses universitaires de Rennes.

The attached copy is furnished to the author for internal non-commercial research and education use, including for instruction at the authors institution and sharing with colleagues.
Other uses, including reproduction, distribution, selling or licensing copies, or posting to personal, institutional or third party websites are prohibited.

Authors are permitted to post their version of the article (e.g. in Word or Tex form) to their personal website or institutional repository.

Author's personal copy

Le comptage des céréales et des légumineuses en carpologie : recensement des méthodes utilisées en France et essais comparatifs sur des assemblages archéobotaniques

Counting Cereals and Pulses in Archaeobotany: Census of the Methods Used in France and Comparison Tests on Archaeobotanical Assemblages

Bénédicte Pradat [a]

Résumé : Une enquête a été menée auprès de carpologues travaillant en France pour recenser les diverses méthodes de comptage des caryopses et vannes de céréales et des graines de légumineuses utilisées dans les représentations graphiques simples (diagrammes en barres et camemberts). Celles-ci s'élèvent à huit pour les céréales et six pour les légumineuses. Les différences résident dans la prise en compte ou non des fragments et dans les méthodes de calcul d'un nombre minimum d'individus (NMI). Les différentes approches, auxquelles sont ajoutées deux autres méthodes décrites dans la littérature scientifique, ont été testées sur des échantillons archéologiques. Leur comparaison permet de voir quelle est l'influence de la méthode de comptage sur la quantité d'un taxon ainsi que sur les variations de proportions entre espèces. La présence plus ou moins accentuée de fragments, et la façon dont ils sont intégrés aux calculs, influent nettement sur les résultats.
Sans pouvoir définir la méthode parfaite qui conviendrait à tous les chercheurs, il est apparu que si certaines procédures semblent livrer des résultats assez proches, d'autres impliquent des sous ou surestimations.

Abstract: *A survey was conducted among archaeobotanists working in France, to identify different methods of counting cereal grains and chaff and seeds of pulses used in basic graphical methods (diagrams and pie charts). We have recorded eight methods for cereals grains and six for pulses. Differences are visibles as the integration or not of fragments and in the methods used to evaluate the minimum number of individuals (NMI) from these residues. The different approaches, to which are added two other methods described in the scientific literature, were tested on archaeological samples. Their comparison allows us to see what is the influence of the method of counting on quantity of a taxon, as well as changes in proportions between species. The quantity of fragments, and how they are incorporated in the calculations, significantly influence the results.*
We are not yet able to define the perfect method that would suit all researchers: it appears that certain procedures deliver very similar results, and others involve under- or overestimations.

Mots clés : carpologie, céréales, légumineuses, méthodologie, comptage, nombre minimum d'individus (NMI).

Keywords: *Archaeobotany, cereals, pulses, methodology, counting, minimum number of individuals (MNI).*

[a] *Inrap, UMR 7209 AASPE CNRS Muséum – 148 avenue Maginot, 37100 Tours. (benedicte.pradat@inrap.fr)*

rec. nov. 2014 ; acc. apr. 2015

Author's personal copy

La carpologie, discipline qui étudie les graines et fruits archéologiques provenant de contextes archéologiques (Marinval, 1999 ; Dietsch-Sellami et Matterne, 2002), est en plein essor depuis une trentaine d'années, permettant une meilleure connaissance de l'agriculture et l'alimentation végétale. Tous ces apports et ces avancées à partir de données carpologiques reposent en amont sur un travail de base qui consiste à récupérer les macrorestes végétaux, à les identifier et à les compter. Ce sont ces quantifications qui, par la suite, permettront entre autres d'établir l'importance des diverses espèces, leur diffusion et leur rôle économique au cours du temps.

Les carporestes, du fait de leur traitement (battage, grillage…), des conditions d'enfouissement et plus généralement de la taphonomie, se présentent à la fois par des restes entiers mais également des fragments. Cette fragmentation est souvent accentuée par le tamisage des sédiments archéologiques. Se pose alors le problème de la représentativité des différents types de restes. Plusieurs carpologues ont déjà réfléchi sur les problèmes de quantification des restes fragmentés et ont proposé des méthodes pour établir des nombres minimum d'individus (Antolín, Buxó, 2011 ; Jones, 1990), c'est-à-dire estimer le nombre minimum de restes entiers. Néanmoins, il apparaît encore dans les publications et lors d'échanges scientifiques que les méthodes de comptage utilisées par les carpologues ne sont pas toujours analogues ni homogènes.

Cet article, né du constat que les carpologues, selon leur école de formation, n'effectuent pas leurs comptages de façon identique, a pour but, non pas de retracer l'historique, mais de dresser un premier bilan, même s'il est incomplet car ne reposant pas sur l'ensemble de la communauté scientifique, des modes de quantification en carpologie. Cette réflexion consiste alors en un recensement des pratiques courantes en matière de quantification, dans la communauté française travaillant sur la France ou le Proche-Orient et sur diverses périodes chronologiques. Elle concerne les résidus préservés par carbonisation et plus particulièrement les céréales à gros grains (blés, orge, avoine et seigle) et les légumineuses cultivées (lentille, pois, ers, féverole, vesce, gesse) car ce sont les groupes végétaux les plus fréquents dans les assemblages carpologiques et qui forment la base de l'alimentation végétale.

Les diverses méthodes inventoriées seront ensuite comparées entre elles, à partir de quelques exemples archéologiques, afin de voir quelle peut être leur influence sur les représentations graphiques simples et, au-delà, dans les raisonnements et les interprétations carpologiques.

Le matériel archéologique servant à la mise en œuvre des diverses méthodes de comptage présente une conservation par carbonisation, préservation la plus fréquente en contexte archéologique et la plus propice à la conservation des céréales et des légumineuses.

1. Les comptages des céréales et des légumineuses

Il y a plus d'une vingtaine d'années, un groupe de réflexion sur l'identification des blés a discuté des modes de comptage de ces taxons (Hillman *et al.*, 1996). Deux procédés avaient alors été préconisés. Le premier se base sur l'identification des restes entiers dont on suppose que les quantités relatives de celles-ci reflètent celles des fragments. Les déterminations des fragments sont ainsi extrapolées proportionnellement aux quantités attestées par les restes entiers pour chaque espèce. Le second consiste à sélectionner les fragments contenant un embryon (*scutellum*) ou une extrémité apicale (*apex*), soit les deux extrémités des céréales : sachant qu'un grain possède un seul *apex* et un seul *scutellum*, seul le plus grand nombre entre les deux types de restes sera retenu, puis rajouté au nombre de grains entiers. C'est la méthode Jones (1990).

Plus récemment, F. Antolín et R. Buxó (2011) ont proposé, pour les céréales, une nouvelle procédure visant à évaluer de façon aussi précise que possible le nombre minimum d'individus (NMI). Les fragments sont séparés en six groupes selon une typologie précise : coupe longitudinale ventrale (LV), dorsale (LD), ventrale-dorsale (LVD) ; coupe transversale avec la partie apicale conservée (TA), la partie embryonnaire (TE), ou la partie médiane sans aucune extrémité de semence (TM) (figure 1). Pour calculer le NMI, les auteurs ajoutent aux restes entiers : (1) le plus grand nombre de fragments transversaux, (2) le plus grand nombre de fragments longitudinaux ventraux ou dorsaux et (3) le nombre de fragments longitudinaux ventraux-dorsaux divisés par 2. Cette méthode sera nommée « méthode Antolín/Buxó » plus loin dans le texte.

Les auteurs avaient, lors de leurs expériences, dores et déjà mis en évidence une déperdition de matériel, tout particulièrement pour l'orge, entre leur méthode de comptage en NMI et celle de Jones, le NMI obtenu par cette dernière étant nettement inférieur (Antolín et Buxó, 2011).

Dans le présent travail, la première étape a consisté à répertorier les divers modes de comptages en usage. Une enquête a été menée auprès des carpologues travaillant sur la France ou dans des pays limitrophes. Dans la mesure où il est assez fréquent d'appliquer les méthodes qui nous ont été enseignées lors de notre formation, les carpologues œuvrant en France, mais dont la zone d'étude porte sur le Proche-Orient, ont également été sollicités afin d'avoir une vision plus élargie.

Author's personal copy

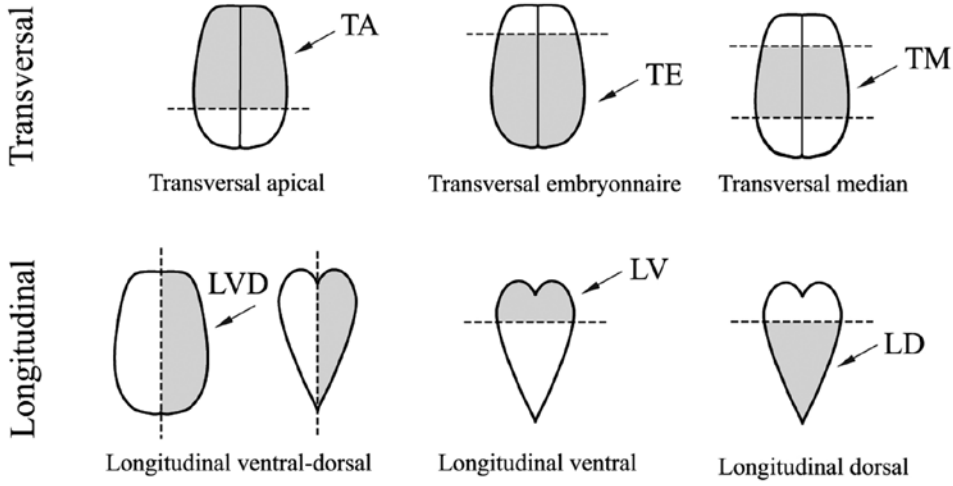


Figure 1 : Nomenclature des différents types de fragments de céréales (d'après Antolín et Buxó 2011).
Figure 1: Nomenclature of the different types of cereal pieces (from Antolín & Buxó 2011).

Un questionnaire pour recenser les modes de comptages

Un questionnaire a été établi afin de recenser objectivement les différentes pratiques de comptage des carpologues (figure 2).

Les questions traitent du tri des restes carpologiques, du comptage des caryopses et vannes de céréales et des graines de légumineuses, et la personne interrogée peut expliquer ses choix ou donner des précisions. Vingt personnes ont répondues au questionnaire.

Un préalable au comptage : le tamisage et le tri des restes carpologiques

Avant même d'effectuer les comptages, une étape primordiale du travail du carpologue, qui va influer sur le corpus, est le tamisage et le tri des restes carpologiques.

Le tamisage est effectué sur des tamis de diverses mailles, généralement 2 et 0,5 mm (500 µm), avec parfois un tamis intermédiaire de 1 mm. Les tamis inférieurs à 500 µm, utilisés plus communément en milieux humides qui livrent des semences de très petites tailles telles celles des joncs, ne sont pas ici pris en compte. Après tamisage, les refus de tamis sont ensuite triés à l'œil nu ou sous loupe binoculaire pour en soustraire les restes carpologiques. Si les résidus entiers sont systématiquement extraits des refus de tamis, qu'en est-il des fragments de semences ?

Tout d'abord, les carpologues interrogés n'ont pas la même méthodologie de tri. Les « limites du tri », à savoir faut-il extraire les restes carpologiques dans leur intégralité ou non, sont variables. Une petite majorité des carpologues (soit 11 personnes) extrait la totalité des fragments provenant du tamis 2 mm et seulement les fragments les plus gros du tamis 0,5 mm. Quatre personnes déclarent recueillir la totalité des fragments de céréales et de légumineuses. Deux personnes ne trient les fragments que dans le tamis de maille 2 mm et une personne uniquement dans le tamis de 1 mm. Enfin, un carpologue ne retient que les fragments de semences supérieurs ou égaux à 1/3 de la graine et un autre ceux supérieurs ou égaux à la moitié de la graine (tableau 1).

Des nuances sont cependant apportées par plusieurs personnes qui signalent récupérer plus ou moins les fragments de la fraction 0,5 mm selon la quantité de restes préservés : plus un échantillon est pauvre, plus l'extraction des fragments sera poussée.

Différentes méthodes de comptage des céréales

Les grains

Pour établir des graphiques simples (diagrammes en barres et camemberts), les chiffres utilisés vont s'appuyer soit sur les nombres de restes bruts ou encore sur une évaluation d'un nombre minimum d'individus. Notre enquête révèle l'utilisation de diverses méthodes à ce sujet :

– un carpologue n'utilise que les restes entiers pour élaborer des diagrammes en barres et des camemberts ;

– trois personnes additionnent aux restes entiers le nombre de fragments, considérant ainsi un fragment comme l'équivalent d'un reste entier ;

– la grande majorité (16 personnes) calcule les restes selon un NMI avant de procéder à des statistiques ou représentations graphiques. Cependant, pour calculer ce NMI, divers procédés sont utilisés : 1) Trois personnes associent les frag-

Author's personal copy

LE TRI

Quand vous effectuez le tri des semences, quels sont les restes que vous extrayez du sédiment ? (plusieurs réponses possibles)

Céréales

- ☐ semences entières
- ☐ fragments de semence > à la moitié de la graine
- ☐ fragments de semences provenant du tamis 2 mm
- ☐ fragments de semences les plus gros provenant du tamis 0,5 mm
- ☐ totalité des fragments de semences
- ☐ autre : (préciser)

Légumineuses

- ☐ semences entières
- ☐ cotylédons
- ☐ fragments de cotylédons du tamis 2 mm
- ☐ fragments de cotylédons les plus gros du tamis 0,5 mm
- ☐ totalité des fragments de semences
- ☐ autre : (préciser)

LE COMPTAGE

Quand vous faites des statistiques simples (histogrammes, camemberts…) ou plus complexes, quelles données chiffrées utilisez-vous pour les semences ? (ne cocher qu'une seule case)

Céréales

- ☐ NR des semences entières uniquement
- ☐ NR des semences entières + NR des fragments de semences
- ☐ NMI (nombre minimum d'individus)

précisez à partir de quel calcul vous obtenez ce NMI :

- ☐ autre : (préciser)

Légumineuses

- ☐ NR des semences entières uniquement
- ☐ NR des semences entières + NR des cotylédons
- ☐ NR des semences entières +NR des cotylédons + NR des fragments de cotylédons
- ☐ NMI (nombre minimum d'individus)

précisez à partir de quel calcul vous obtenez ce NMI :

- ☐ autre : (préciser)

LES VANNES

Quand vous faites des statistiques simples (histogrammes, camemberts…) ou plus complexes, quelles données chiffrées utilisez-vous pour les vannes ? (par exemple pour calculer le taux de vannes)

Céréales

- ☐ le NR total de vannes (tous types de vannes confondus, c'est-à-dire qu'un reste de vanne, quelqu'il soit, est compté comme 1)

ou

- ☐ NMI (nombre minimum d'individus)

Si NMI, précisez à partir de quel calcul vous obtenez ce NMI :

• Pour les rachis contenant plusieurs entrenoeuds :

- ☐ le morceau de rachis = 1 reste

ou

- ☐ NR rachis = autant de restes qu'il y a d'entrenoeuds

• Pour les furcas et bases de glumes :

- ☐ addition du nombre de furca et du nombre de base de glume

ou

- ☐ calcul du NMI

préciser comment vous obtenez le NMI :

- ☐ autre : (préciser)

Figure 2 : Questionnaire sur les pratiques de dénombrements des carpologues des grains et vannes de céréales et des légumineuses.
Figure 2: Questionary about archaeobotanis counts practices of cereals grains and chaff and pulses.

Author's personal copy

	Restes entiers	*Fragments du tamis 2 mm*	*Fragments du tamis 0,5 mm*	*Autre*
4 personnes	totalité	totalité	totalité	
11 personnes	totalité	totalité	les plus gros	
2 personnes	totalité	totalité		
1 personne	totalité	totalité		totalité des fragments du tamis 1 mm
1 personne	totalité			uniquement fragments > 1/3 de graine
1 personne	totalité			uniquement fragments > 1/2 de graine

Tableau 1 : Principaux résultats de l'enquête concernant le tri des résidus carpologiques.
Table 1: Main results of the investigation of sorting archaeobotanical residues.

ments selon leur taille, leur morphologie, des éléments distinctifs (embryon, sillon…), etc., directement au moment du comptage, pour former ce qui est considéré comme l'équivalent d'une semence. Le nombre total de fragments n'est pas comptabilisé mais donne lieu à l'estimation directe d'un NMI équivalent. C'est la méthode que nous appelons « au jugé ». 2) Les autres méthodes de calculs du NMI reposent sur le comptage préalable des fragments. Ces derniers sont ensuite convertis en restes entiers selon différents calculs : sept personnes divisent le nombre de fragments par 2 puis ajoutent le résultat au nombre de restes entiers ; deux personnes procèdent de la même façon mais en divisant les fragments par 3 ; d'autres divisent les gros fragments par 2 et les plus petits par 4 (deux personnes) ou encore par 10 (une personne) avant de les ajouter aux restes entiers ; une personne considère les fragments supérieurs ou égaux à une moitié de graine comme l'équivalent d'un grain et divise les fragments restants par 2.

À toutes ces méthodes s'ajoutent les deux mentionnées précédemment (Jones, 1990 ; Antolín et Buxó, 2011), même si celles-ci ne semble pas utilisées parmi la population interrogée.

Les vannes

Le terme vannes regroupe les éléments constitutifs de l'épi de céréale hors caryopses (glumes, glumelles –*palea* et *lemma*-, rachis, *furca*, barbe…) (figure 3).

Si une semence est considérée comme un élément à part entière, un reste de vanne est quant à lui envisagé en tant qu'élément entier ou, au contraire, en tant que fragment d'un ensemble plus grand. L'approche quantitative de ce type de restes est complexe car les vannes ne sont pas de formes et de natures identiques et sont variables selon les espèces céréalières.

Au travers des réponses, ou de l'absence de réponse au questionnaire, le comptage des vannes apparaît plus délicat et moins homogène que celui des grains de céréales.

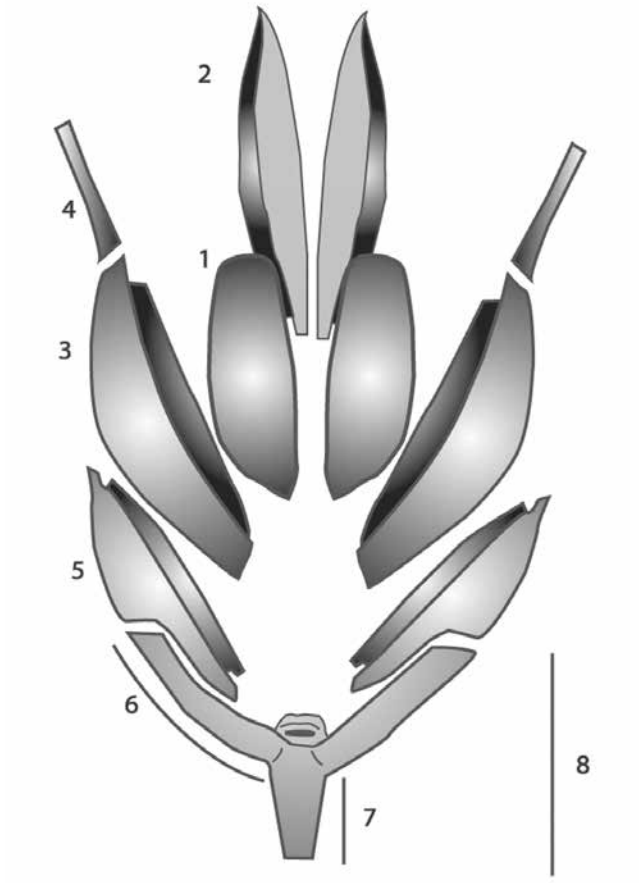


Figure 3 : Les vannes. Exemple de constitution d'un épillet de blé vêtu (d'après Jones *et al.*, 1986). 1. Caryopse ; 2. *Palea* ; 3. *Lemma* ; 4. Barbe ; 5. Glume ; 6. Base de glume ; 7. Fragment de rachis (entrenœud) ; 8. *Furca* (constituée des bases de glumes et d'une partie du rachis).
Figure 3: Cereal chaff. Wheat spikelet example (from Jones et al.*, 1986). 1. Grain; 2. Palea; 3.* Lemma*; 4. Awn; 5. Glume; 6. Glume base; 7. Rachis fragment (internode) 8. Fork (incorporated glume bases and a portion of the rachis).*

Author's personal copy

Concernant le dénombrement des fragments de rachis (orge, blé nu, seigle), six personnes considèrent qu'un morceau de rachis, quelle que soit sa longueur, équivaut à 1 reste ; d'autres, en revanche, comptabilisent le nombre d'entrenœuds qui sont considérés comme autant de restes.

Pour effectuer des statistiques, les différents types de vannes peuvent être soit additionnés tel quel, soit transformés en NMI avant d'être additionnés entre eux. Dans le premier cas, on ajoutera par exemple le nombre de furca à celui des bases de glumes, les fragments de rachis à ceux des entrenœuds isolés, etc. Le calcul du NMI repose sur la conversion du nombre de vannes en nombre équivalent de grains, ceci à l'aide de facteurs multiplicateurs. Les multiplicateurs ne sont pas détaillés dans les réponses du questionnaire. Néanmoins, en fonction du type de restes, de l'espèce considérée et des pratiques appliquées récemment dans des publications de synthèses, nous proposons les multiplicateurs suivants :

– Orge (*Hordeum vulgare*) : 1 entrenœud = 3 grains ; donc l'équivalent en grains est : nombre d'entrenœuds x 3 (Bouby, 2014, p. 39) ;

– Blé nu (*Triticum aestivum/turgidum*) : 1 entrenœud = 2 à 6 caryopses ; donc l'équivalent en grains est : nombre d'entrenœuds x 4 (Bouby, 2014, p. 39) ;

– Amidonnier (*T. dicoccum*) et épeautre (*T. spelta*) : 1 *furca* = 2 grains, 1 base de glume = 1 grain ; donc l'équivalent en grains est : nombre de *furca* x 2 + nombre de bases de glume (Zech-Matterne *et al.* 2009[1]) ;

– Engrain (*T. monococcum*) : 1 *furca* = 1 grain, 2 bases de glumes = 1 grain ; donc l'équivalent en grains est : nombre de *furca* + nombre de bases de glumes/2 (Zech-Matterne *et al.* 2009[2]) ;

– Amidonnier/engrain (*T. dicoccum/monococcum*) : 1 furca = 1 ou 2 grains, 1 base de glume = 0,5 ou 1 grain ; donc l'équivalent en grains est : nombre de *furca* x 1,5 + nombre de bases de glumes x 0,75 (Zech-Matterne *et al.* 2009[3]) ;

– Avoine (*Avena* sp.) : 1 base de lemme = 1 grain ; donc l'équivalent en grains est : nombre de bases de lemmes.

Le comptage des graines de légumineuses

Les modes de comptages des légumineuses sont assez proches de ceux appliqués aux caryopses de céréales. Les légumineuses étant des dicotylédones, les deux cotylédons qui constituent leurs graines se séparent assez facilement, ce qui constitue une différence forte avec les caryopses de céréales (monocotylédones). Une personne indique ajouter aux semences entières le nombre de restes de cotylédons tandis que trois personnes complètent cet ensemble par le nombre de restes de fragments. Toutes les autres personnes ayant répondues au questionnaire établissent préalablement une estimation du NMI avant de faire des statistiques et représentations graphiques. Deux personnes utilisent la méthode « au jugé » comme précédemment décrite pour les céréales. Cinq personnes divisent les cotylédons et les fragments de cotylédons par 2 avant de les additionner aux restes entiers et cinq personnes utilisent le même procédé mais en divisant les fragments de cotylédons par 4.

2. Application des modes de comptage recensés à quelques échantillons carpologiques

Afin d'évaluer l'influence des méthodes de comptage sur les résultats de l'analyse carpologique et sur leur interprétation, des échantillons (tableau 2) ont été comptabilisés selon les différentes méthodes et comparés entre eux.

Le choix des échantillons

La sélection des échantillons sur lesquels réaliser les tests s'est avérée difficile. Nous avons appliqué les critères suivants.

Nous avons tout d'abord sélectionné des échantillons contenant des restes dans un bon état de conservation, afin qu'il n'y ait pas une trop grande quantité de restes mal déterminés ou indéterminés.

Il convenait ensuite que ces échantillons contiennent plusieurs espèces céréalières, plusieurs espèces de légumineuses et si possible des vannes, afin d'apprécier l'influence des diverses méthodes sur les rapports entre taxons.

Au final, ces critères ont permis de retenir seulement six ensembles parmi le corpus à notre disposition. Ils proviennent de quatre installations agricoles protohistoriques de la région Centre (tableau 2) : Escrennes « Le Chemin de Saint-Eutrope » (Mercey, 2011), Epieds-en-Beauce « Zac des Chantaupiaux » (Pueyo, 2011), Chevilly « La Pièce Chameul » (Pradat, 2010) dans le Loiret et Prasville « Vers Chenay » (Bailleux, 2010) dans l'Eure-et-Loir. Tous les échantillons sont issus de niveaux détritiques dans des comblements secondaires.

Certaines limites à l'application de notre étude comparative doivent d'ores et déjà être signalées. En premier lieu, les méthodes de comptage ont été appliquées sur des échantillons dont les restes carpologiques étaient déjà étudiés et donc déjà triés : l'ensemble des fragments du tamis 2 mm

1. Ce calcul n'est pas mentionné dans la publication mais avait été adopté collectivement pour établir l'importance des espèces domestiques.
2. *Idem.*
3. *Id.*

Author's personal copy

Datation	Responsable de l'opération	Site	Fait, US	Taxons	
La Tène D1	D. Josset	Chevilly "Chameul" (Loiret)	F 1024 US 11347	*Hordeum vulgare* *Pisum sativum* *Vicia faba*	Orge Pois Féverolle
La Tène B	C. Pueyo	Epieds-en-Beauce (Loiret)	F 106 US 2170 F 235 US 2498	*Lens culinaris* *Vicia ervilia* *Hordeum vulgare* *Triticum aestivum/ durum/compactum*	Lentille Ers Orge Blé nu
Hallstatt D2/D3	F. Mercey	Escrennes (Loiret)	F 32047 US 4	*Triticum dicoccum* *Vicia ervilia*	Amidonnier Ers
La Tène D1	G. Bailleux	Prasville (Eure-et-Loir)	F 4096 US 40507	*Triticum dicoccum* *Triticum aestivum/ durum/compactum* *Triticum sp.* *Hordeum vulgare* *Cerealia*	Amidonnier Blé nu Blé indéterminé Orge Céréales

Tableau 2 : Chronologie, provenance et composition des échantillons carpologiques ayant servi à l'essai comparatif.
Table 2: Chronology, provenance and archaeobotanical composition samples used in the trial.

avaient été sélectionnés tandis que seuls les plus gros résidus fragmentés du tamis 0,5 mm avaient été extraits selon mon propre protocole initial. Un seul échantillon (Prasville) a fait l'objet d'un tri intégral, car la concentration en graines y était si élevée qu'il a été possible, non pas d'extraire les graines du sédiment tamisé, mais d'éliminer tout autre résidu que des graines.

La deuxième critique concernant notre échantillonnage est que tous les sites sont de chronologie assez proche puisqu'ils appartiennent tous à la période de l'Âge du Fer et même au second Âge du Fer (tableau 2). Enfin, ils proviennent tous d'un secteur géographique relativement limité : la région Centre. La qualité des sols influant sur l'état de conservation des semences carbonisées, et donc sur leur fragmentation, il sera intéressant de voir ce qu'il en est pour d'autres régions et d'autres périodes.

Application des différentes méthodes de comptages et résultats obtenus sur les échantillons

Chaque échantillon a été comptabilisé selon les huit méthodes référencées pour les céréales, auxquelles ont été ajoutées les méthodes de détermination du NMI à partir des *apex* et *scutellum* de Jones (1990), ainsi que celle mise en place par Antolín et Buxó (2011). Cette dernière approche apparaît *a priori* comme la plus minutieuse et la plus précise. Nous la considérons comme la plus exacte et l'avons donc choisie comme référence pour comparer les résultats obtenus avec les autres méthodes testées et ainsi voir lesquelles livrent les résultats les plus proches.

Pour les légumineuses, les cinq méthodes de comptages décrites précédemment ont été appliquées lors des tests. Une autre méthode consiste à ne prendre en compte que les restes entiers. Même si elle n'est pas mentionnée par les carpologues, sans doute car les cotylédons sont aisés à trier et peuvent généralement être attachés à une espèce, nous l'avons retenu pour faire le pendant de cette même méthode pour les caryopses de céréales.

Les résultats des divers comptages sont consignés dans un tableau (tableau 3).

Influences des méthodes de comptage sur la représentation d'un taxon

Les résultats obtenus pour chaque méthode sont représentés à l'aide d'un diagramme en barres, ceci pour diverses plantes (blé nu, amidonnier et orge vêtue).

Dans les échantillons contenant des quantités importantes de blé nu, d'amidonnier ou d'orge vêtue, des variations apparaissent selon les méthodes de comptages (figure 4). Les chiffres obtenus varient du simple au double, voire au triple, selon la prise en compte des caryopses entiers seuls ou de l'ajout intégral du nombre de fragments aux semences entières. Les différences sont particulièrement marquantes dans les exemples de concentrations d'orge dans les échantillons d'Epieds-en-Beauce et de Chevilly.

Comparativement à la méthode Antolín/Buxó, la représentation des seuls restes entiers donnent des quantités de grains très amoindris. À l'inverse, lorsque les fragments sont additionnés aux semences entières, les valeurs augmentent considérablement et dépassent le NMI probable.

Author's personal copy

			NMI									
Mode de comptages des grains de céréales			Entiers	Entiers+ fragments	Antolin	Jones	Au jugé	Entiers+ fragments/2	Entiers+ fragments <moitié/2	Entiers+ fragments/3	Entiers+ gros fragments/2+ petits fragments/4	Entiers+ gros fragments/4+ petits fragments/10
Mode de comptages des grains de légumineuses			Entiers	Entiers+ fragments			Au jugé	Entiers+ fragments/2	Entiers+ fragments <moitié/3	Entiers+ cotylédons/2 +fragments/3		
Chevilly	F1024 US11347	Orge vêtue	507	1884	1093	932	987	1195,5	1292	966,00	899,5	673,65
		Pois	1443	2956			2026,5	2199,5	1964,5	1998,50		
		Féverole	631	1136			828,5	883,5	799	804,00		
Epieds-en-Beauce	F235 US2498	Orge vêtue	46	231	153	74	136	138,5	175,5	107,67	110,75	75,6
		Blé nu	70	166	114	92	119	118	154,5	102,00	112,25	90,55
	F106 US2170	Lentille	136	205			178,5	170,5	168	158,00		
		Ers	492	1130			753	811	737	731,00		
Escrennes	F32047 US4	Amidonnier	341	878	680	426	578	609,5	727,5	520,00	534,25	430,1
		Ers	15	182			88	98,5	87,5	83,25		
Pravilles	F4096 US40507	Orge vêtue	94	216	151	126	155	155	179,5	134,67	136,75	113,55
		Blé nu	544	635	596	592	593	589,5	616,5	574,33	580,25	561,2
		Amidonnier	310	1121	695	439	620	716	850	581,00	580	432
		Blé	0	1563	1249	122	472	781,5	902	521,00	451	192,45
		Céréales	0	1722	1722	0	280	861	861	574,00	430,5	172,2

Tableau 3 : Tableau des dénombrements obtenus dans les échantillons archéologiques, selon les divers modes de comptage.
Table 3: Number of records in archaeological samples, according to the various counting modes.

Les méthodes qui semblent donner des résultats assez proches de celle d'Antolín/Buxó, aussi bien pour le blé nu que pour l'amidonnier ou l'orge, sont celles où le NMI est calculé en divisant les fragments par 2, avant de les ajouter aux semences entières et la méthode « au jugé ».

Pour le blé nu, dans l'échantillon d'Epieds-en-Beauce, la division des gros fragments par 2 et des petits par 4 donne des résultats proches de la méthode Antolín/Buxó. Pour l'échantillon de Prasville, la méthode Jones (1990) fait partie de celles qui fournissent des valeurs assez similaires au procédé Antolín/Buxó. Pour les autres échantillons et les autres céréales, parmi les méthodes de comptage selon un NMI, la méthode Jones semble amoindrir le nombre de restes, tout comme la division par 10 des fragments les plus petits. La formule selon laquelle les fragments supérieurs ou égaux à la moitié de la graine sont considérés comme des restes entiers, quant à elle, amplifie les valeurs des espèces.

Concernant les légumineuses, les différences obtenues dans les comptages de pois, lentille et féverole (figure 5) sont surtout frappantes lorsque l'on additionne les restes entiers aux cotylédons et aux fragments.

Pour l'ers, cette différence est particulièrement impressionnante dans l'échantillon d'Escrennes. Ce phénomène est lié au nombre élevé de cotylédons (les cotylédons ont du se séparer lors du tamisage). Il apparaît ainsi préférable de diviser le nombre de cotylédons par 2 avant de les additionner au nombre de graines entières.

Influences des méthodes de comptage sur la proportion des différentes espèces de céréales et de légumineuses

Nous avons vu que les divers modes de comptages conduisent à des estimations sensiblement différentes du nombre d'individus. Quelle est la répercussion de l'utilisation de ces différentes méthodes lorsque l'on établit des proportions entre plantes ? Dans un premier temps, l'expérimentation a porté sur des échantillons contenant plusieurs céréales : de l'orge et du blé nu à Epieds-en-Beauce (figure 6), de l'orge, du blé nu, de l'amidonnier, du blé indéterminé et des céréales indéterminées à Prasville (figure 7).

À Epieds-en-Beauce, globalement, les proportions entre orge et blé sont de l'ordre de moitié-moitié (figure 6). D'après la méthode Antolín/Buxó, l'orge domine sur le blé (57 % contre 43 %). Les variations observées sont directement liées à la fragmentation et à son traitement dans les comptages. L'orge étant fortement fragmentée dans ce cas, elle est beaucoup moins représentée dès que les fragments ne sont pas comptabilisés ou qu'ils sont fortement minimisés (restes entiers uniquement, méthode Jones, division des fragments par 10).

À Prasville, l'échantillon présente une grande variété d'espèce céréalière (figure 7a). Ce prélèvement a bénéficié du tri des fragments dans leur totalité. La forte quantité de fragments de petite taille modifie considérablement les proportions entre les plantes selon leur prise en considération dans les décomptes ou non, et selon le mode de comptage du NMI. Si les petits fragments ne sont que peu ou pas comptabilisés (restes entiers uniquement, division des petits fragments par 10 et méthode Jones), le taux de blé nu et d'amidonnier augmente. En revanche, si les fragments sont mieux pris en compte, le taux d'indéterminés est accru (*Cerealia* et *Triticum* sp.) et réduit d'autant la place des autres espèces. Selon la méthode Antolín/Buxó, les taux de céréales (*Cerealia*) et de blé indéterminé (*Triticum* sp.) sont particulièrement élevés. Ceci est lié au fait que les fragments de petite taille, non déterminables à l'espèce, constituent un grand nombre de transversaux médians (TM, figure 1). Or, cette méthode retient le nombre le plus grand parmi les transversaux pour l'additionner aux restes entiers et aux

Author's personal copy

Figure 4 : Représentation de la quantité estimée des différentes céréales pour quatre sites, en fonction des modes de comptages (f : restes fragmentés; NMI : nombre minimum d'individus).

Figure 4: Representation of the estimated quantity of different cereals in four sites, depending on modes of counts (f: fragmented remains; NMI: Minimum number of individuals).

Author's personal copy

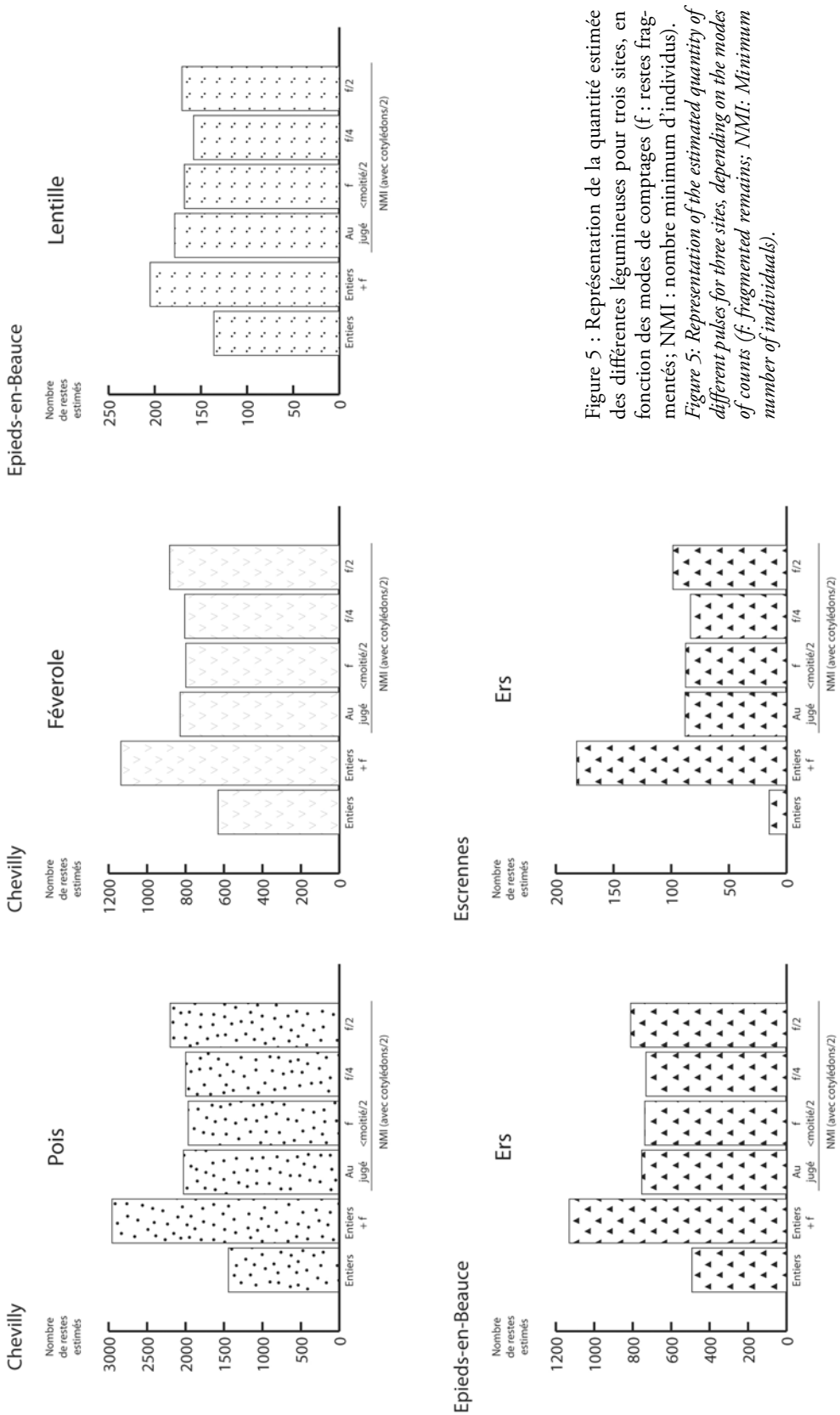


Figure 5 : Représentation de la quantité estimée des différentes légumineuses pour trois sites, en fonction des modes de comptages (f : restes fragmentés ; NMI : nombre minimum d'individus).

Figure 5: Representation of the estimated quantity of different pulses for three sites, depending on the modes of counts (f: fragmented remains; NMI: Minimum number of individuals).

Author's personal copy

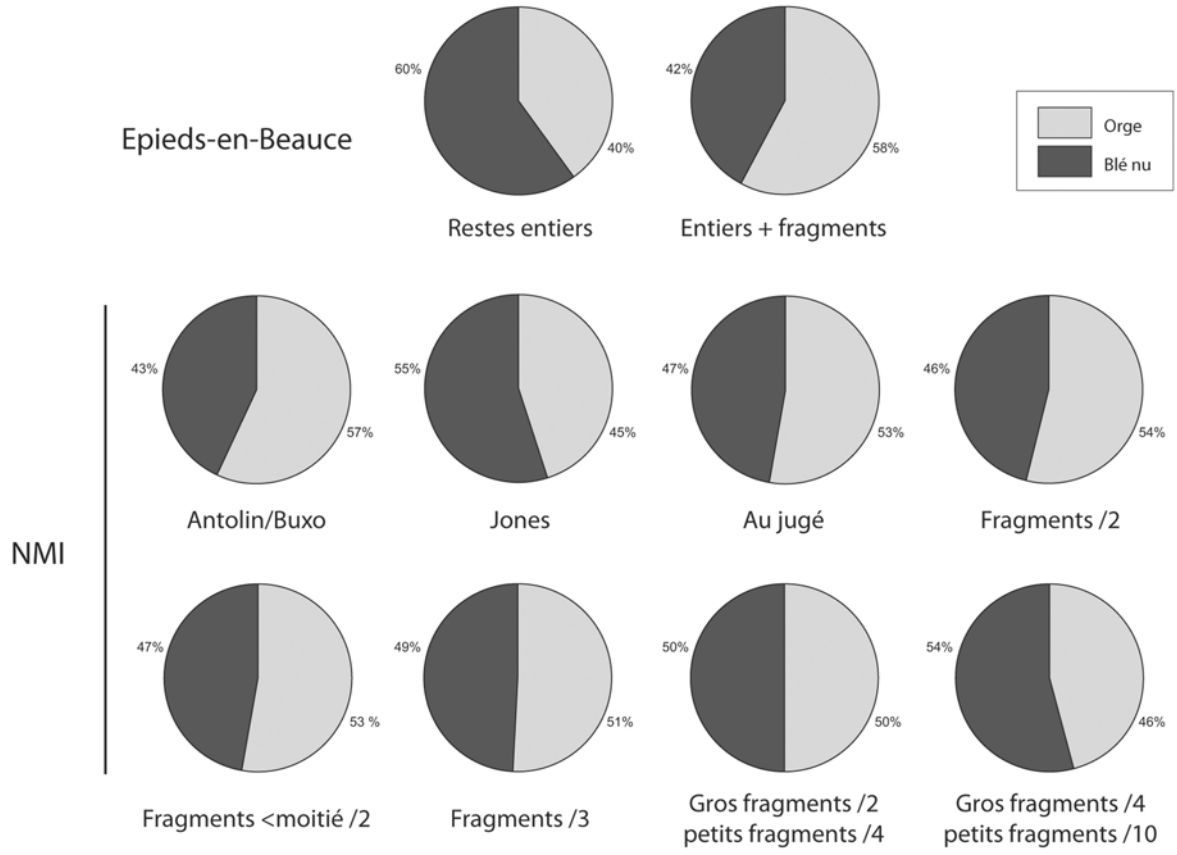


Figure 6 : Proportions entre les céréales attestées dans l'échantillon d'Epieds-en-Beauce, selon les différentes méthodes de comptage.
Figure 6: Proportions of the cereals in the sample of Epieds-en-Beauce, according to the different methods of counting.

restes longitudinaux. Ceci signifie qu'un reste transversal médian est considéré comme équivalent à un reste transversal apical ou encore un reste transversal embryonnaire. Dans notre cas, il est bien évident qu'un reste médian ne représente pas à lui seul une semence. Les *Cerealia* et les *Triticum* sp. sont ainsi surévalués, au même titre que lorsque tous les fragments sont ajoutés aux restes entiers (les résultats sont d'ailleurs assez proches entre les deux méthodes).

Si l'on supprime les céréales indéterminées ou identifiées seulement au rang du genre (figure 7b), les problèmes de fragmentation abondante ne se posent plus car, la plupart du temps, les fragments de petite taille ne sont en effet pas identifiables à l'espèce. Plusieurs méthodes donnent des résultats proches de ceux obtenus avec la procédure Antolín/Buxó : décompte où les fragments supérieurs à une moitié de graine sont dénombrés comme un entier, estimation du NMI « au jugé », calcul du NMI en divisant les fragments par 2, ou en divisant les plus gros fragments par 2 et les plus petits par 4. Lorsque les fragments sont considérés comme des restes entiers, la proportion de blé nu baisse au profit de l'amidonnier. À l'inverse, lorsque ne sont pris en compte que les restes entiers mais aussi avec la méthode Jones, la proportion de blé nu augmente aux dépends de l'amidonnier.

D'autres tests ont été faits sur des échantillons contenants plusieurs espèces de légumineuses : pois et féverole à Chevilly, lentille et ers à Epieds-en-Beauce (figure 8). Quelle que soit la méthode de comptage, les proportions entre les diverses légumineuses sont quasi-identiques. Le mode de comptage ne semble donc pas influer sur les proportions entre les plantes.

L'échantillon de Chevilly contenant de l'orge, du pois et de la féverole, permet d'évaluer l'influence des modes de comptage sur l'estimation des proportions dans les mélanges entre céréales et légumineuses (figure 9).

Les combinaisons entre les différents comptages des céréales et des légumineuses sont potentiellement nombreuses. Cependant, une certaine logique est respectée par les carpologues qui appliquent le même type de comptage aux deux groupes. C'est pourquoi nous avons retenu six façons de les dénombrer.

Author's personal copy

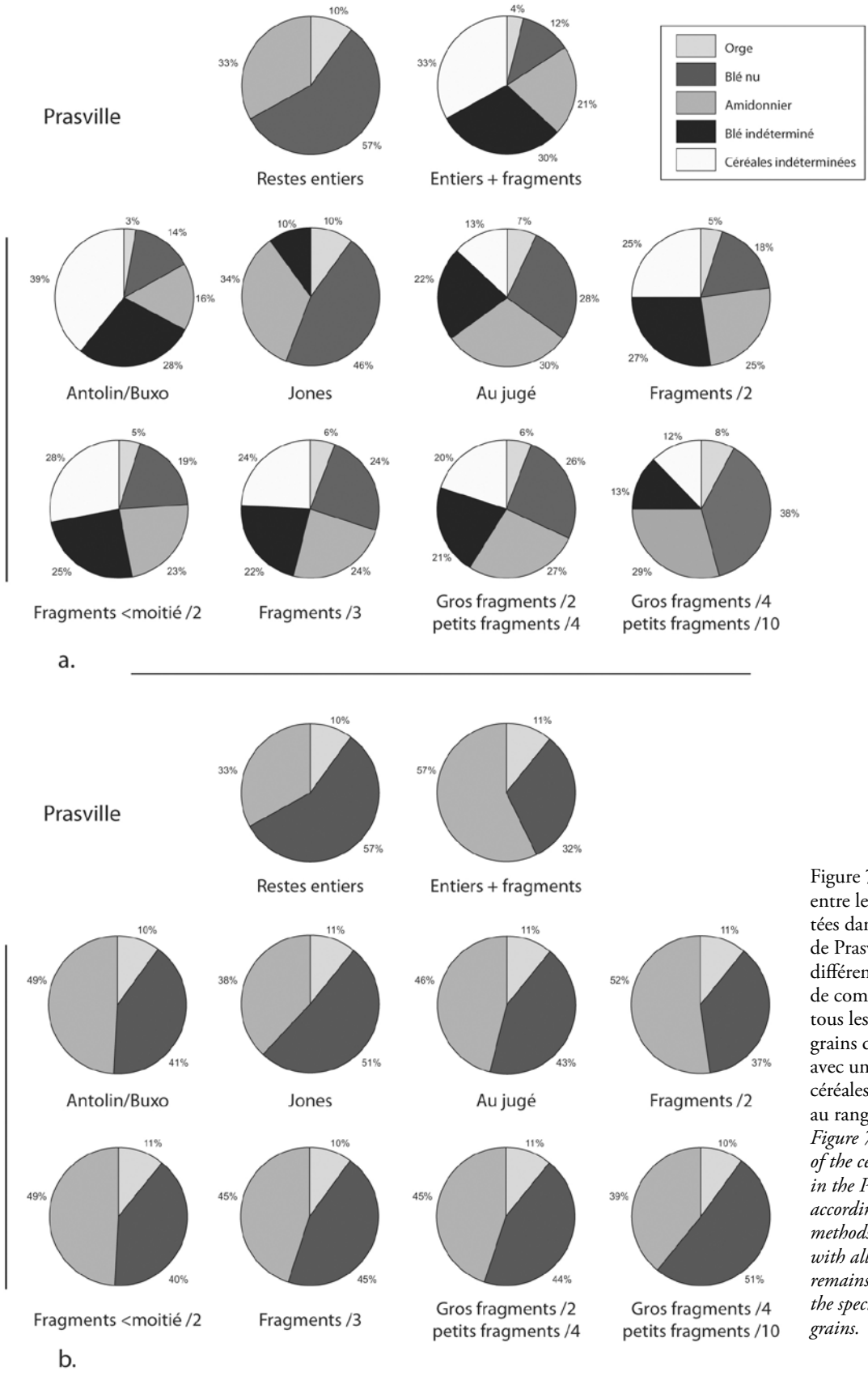


Figure 7 : Proportions entre les céréales attestées dans l'échantillon de Prasville, selon les différentes méthodes de comptage. a. avec tous les restes de grains de céréales. b. avec uniquement les céréales déterminées au rang de l'espèce.
Figure 7: Proportions of the cereals attested in the Prasville sample, according to different methods of counting. a. with all cereal grains remains. b. with only the species determined grains.

Author's personal copy

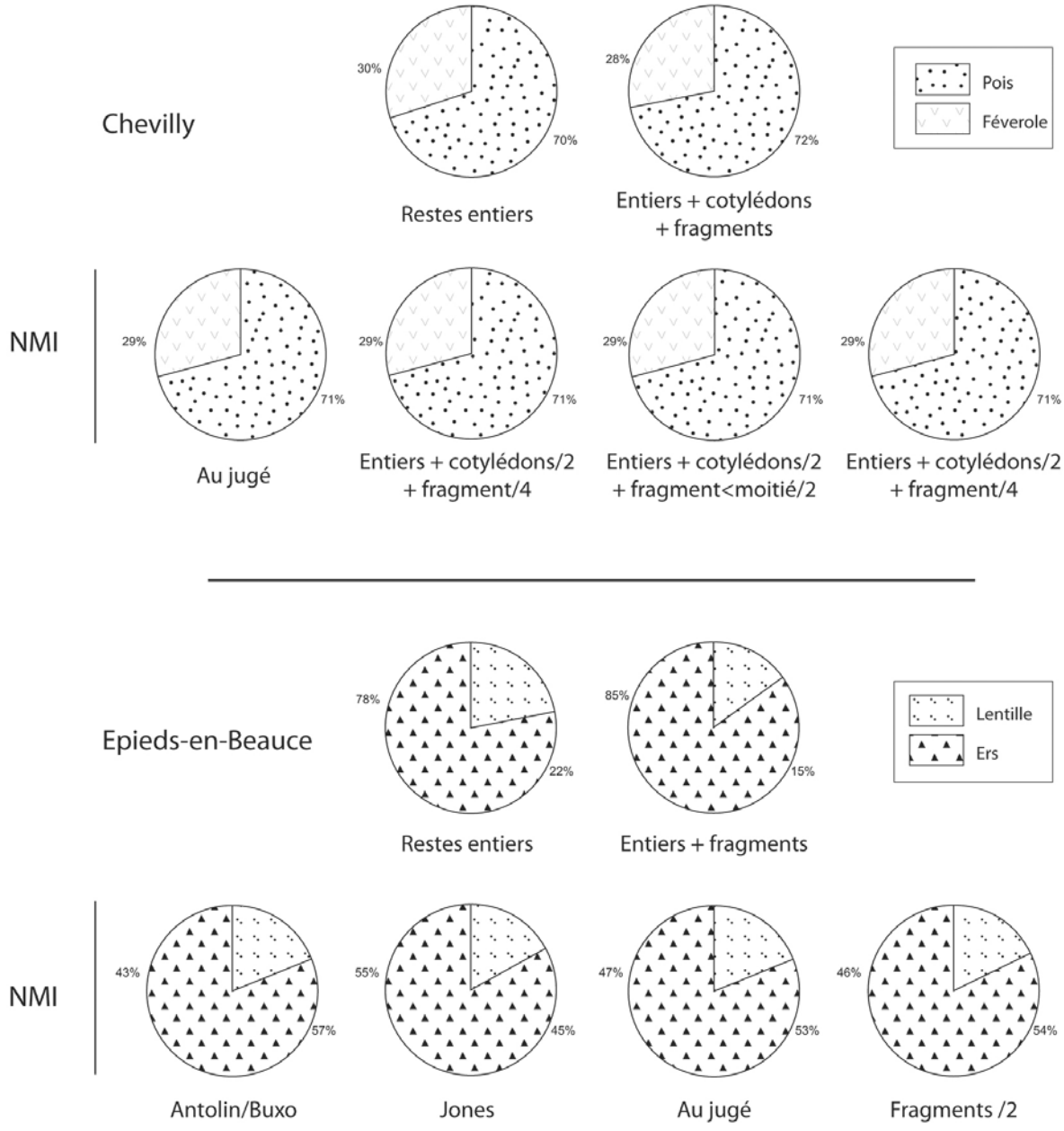


Figure 8 : Proportions entre les légumineuses dans les échantillons de Chevilly et d'Epieds-en-Beauce, selon les différentes méthodes de comptage.
Figure 8: Proportions of pulses in the samples of Chevilly and Epieds-en-Beauce, according to the different methods of counting.

Les modes de comptages utilisant les NMI livrent des valeurs relativement identiques. Des différences apparaissent quand seuls les restes entiers sont pris en compte : les proportions de légumineuses augmentent alors au détriment de l'orge. À l'inverse, si l'on additionne les fragments et les restes entiers, l'orge prend de l'importance par rapport aux légumineuses, ce qui s'explique par la forte fragmentation de l'orge dans l'échantillon de Chevilly. Le taux d'orge varie donc selon l'importance donnée aux fragments : il diminue lorsque seuls les restes entiers sont pris en compte tandis qu'il augmente lorsque les fragments sont ajoutés aux restes entiers et ce, malgré l'ajout des cotylédons et des fragments de cotylédons aux graines entiers de pois et de féverole.

Author's personal copy

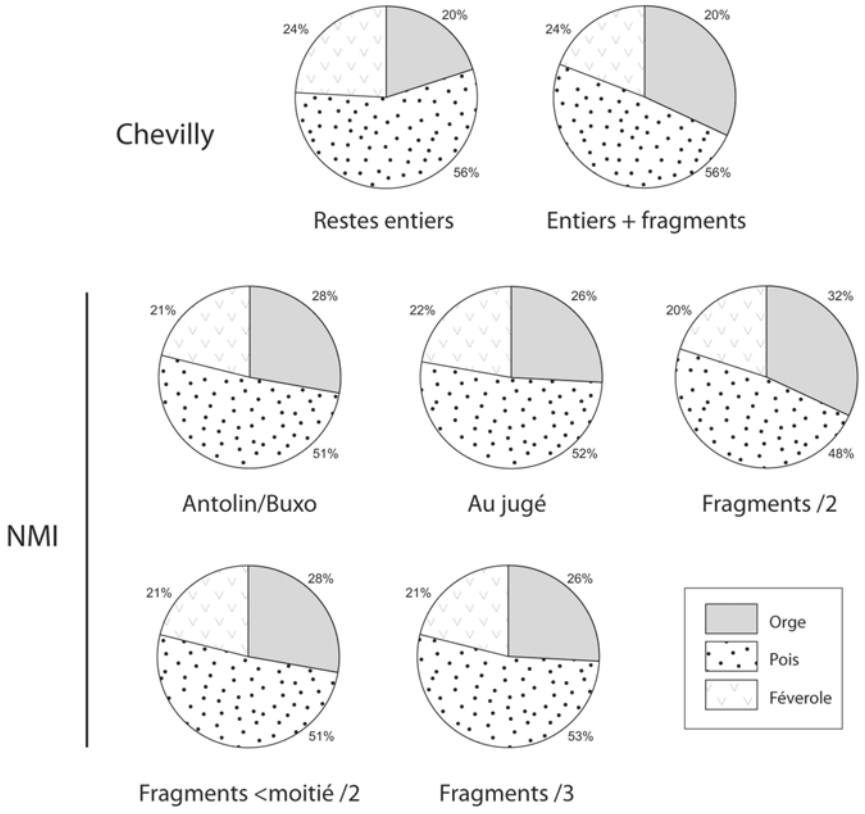


Figure 9 : Proportions entre les céréales et les légumineuses dans l'échantillon de Chevilly, selon les différentes méthodes de comptage.
Figure 9: Proportions of cereals grains and pulses in Chevilly sample, according to different methods of counting.

Enfin, des tests ont été réalisés avec des échantillons contenant des grains et des vannes de céréale : grains d'orge, de blé nu, d'amidonnier, rachis d'orge, furca d'amidonnier, furca et bases de glume d'amidonnier/engrain, rachis de blé, bases de lemme d'avoine à Prasville ; amidonnier, furca et bases de glume d'amidonnier/engrain et ers à Escrennes (figure 10).

Lorsque l'on transforme le nombre de vannes en nombre équivalent de grains, le résultat est plus élevé que lorsqu'on additionne la totalité des vannes. Couplé au calcul du NMI à partir des grains selon diverses méthodes, les vannes ont ainsi des proportions plus importantes.

Pour l'échantillon de Prasville (figure 10), en comparaison des résultats obtenus selon le dénombrement d'Antolín/Buxó, les autres méthodes de comptage donnent des proportions d'amidonnier en grains plus élevées et des taux de vannes moins importants. C'est particulièrement vrai lorsque les fragments de céréales sont ajoutés aux restes de grains entiers et que la totalité des vannes est additionnée sans calculer l'équivalent en grain.

Par ailleurs, rappelons que si l'on veut connaître la représentativité d'une espèce céréalière, le calcul du nombre équivalent de grains est très utile, notamment lorsque le nombre de vannes est élevé et celui des grains faible. Il faut alors choisir le nombre le plus élevé des deux.

Outre les proportions entre espèces ou type de restes, souvent représentés sous forme de camemberts, des calculs peuvent être effectués à partir des vannes pour connaître l'état de nettoyage d'une céréale, ou en déduire la forme sous laquelle elle était stockée (Van der Veen, 1992). L'intérêt du calcul du nombre équivalent de grains est d'évaluer le taux de vannes dans un lot de semences pour définir l'état de nettoyage des grains et ainsi reconstituer le traitement des récoltes. La méthode de comptages des céréales en grains peut alors être décisive dans l'interprétation.

Si l'on se base sur les critères adoptés par L. Bouby dans sa thèse (Bouby, 2014, p. 88-89) pour définir à partir de quelles quantités de vannes un blé vêtu peut être considéré comme ayant été stocké en épillets, les résultats peuvent s'avérer très différents selon le comptage de départ des grains et des vannes. Le calcul consiste à diviser le nombre de base de glumes par le nombre de grains. L. Bouby considère que si le résultat obtenu est en dessous d'un seuil de 0,4, les grains sont débarrassés de leurs enveloppes et stockés nus. Au dessus de ce seuil, on parle d'un stockage sous forme d'épillets. Pour ce calcul, si le nombre de base de glumes est aisément déterminable, le nombre de grains varie quant à lui selon le mode de comptage que l'on adopte.

Author's personal copy

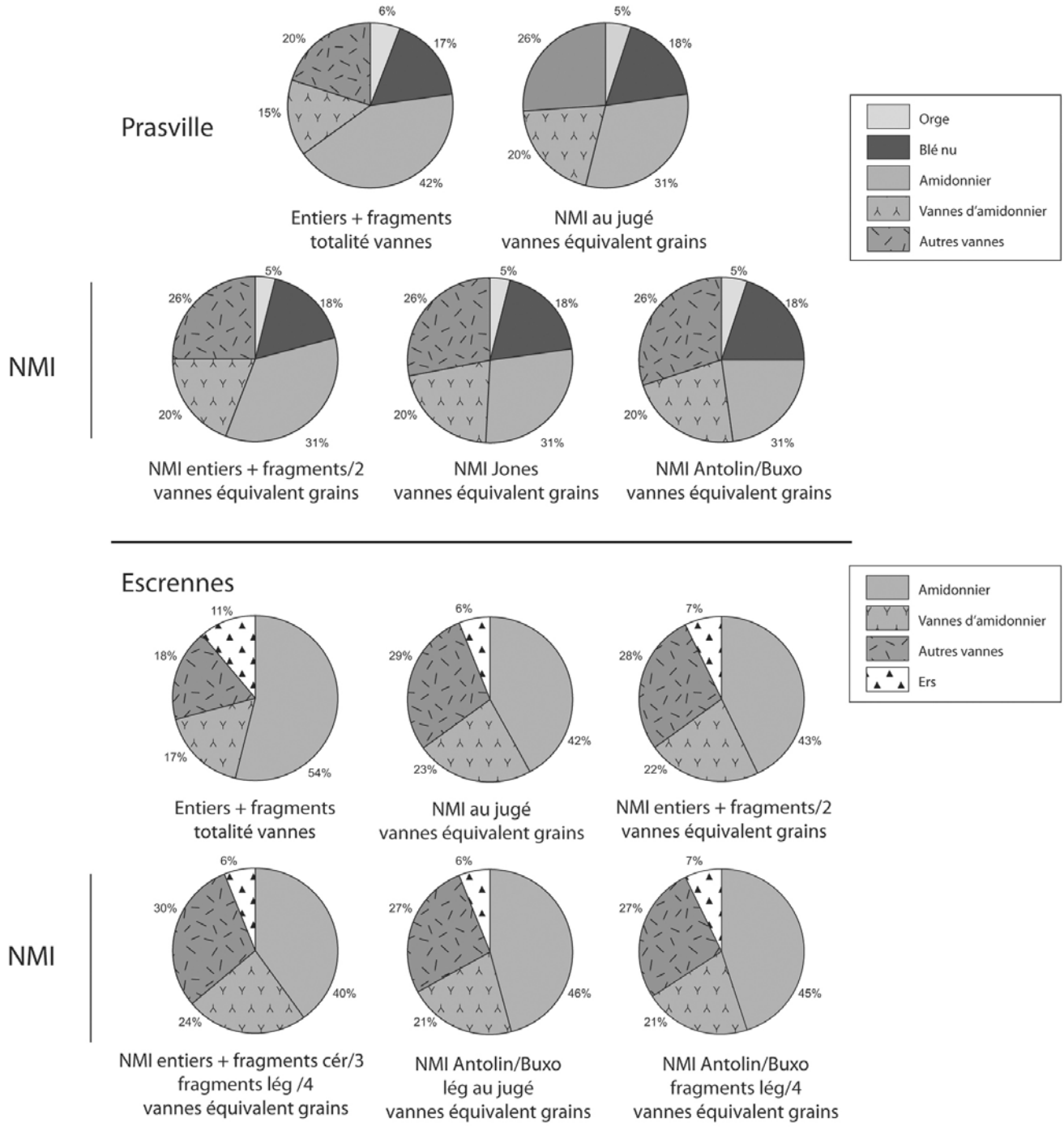


Figure 10 : Proportions entre les caryopses de céréales, les vannes de céréales et les légumineuses dans les échantillons de Prasville et d'Escrennes, selon les différentes méthodes de comptage (cér : céréales ; lég : légumineuses).
Figure 10: Proportions of cereal grains of cereals, pulses and chaff in samples of Prasville and Escrennes, according to different counting methods (cér: cereals; lég: pulses).

Author's personal copy

Par exemple, pour l'échantillon d'Escrennes, si l'on ajoute aux grains entiers de céréales la totalité des fragments, le rapport entre bases de glumes et nombre de grains est de 0,36, permettant ainsi de conclure à un stockage de l'amidonnier sous forme de grains. En revanche, si le nombre de grains est compté d'après la méthode « au jugé », le chiffre obtenu est 0,54 ; si les fragments sont divisés par deux avant d'être ajoutés aux restes entiers, le rapport est 0,60 ; si les fragments sont comptabilisés comme précédemment mais en les divisant cette fois par trois, le chiffre obtenu est alors 0,51 ; si le NMI est calculé avec la méthode Antolín/Buxó, le résultat est 0,46. On note que les quatre derniers cas conduisent à conclure au stockage de l'amidonnier sous forme d'épillets et non plus sous forme de grains.

3. Discussion sur les différentes méthodes

Suite aux divers tests effectués sur plusieurs échantillons archéologiques, des réflexions sur les modes de comptages en carpologie et sur leur impact ont été suscitées.

Tout d'abord, pour une majorité d'entre eux, les divers procédés de comptage ne présentent *a priori* pas de différences notables dans les résultats obtenus, si ce n'est lorsque les fragments sont additionnés aux restes entiers. De fait, considérer à niveau équivalent les fractions de grains et les restes complets provoque une augmentation considérable du nombre de restes. Concernant les légumineuses, le phénomène est identique avec les cotylédons non fragmentés. Il est en effet indispensable de diviser le nombre de cotylédons par deux car ces derniers forment les deux parties d'une même graine. Leur séparation découle souvent du tamisage.

Les conditions d'enfouissement et de tamisage des prélèvements entraînent parfois une fragmentation élevée, l'addition des nombreuses fractions induisant alors une surreprésentation de l'espèce fragmentée. Néanmoins, ne pas prendre du tout en compte ces résidus ne semble pas non plus souhaitable d'autant que certains échantillons très altérés livrent beaucoup de fragments.

D'autre part, la méthode de comptage en NMI en fonction des parties anatomiques (Jones, 1990) ne semble pas être la plus adaptée pour plusieurs raisons. En premier lieu, selon l'état de conservation des semences, la trace de l'embryon n'est pas toujours nette et perceptible. Ensuite, une difficulté de dénombrement survient quand une semence est coupée longitudinalement (coupe qui est souvent observée sur les exemplaires d'amidonnier d'un des échantillons) car n'apparaissent alors qu'une moitié d'embryon et qu'une moitié d'apex ce qui supposerait un double comptage. Par ailleurs, la méthode de tri des embryons est longue quand les restes ne sont pas parfaitement conservés. Elle est ainsi, notamment, mal-adaptée aux études réalisées en archéologie de sauvetage. Enfin, un problème se pose quant aux nombreux fragments de la partie centrale (« corps de la céréale ») non pris en compte dans cette méthode alors que leur chance de préservation est plus importante : le NMI est alors sous-estimé.

La méthode mise au point par F. Antolín et R. Buxó (2011) présente l'avantage d'être très précise. On peut supposer qu'elle donne l'estimation du NMI la plus proche possible de la réalité. Elle nécessite cependant de manipuler et de classer individuellement chaque fragment avant d'établir les comptages. C'est donc une méthode extrêmement longue, qui ne peut justifier son application que dans des cas d'études particuliers (par ex. stockages incendiés) et qui n'est pas non plus adaptée aux études menées dans le cadre de l'archéologie préventive.

Un disfonctionnement est par ailleurs à noter pour la méthode Antolín/Buxó. Dans son calcul du NMI, n'est retenu que le plus grand nombre parmi les fragments avec un *apex* (TA), ceux avec un embryon (TE) et les fragments transversaux médians (TM), ce qui revient à considérer qu'une semence ne peut pas générer plus d'un fragment transversal. Or, dans le cas d'une fragmentation forte livrant un grand nombre de petites fractions, les fragments médians sont fortement représentés puisque la partie médiane de la graine est fractionnée en plusieurs éléments. Le NMI sera alors sur-estimé. Ce type de décompte n'est donc pas valable pour des sites ayant livré des échantillons carpologiques présentant un taux de fragmentation élevée, d'autant plus si le tri a été effectué dans sa totalité.

Plus généralement, les différences observées dans les résultats d'analyse dépendent en partie des taux de fragmentation des carporestes et donc de leur état de conservation. Plus la fragmentation est élevée et plus l'usage d'un NMI dans les calculs semble nécessaire. De même, plus le tri sera effectué finement, plus il sera primordial d'avoir recours à une méthode de calcul du NMI adaptée (soit « au jugé », soit en divisant les fragments par des coefficients supérieurs à deux). Concernant ce dernier point, une majorité de carpologues interrogés dans notre enquête remarque que le tri intégral des fragments présente l'inconvénient de requérir des temps d'extraction très longs, alors qu'une grande part des résidus des restes ainsi recueillis est bien souvent non identifiable à l'espèce, voire même au genre, et n'apporte donc pas de réelles informations carpologiques. C'est ce qui est constaté dans l'échantillon de Prasville, trié dans son intégralité, dont la plupart des fragments sont non identifiables, donc peu exploitables. Ce propos doit néanmoins être nuancer, l'extraction des divers fragments doit être adaptée à chaque site

Author's personal copy

et/ou échantillon car, dans les cas de restes peu nombreux, le tri d'un maximum de fragments est souhaitable.

Concernant les vannes, il semble utile de rapporter le nombre de vannes en équivalent de grains si l'on veut connaître l'importance d'une céréale par rapport aux autres ou si l'on souhaite travailler sur le degré de nettoyage des récoltes.

Enfin, il faut soulever le problème de disparité dans la consignation des données de base qui découlent en partie des modes de comptage. Si les restes entiers et les fragments sont fréquemment individualisés dans les tableaux, les fragments ne sont cependant jamais répertoriés selon leur taille ni selon la présence d'un *apex* ou *scutellum*. Il n'est alors pas possible, faute d'indications précises, de procéder à des calculs de NMI selon la méthode Jones ou encore en divisant de façon différenciée les fragments selon leur taille. De même, la seule mention de restes selon leur état – entier ou fragmenté – ne permet pas de calculer un NMI selon la méthode « au jugé ». À l'inverse, cette méthode ne comptabilise pas les fragments puisqu'ils sont directement transformés en équivalents de restes entiers. Toutes les méthodes de calculs de NMI par division des fragments ne peuvent alors être pratiquées à partir de ces données.

4. Conclusion

L'enquête réalisée auprès de vingt collègues carpologues a permis de faire un recensement des modes de comptages des caryopses, vannes de céréales et graines de légumineuses et de mettre en évidence une disparité dans les pratiques. De ce fait, il faut rappeler que pour comparer les données des divers auteurs, il est impératif d'indiquer les éléments de base qui ont servi aux comptages, c'est-à-dire, à la fois le détail des données brutes, mais aussi la description précise du type de calcul utilisé pour réaliser des statistiques, et ce, quelque soit le support de l'étude (rapport, publication, travaux universitaires…).

Au cours de cette première approche, des tests ont été réalisées sur quelques ensembles archéologiques à partir desquels certaines méthodes apparaissent sous ou sur-estimer le nombre minimum d'individus. Ce travail nécessiterait d'être poursuivis avec un ensemble d'échantillons carpologiques plus conséquent. Cette approche pourrait s'appliquer à des corpus plus variés du point de vue taxonomique et chronologique, mais aussi dans des contextes de conservation différents et notamment au Proche-Orient pour tester une ambiance édapho-climatique très différente de ce que l'on peut observer en Europe occidentale. De même, cet exercice, qui n'a intégré que les représentations graphiques simples (diagrammes en barres et camemberts), devrait être étendu à des traitements statistiques plus élaborés.

Remerciements

Je remercie Emmanuelle Bonnaire, organisatrice des Rencontres Archéobotaniques à Douai en 2012, au cours desquelles ce travail a été présenté et tous les collègues qui ont montré leur intérêt pour ces problèmes méthodologiques et m'ont encouragés à la publication. Merci à mes relecteurs qui par leurs corrections ont aidé à l'amélioration du texte.

Bibliographie

Antolín F., Buxó R., 2011. Proposal for systematic description and taphonomic study of carbonized cereal grain assemblages: a case study of an early Neolithic funerary context in the cave of Can Sadurní (Begues, Barcelona province, Spain). *Vegetation History and Archaeobotany*, 20: 53-66.

Bailleux G. (dir.), 2010. *Un établissement rural de La Tène B2 au début du IIIe s. : Prasville, « Vers Chesnay », « Les Fontenelles »*. Rapport de fouille, Inrap, SRA Orléans.

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

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, 717-733.

Jones G., Wardle K., Halstaed P., Wardle D., 1986. Le stockage des grains à Assiros, *Pour la Science*, 103 : 78-85.

Jones G., 1990. The application of present day cereal processing studies to charred archaeobotanical remains. *Circea, The Journal of the Association for Environmental Archaeology*, 6 : 91-96.

Hillman G., Mason S., de Moulins D., Nesbitt M., 1996. Identification of archaeological remains of wheat: the 1992 London workshop. *Circea, The Journal of the Association for Environmental Archaeology*, 1996 for 1995, 12(2): 195-209.

Marinval P., 1999. Les graines et les fruits : la carpologie. *In* C. Bourquin-Mignot *et al.*, *La botanique*, Paris, Errance, coll. « Archéologiques », 105-137.

Mercey F. (dir.), 2011. *Des occupations agro-pastorales du Hallstatt D1 au Bas-Empire : Loiret, Escrennes, Le Chemin de Saint-Eutrope*. Rapport de fouilles, Inrap, Orléans SRA Centre.

Pradat B., 2010. L'économie agro-pastorale dans le Loiret à l'âge du Fer (du Hallstatt ancien à La Tène finale) : synthèse des données carpologiques. *Revue archéologique du Centre de la*

Author's personal copy

France, 49 : 103-140. | [En ligne], mis en ligne en 2011, URL : [*http://racf.revues.org/index1447.html*].

Pueyo C. (dir.), 2011. *Un habitat protohistorique à vocation agricole : Loiret, Epieds-en-Beauce, ZAC « Les Chantaupiaux »*. Rapport de fouilles, Inrap, Orléans SRA Centre.

Veen van der M., 1992. Crop Husbandry Regimes. *An Archaeobotanical Study of Farming in northern England 1000 BC-AD 500*. Sheffield, University of Sheffield (Sheffield Archaeological Monographs, 3).

Zech-Matterne V., Bouby L., Bouchette A., Cabanis M., Derreumaux M., Durand F., Marinval P., Pradat B., Dietsch-Sellami M.-F., Wiethold J., 2009. L'agriculture du VI^e^ au I^er^ siècle avant J.-C. en France : Etat 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, 17-20 mai 2007 Chauvigny, Mémoire XXXV, 383-416.