

REGARDS CROISÉS SUR LES MOULINS EN BASALTE DU HAUT-EMPIRE LE LONG DE L'AXE RHÉNAN

Florent JODRY

Archéologue-Lithicien
Centre archéologique Inrap
UMR7044 Archimède

florent.jodry@inrap.fr

RÉSUMÉ

La normalisation des meules rotatives manuelles est attestée sur notre territoire depuis la période gauloise même si quelques traits culturels viennent nuancer cette apparente rationalisation. En revanche, dès le Haut-Empire dans la vallée rhénane, les meules rotatives manuelles adoptent un nouveau type. Elles sont non seulement taillées dans le basalte de l'Eifel mais présentent également, grâce à cette roche, une uniformité remarquable. Ce produit répond *a priori* aux besoins de standardisation de l'armée romaine. Des sources croisées permettront d'apporter un regard nouveau sur le rendement, notamment au travers d'expérimentations, et les motivations qui président à la standardisation de ces moulins manuels antiques.

MOTS-CLÉS

Meules, basalte, massif de Eifel, inscription, *contubernium*, mouture.

CROSSED PERSPECTIVES ON THE BASALT MILLS OF THE EARLY EMPIRE ALONG THE RHINE AXIS

The standardisation of manual rotary querns is attested to in our territory since the Gallic period, even if some cultural features qualify this apparent rationalisation. On the other hand, as early as the High Empire in the Rhine Valley, manual rotary querns adopted a new type. They were not only extract from Eifel basalt, but also had a confusing uniformity thanks to this rock. This product meets the standardisation needs of the Roman army. Cross-referenced sources will provide new insights into the performance, particularly through experiments, and the motivations behind the standardisation of these ancient manual mills.

KEYWORDS

Querns, basalt, Eifel massif, engraving, *contubernium*, grind.

Le moulin va-et-vient, constitué par l'assemblage d'une meule fixe et d'une molette mobile, actionnée le plus souvent selon l'axe de la meule, devient rotatif à partir du ^v^e s. av. J.-C. Il se compose dès lors de deux disques superposés : la meule dormante et la meule tournante. Tandis que la meule dormante possède une surface active pentue et une surface inférieure creusée grossièrement, de manière à alléger le poids de la meule, la partie tournante a deux surfaces finement travaillées. Celle en contact avec la meule dormante est appelée surface active. Cette meule tourne autour d'un axe central inséré dans la masse de la meule dormante.

La fonction la plus fréquemment évoquée est la mouture céréalière ; le moulin répond donc à la nécessité de transformer les céréales en farine, fine ou grossière, destinée à la fabrication de pains, galettes ou bouillies.

En Alsace, la prise de conscience de cet univers mologique et de son expansion économique a débuté en 1911 lorsque Robert Forrer [1] publie un article intitulé *Ein versunkener spätantiker Mülsteintransport in Wanzenau bei Strassburg*, consacré aux 27 ébauches de meules en basalte extraites du chargement d'une embarcation du III^e siècle échouée à la confluence de l'Ill et du Rhin. Ces ébauches de meules en roche volcanique de l'Eifel étaient très certainement destinées à fournir un commanditaire militaire ou non aux abords de Strasbourg-*Argentorate*. Un second article du même auteur mentionne dès 1919 [2] la découverte d'une meule en basalte portant une gravure sur son flanc où l'on peut lire l'inscription *C-VIREI*. Cette inscription a permis à Robert Forrer de désigner la centurie de Vireus comme propriétaire de l'outil.

AUX SOURCES DE LA STANDARDISATION DES MEULES

Traditionnellement associé à l'armée romaine, le moulin manuel en basalte de l'Eifel est emblématique de la vallée rhénane et représentatif de l'expansion militaire et des relations entre les garnisons disposées le long du *limes*, qu'il soit germano-rhétique ou breton [3]. Ces meules sont des pièces très fréquentes des inventaires d'opérations d'archéologie urbaine et rurale et leur modèle standard caractéristique des ateliers d'Andernach, en Rhénanie-Palatinat [4]. Actuellement le corpus des collections archéologiques alsaciennes rassemble près de 200 de ces pièces.

LA ROCHE SÉLECTIONNÉE

La caractérisation pétrographique des roches utilisées pour la fabrication des meules est essentielle pour mettre en valeur non seulement les réseaux d'échanges, mais aussi les décisions qui ont présidé à la sélection des pierres. L'analyse physico-chimique des principales roches employées dès le Haut-Empire dans la vaste région rhénane montre que celles-ci ont une origine magmatique et qu'elles proviennent principalement des coulées de lave du volcan Bellerberg, au nord-est de l'actuelle commune de Mayen [5]. Les roches sédimentaires (grès grossier, arkose ...) sont aussi très utilisées dès le Haut-Empire, cependant leur collecte est bien plus aléatoire que celle du basalte eifelien extrait en carrière ; le prélèvement des blocs vosgiens relève essentiellement de la collecte en éboulis [6].

Par conséquent, la roche basaltique domine clairement le marché dès la fin du 1^{er} siècle grâce au développement de l'infrastructure commerciale mise en place dans la zone d'influence économique de Mayen ; ville attachée commercialement au port d'Andernach, en bordure du Rhin, d'où sont exportées les meules par voie fluviale descendante [7] ou ascendante [8].

[1] FORRER 1911, p. 137-143.

[2] FORRER 1919, p. 988-1078.

[3] JODRY, à paraître.

[4] HÖRTER 1994, WENZEL 2014, p. 229-257.

[5] HÖRTER 1994 ; HARMS & MANGARTZ, 2002 ; WENZEL 2014, p. 229-257 ; GILJOHANN *et al.* 2017, p. 125-152.

[6] JODRY 2019, p. 1-17.

[7] MANGARTZ 2007, p. 246-256.

[8] Les découvertes d'embarcations romaines faites à Utrecht (MANGARTZ 2007) et à La Wantzenau au nord de Strasbourg (FORRER 1911) montrent que le transport des meules se faisait par voie fluviale dans le sens d'écoulement du fleuve mais aussi en le remontant. Tandis que la découverte néerlandaise mentionne deux meules appariées, la découverte strasbourgeoise comptabilise 27 ébauches de meules (JODRY 2011a).

Ce secteur économique meulier idéalement placé à une trentaine de kilomètres à l'ouest de Coblenche, ville située au point de confluence rheno-mosellan, permet d'expédier les meules le long du Rhin et à l'intérieur de la province pour accéder aux acheteurs de la Gaule Belgique ou Lyonnaise. Ce secteur, intégré à la province de Germanie supérieure, devient vers la fin du 1^{er} siècle le centre névralgique de l'exportation de meules.

En effet, les colonnes basaltiques exploitées de manière systématique permettent de produire en abondance des prismes aux dimensions presque identiques qui, une fois taillés, fournissent des ébauches aux excellentes propriétés texturales (homogénéité, rugosité de la surface ...). Ces ateliers ont permis de traiter et diffuser sur les quatre premiers siècles de notre ère, selon les estimations volumétriques de Fritz Mangartz, 17 millions de meules [9].

STANDARDISATION ET AMÉLIORATIONS TECHNIQUES

Monsieur le duc de Bassano, le ministre de la guerre a fait partir le 8, de Paris, quarante moulins portatifs, pesant chacun 18 livres et pouvant moudre 30 ou 40 livres de farine par heure. Faites-moi connaître quand ces moulins passeront à Vilna, et ayez soin de prévenir partout pour qu'ils arrivent promptement à Moscou. Ce ministre m'annonce qu'il fait partir 200 autres moulins le 15 septembre et 200 autres le 20. Sur le dernier envoi, vous pourriez retenir un de ces moulins pour modèle, pour en faire confectionner quelques-uns à Vilna. Cela est très important. Je compte donner un de ces moulins à chaque compagnie de l'armée.

Malgré l'anachronisme de cette missive dictée en 1812 par Napoléon I^{er} dans ses correspondances, le moulin, nous le voyons, est dans les différentes campagnes militaires le moyen le plus sûr d'assurer la subsistance des soldats. Cette efficacité militaire s'appuie sur la standardisation [10] ; c'est le cas notamment du diamètre des meules rotatives.

En effet, le critère le plus pertinent pour constater cette normalisation est, dès la période laténienne, le diamètre des meules. Alors qu'au second âge du Fer le diamètre oscille autour de 38 cm, celui du Haut-Empire voit son module augmenter. La meule

de cette période se présente en effet sous la forme d'un disque d'environ 42 cm de diamètre et d'une dizaine de centimètres d'épaisseur [11].

En parallèle à ce changement de volume, l'amélioration du rendement des moulins antiques repose sur le développement du traitement des surfaces actives. L'habillage rayonné se développe en grande majorité sur les meules taillées dans le basalte de l'Eifel [12] qui se distingue par un schéma récurrent appelé habillage *simple droit* ou *composé droit* [13].

Il est donc admis que la présence de ces aménagements sur la surface active des meules rotatives constitue une amélioration technique censée optimiser le mordant de la pierre et par conséquent améliorer la finesse de la farine (fig. 1). Toutefois il convient de ne pas écarter trop rapidement certaines hypothèses comme celles de l'amélioration de l'éjection de la farine.

En somme ce moulin est idéal puisqu'il est réalisé dans un basalte de qualité, durable, efficace, d'un entretien simple et doté d'un bon rendement.



Figure 1 : surface active habillée en rayons simples droits de la meule tournante en basalte découverte sur le site Tram B de Strasbourg-rue de la mésange ; cliché : F. Schneikert-Inrap.

[9] MANGARTZ 2006, p. 25-34.

[10] PERNET 2010 ; JODRY 2016, p. 129-150 ; CADIOU 2017. Pour le XVIII^e siècle : BERKOWITZ & DUMEZ 2017, p. 41-50.

[11] JACCOTTEY *et al.* 2011, p. 291-298.

[12] JODRY 2011b, p. 401-408.

[13] LEPAREUX-COUTURIER *et al.* 2011, p. 367-382.

LES SIGNES DISTINCTIFS DES ATELIERS D'ANDERNACH

La morphologie standard des meules tournantes de l'Eifel se distingue par la présence d'un manchon courbé et de stries décoratives sur les faces supérieure et latérale ; ces signes participent à la standardisation des meules rhénanes de l'armée romaine [14] et n'ont aucune implication dans le déroulement de la mouture (fig. 2). C'est généralement par-dessus ces surfaces ornées que le propriétaire du moulin grave ou fait graver sa marque, permettant d'identifier son unité.



Figure 2 : Surface supérieure ornée de la meule tournante découverte sur le site Tram B de Strasbourg-rue de la mésange ; l'œil central en double queue d'aronde est bordé par les deux encoches d'accueil de l'anille qui sera scellée au plomb. En périphérie, nous distinguons l'extrémité de la cavité courbe (manchon) pour adapter le manche ; cliché : F. Schneikert-Inrap.

Concernant la cavité dédiée à l'emmanchement et destinée à faire tourner la meule, celle de l'Eifel est d'un type particulier (type 4 [15]). Il s'agit d'une cavité courbe, ouverte sur la partie supérieure et sur le flanc. C'est dans ce conduit qu'une broche métallique est adaptée. Elle est munie à son extrémité d'un anneau dans lequel est placé le manche vertical en bois qui

permet de tourner la meule. Ce système a été observé aussi bien sur les sites de Strasbourg [16], Haltern, Saalburg [17], Utrecht [18], qu'à Newstead en Écosse dans les confins septentrionaux de l'Empire [19].

Il est important de rappeler que ces signes distinctifs réguliers sont également visibles sur les meules domestiques extraites des structures archéologiques découvertes dans les établissements agricoles et agglomérations secondaires éloignées de la forte présence militaire du *limes* comme par exemple à Offemont/Territoire de Belfort [20], à Haegen dans le Bas-Rhin [21], à Saint-Dizier/Haute-Marne [22] ou à Bierne dans le Nord [23]. Ces meules sont de ce fait diffusées et plébiscitées par une grande majorité de la population grâce à la militarisation du *limes* et à l'accroissement généralisé des relations commerciales [24].

LE MOULIN, OUTIL VITAL DES TROUPES

Nous constatons l'importance de la présence de ces moulins dans les rangs des militaires dont l'alimentation, les *cibaria militum*, se divisent en deux groupes distincts composés du *frumentum* et des *cibaria*. Cette distinction est importante puisque le *frumentum* est constitué des céréales non moulues et les *cibaria* des vivres autres que les céréales.

La liste, bien qu'ouverte, intègre en priorité des denrées essentielles à l'équilibre alimentaire et à la variété de l'apport nutritionnel : viande, légumes, boissons, fromages [25].

Jonathan Roth [26] dans son premier chapitre *Supply needs and rations* du livre *The logistics of the Roman army at war* a largement développé le thème des besoins en nourriture de l'armée romaine. Nous sommes en mesure de préciser que la ration journalière de blé représente 850 grammes par militaire. Sa distribution est préférée *a priori* à celle de la farine ou du pain dont la fourniture est conditionnée par une longue chaîne de distribution que les périodes de conflits peuvent rendre aléatoire [27].

[14] JODRY 2016, p. 129-150.

[15] JODRY *et al.* 2011c, p. 299-317.

[16] JODRY 2011b, p. 401-408.

[17] JUNKELMANN 2006.

[18] MANGARTZ 2007, p. 246-256.

[19] CURLE 1911 ; BREEZE 2002.

[20] GASTON *et al.* 2020, p. 179-206.

[21] GOUBET *et al.* 2015.

[22] LEPAGE 1992, p. 3-82.

[23] DUVIVIER & LEMEE 2014.

[24] JODRY 2016, p. 129-150.

[25] JODRY & SCHNITZLER 2010, p. 104-106.

[26] ROTH 1999, p. 24.

[27] Malgré la distorsion chronologique, c'est en effet la lenteur des services des vivres qui est mise en cause dans la pénurie alimentaire qui a touché les soldats des troupes napoléoniennes en 1807 en Pologne (PIGEARD 2013, p. 14).

Le moulin, qu'il soit acquis par l'unité militaire ou fourni par l'armée puis déduit de la solde, représente très probablement un investissement important pour son propriétaire. L'Édit du Maximum, promulgué au tout début du IV^e siècle par l'empereur Dioclétien, fixant les prix maximaux pouvant être exigés lors d'une transaction, est un repère intéressant pour avoir une idée de la dépense importante que représente l'achat d'un tel produit. La somme est fixée à 250 deniers ; ce qui équivaut à un peu plus de 40 % de la solde annuelle d'un militaire ; ce dernier recevant au début du IV^e siècle plus de 600 deniers par an [28].

De ce fait, nous comprenons l'utilité d'une inscription gravée comme par exemple celle de Strasbourg qui est le seul exemplaire connu actuellement dans la vallée du Rhin supérieur. Elle peut être comparée avec d'autres inscriptions découvertes sur des meules en basalte de morphologie identique mises au jour en Allemagne, aux Pays-Bas et au Royaume-Uni.

Au sein de l'énorme ensemble que représentent les meules romaines en basalte de l'Eifel seules 19 pièces répertoriées jusqu'à présent se distinguent par une inscription. Ce geste de mise en valeur de la propriété désigne un acte non commercial destiné très certainement à reconnaître les meules lors de leur transport en dehors du *contubernium*, à l'image de certaines céramiques portant sur leur panse des inscriptions manuscrites indiquant le nom du *decanus* du *contubernium* [29].

D'après Collingwood et Wright [30], les inscriptions observées sur les meules indiquent le nom du militaire responsable de la centurie. Cette assertion semble s'appuyer sur la théorie de Jacobi reprise par Forrer [31] selon laquelle certaines meules, dont celle découverte à Strasbourg, appartiendraient à des centuries. Nous constatons que ces différentes lectures paraissent très péremptoires et que certaines inscriptions mériteraient un nouveau décodage puisqu'en effet, certaines pièces sont rattachées de manière explicite à un *contubernium* [32].

Ainsi la qualification militaire de l'inscription strasbourgeoise *C-VIREI* [33] a été reconsidérée suite aux travaux publiés par Constanze Höpken, Marcus

Junkelmann et Fritz Mangartz [34] : le moulin est désormais désigné comme appartenant à un *contubernium* ; ici le *contubernium* de *Vireus* [35] (fig. 3). Ce changement de statut est davantage en adéquation avec son rendement et sa place au sein de la chambrée, comme le souligne Stephan Groh et Helga Sedlmayer [36]. À l'avenir, il sera nécessaire de compléter cette étude par une analyse onomastique.



Figure 3 : inscription *C-VIREI* gravée sur le flanc de la meule tournante en basalte de l'Eifel découverte à Strasbourg-rue des serruriers ; cliché : F. Schneikert-Inrap.

LES IMPEDIMENTA

Ces meules, charriées par l'armée, sont des éléments essentiels des *impedimenta*, c'est-à-dire tout ce qui embarrasse et par conséquent retarde la marche des troupes. La répartition des moulins au sein de la légion se fait *a priori* en fonction de sa plus petite division : le *contubernium*. Les soldats de cette chambrée [37] partagent donc un moulin, tourné probablement à tour de rôle, en fonction des besoins. Celui-ci, représentant une charge totale d'environ 40 kilogrammes, est placé dans le chargement tiré par la mule de la chambrée. Nous pouvons aisément imaginer la charge totale et la logistique de transport que représente l'ensemble des meules d'un détachement, voire d'une légion !

Ces *impedimenta* concernent le train de bagage de l'armée romaine : les tentes, les bagages des officiers, les moulins, les vivres, les armes et machines de guerre, les personnes blessées, malades ou prisonnières, les marchands, les animaux, les chariots...

[28] LEPAREUX-COUTURIER & ROBIN 2017, p. 321.

[29] JUNKELMANN 2006, p. 33 ; GROH & SEDLMAYER 2019, p. 83.

[30] COLLINGWOOD & WRIGHT 1985.

[31] JACOBI 1912, p. 75-95 ; FORRER 1919, p. 988-1078.

[32] JODRY, à paraître.

[33] Ce fragment de meule a été mis au jour lors de travaux dans la rue des Serruriers. Elle est exposée dans

la salle du musée archéologique de Strasbourg dédiée à l'alimentation à la période romaine.

[34] HÖPKEN 2003, p. 727-735 ; JUNKELMANN 2006 ; MANGARTZ 2007, p. 246-256.

[35] JODRY 2011a, p. 85-91.

[36] GROH & SEDLMAYER 2019, p. 88.

[37] GROH & SEDLMAYER 2019, p. 81.

La prise en charge des meules semble fondamentale comme le précise Tite-Live dans un passage de *l'Histoire Romaine* au chapitre 45 du livre XXVIII où Scipion s'engage en Hispanie pour combattre les troupes carthagoises [38] :

Les peuples de l'Etrurie s'engagèrent les premiers à venir au secours du consul, chacun selon ses facultés ; [...] Arrétium, fournit, trente mille boucliers, autant de casques, cinquante mille tant dards que javelots et longues piques, autant de cognées, de pioches, de faux, d'auges et de meules, qu'il en faudrait pour quarante galères, cent vingt mille boisseaux de froment et les frais de route des décurions et des rameurs [...].

Ce transport est également renseigné dans *Les Vies des Hommes Illustres* de Plutarque au livre XLIX où nous lisons que les armées d'Antoine, combattant les Parthes, doivent abandonner leurs moulins pour réquisitionner les bêtes de somme destinées au transport des malades et des blessés [39] :

Cependant la famine commençait à se faire sentir dans l'armée, qui ne pouvait se procurer de blé sans combat, et qui manquait de moulins pour le moudre. On avait été obligé de les abandonner, la plupart des bêtes de somme ayant péri, et les autres étant employées à porter les malades et les blessés.

LES PREMIÈRES MOUTURES DU MOULIN EXPÉRIMENTAL

Fort des éléments techniques, le tailleur de pierre Thomas Vetter, sollicité pour l'occasion, a taillé à notre demande deux meules uniquement avec des outils manuels employés durant l'Antiquité ; outils à percussion posée avec percuteurs (chasse, burin, broche, ciseau et gradine [40]).

Aucun outil électrique n'ayant été utilisé lors des séquences de travail, nous pouvons considérer que le tailleur de pierre a globalement utilisé une journée de huit heures pour tailler une meule. Le moulin a ensuite été transféré à la forge pour la réalisation et mise en place des trois pièces métalliques en acier : axe, anille et support du manche.

Le moulin étant prêt à être éprouvé, nous avons mis en place un protocole de mouture avec un lot de 500 g de froment humidifié à 12,7 % (proportion calculée

par humidimètre par Roger Becker, maître meunier du moulin Becker de Hurtigheim). Ce lot, intégré et moulu en plusieurs passages, est traité par le moulin à raison de 50 tours/minute. L'alimentation du moulin se fait par poignée de 20 g, tous les 10 tours dans l'œil central de la meule tournante. Selon le protocole mis en place, 100 grammes de farine issus de la production sont retranchés à chaque passage, pour constituer de petits échantillons adaptés à l'analyse granulométrique en laboratoire. Ainsi, après avoir déposé 100 g de farine dans un premier sachet, nous avons repris les 400 g restants pour les moudre de nouveau. Après ce deuxième passage, un échantillon supplémentaire de 100 g a été constitué et mis dans un deuxième sachet. L'atelier s'est poursuivi jusqu'à l'épuisement du stock de céréales, en prenant soin de nettoyer la surface du moulin après chaque passage.

Nous constatons dans un premier temps que l'humidification des graines leur donne une texture élastique difficile à contrôler et à traiter ; cette souplesse fait rebondir la meule tournante qui ne frotte que très peu sur la meule inférieure (premier passage).

Aux deux passages suivants, la farine devient de plus en plus fine et blanche mais très légèrement pâteuse. Cet agglomérat ne facilite pas la rotation de la meule tournante et freine la course de celle-ci.

Après avoir interrogé François Brionnet, Chargé de mission au Moulin Pilote de l'École Nationale Supérieure de Meunerie et des Industries Céréalières, nous en avons conclu qu'avec l'humidité, l'enveloppe extérieure de la céréale résiste mieux, devient élastique et ne se « déchire » pas sous l'action des meules en pierre ; ce taux d'humidité semble plus adapté aux cylindres actuels.

LE PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Afin de mieux contrôler ce phénomène, il est indispensable de sécher le lot de céréales au préalable. Une nouvelle séance de mouture a donc été mise en place en séchant préalablement 500 autres grammes de céréales humides à 12,7 % dans une étuve. Le processus de séchage conduit par Martine Trautmann, ingénieure au Laboratoire d'analyses des sols et des formations superficielles de l'Université de Strasbourg, a permis d'obtenir, après 1 h 30 de séchage à 133 °C, un taux d'humidité abaissé à 6 %.

La phase de séchage des céréales a entraîné une diminution de la masse du lot, passant ainsi de 500 à 466,50 g ; ce qui n'a pas affecté la conduite du protocole de mouture établi en amont.

[38] TITE-LIVE, *Histoire romaine*, XXVIII, 45.

[39] PLUTARQUE, *Les Vies des Hommes Illustres*, XLIX.

[40] BESSAC 1993.

Tandis que cinq passages ont été nécessaires pour traiter 500 g de céréales humidifiées à 12,7 %, trois passages ont suffi pour mouder l'ensemble séché à 6 %.

Les échantillons de 100 g ont été répartis dans cinq éprouvettes de 20 g chacune. Afin de mesurer la granulométrie obtenue à l'issue de chaque passage, chaque éprouvette a été placée dans une chambre d'aspiration d'un appareil destiné à analyser par diffraction laser la taille des particules (granulométrie laser par voie sèche).

LA GESTION DE L'HUMIDITÉ

DANS LE CAS D'UNE HUMIDIFICATION À 12,7 %

Cette analyse permet de mettre en évidence deux paliers lors desquels chaque passage profite à chaque granulométrie. Alors que le premier passage profite pleinement à la fraction complète (supérieure à 500 µm), les deuxième et troisième passages mettent en évidence la fraction blanche, inférieure à 315 µm.

Ces deux passages constituent donc le premier palier. Le second est visible dans les échantillons 4 et 5 où la fraction blanche domine, laissant le reliquat aux fractions semi-complète et complète.

DANS LE CAS D'UNE HUMIDIFICATION À 6 %

Il résulte de cette analyse que le premier passage produit des granulométries relativement homogènes et les deux derniers montrent des données quasiment identiques : la farine blanche produite au premier passage représente 56,5 % de l'ensemble, et la fraction complète (supérieure à 500 µm) est également bien présente puisqu'elle atteint 39,5 % du total. La farine semi-complète (entre 315 et 500 µm) représente 4 %.

En définitive, le deuxième passage met franchement en valeur la fraction blanche et le troisième passage profite à la fraction semi-complète, montrant ainsi la performance de cette séquence à traiter la fraction complète pour être transformée en semi-complète.

En somme, ces deux séquences d'analyses montrent que selon le taux d'humidité la production sera soit « blanche » mais fastidieuse à mouder (cinq passages seront nécessaires), soit plus « mélangée » et facile à traiter en trois passages (**fig. 4**).

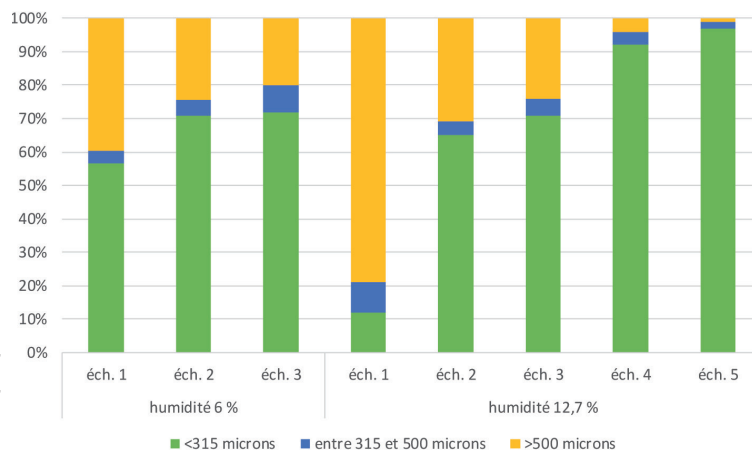


Figure 4 : histogramme empilé montrant la proportion des fractions granulométriques des échantillons de farines expérimentales.

CONCLUSION

Longtemps considéré comme une charge inutile, les moulins rotatifs manuels ont depuis plusieurs années rempli les rangs des centres archéologiques grâce aux molinologues et sont devenus un artefact essentiel des études centrées sur les implantations humaines et leurs activités alimentaires.

L'étude de chaque pièce nous donne par conséquent un instantané des orientations alimentaires et des choix artisanaux que développent les tailleurs de pierre ; et comme nous l'avons exposé, le choix d'une roche durable et accessible participe également à la qualité de la production. Grâce à ce moulin expérimental nous avons pu mettre en valeur la liaison entre les capacités mécaniques de la roche et le traitement préalable des céréales. Cependant, les arguments pétrographiques ne suffisent pas à constituer un outil irréprochable ; en effet, la céréale est aussi le gage de la qualité du produit fini, qu'elle soit transformée en bouillie ou en pâte panifiable. D'ailleurs, certains passages du livre XVIII de Pline l'Ancien sont d'un grand intérêt pour notre propos, lorsqu'ils énumèrent les différentes céréales cultivées dans l'Empire [41].

Le traitement de déshydratation préalable est-il en lien avec le développement des séchoirs dans le Nord de la Gaule ? Ce traitement thermique septentrional (la déshydratation à l'air libre est davantage utilisée en Gaule méridionale) peut en effet s'avérer efficace non seulement pour obtenir différentes granulométries mais aussi pour améliorer la conservation des grains et de la mouture. En effet, la siccité des céréales permet d'obtenir une farine sèche qui se conserve mieux [42]. Cette hypothèse prend davantage de sens dans le contexte de consommation d'une armée itinérante. ■

[41] PLINE L'ANCIEN, *Histoire naturelle*, XVIII, 19.

[42] HUITOREL 2017, p. 260 et 552.

- BERKOWITZ, Héloïse, DUMEZ, Hervé, 2016**, « Le système Gribeauval ou la question de la standardisation au XVIII^e siècle », *Annales des Mines* 125, p. 41-50.
- BESSAC, Jean-Claude, 1993**, *L'outillage traditionnel du tailleur de pierre de l'Antiquité à nos jours*, Paris.
- BREEZE, David, 2002**, *Roman forts in Britain*, London.
- CADIU, François, 2017**, *Hibera in terra miles : Les armées romaines et la conquête de l'Hispanie sous la république (218-45 av. J.-C.)*, Madrid.
- COLLINGWOOD, Robin-George & WRIGHT, Robert (dir.), 1985**, *Instrumentum domesticum (personal belongings and the like), Wooden barrels, stilus-tablets, miscellaneous objects of wood, leather objects, oculists' stamps, wallplaster, mosaics, handmills, stone tablets, stone balls, stone pebbles, small stone votives, miscellaneous objects of stone, jet figurine, clay figurines, miscellaneous clay objects, antefixes, tile-stamps of Legion II Augusta, of Legion VI Victrix, of Legion IX Hispana, of Legion XX Valeria Victrix, tile-stamps of the auxiliaries*, Tomlin.
- CURLE, James, 1911**, *A Roman frontier post and its people*, Glasgow.
- DUVIVIER, Hélène, LEMEE, Emilie (dir.), 2014**, *Bierne/Socx, ZAC II du Bierendyck et de la Croix Rouge*, Rapport d'opération d'archéologie préventive, Archéopôle.
- FORRER, Robert, 1911**, « Ein versunkener spätantiker Mühlsteintransport in Wanzenau bei Strassburg », *Anzeiger für elsässische Altertumskunde* 131, p. 137-143.
- FORRER, Robert, 1919**, « Römische Muhlen-Töpferei- und Handelsbetriebe, Metallwerk stätten und Waffenfunde in Strassburg », *Anzeiger für elsässische Altertumskunde* 37-40, p. 988-1078.
- GASTON, Christophe, MAZIMANN, Jean-Pierre, JACCOTTEY, Luc, GLUHAK, Tatjana, 2020**, « La villa d'Offemont (Territoire de Belfort), bilan et réinterprétations des fouilles anciennes », *Revue Archéologique de l'Est* 69, p. 179-206.
- GILJOHANN, Ricarda, HUNOLD, Angelika, WENZEL, Stefan, 2017**, « Rural Life and Industry between the Eifel and the Rhine », dans Michel REDDÉ (éd.), *Gallia Rustica 1. Les campagnes du nord-est de la Gaule, de la fin de l'âge du Fer à l'Antiquité tardive*, Ausonius, p. 125-152.
- GOUBET, Francis, JODRY, Florent, MEYER, Nicolas, WEISS, Nicolas (dir.), 2015**, *Au « grès » du temps, collections lapidaires celtes et gallo-romaines du musée archéologique de Saverne*, Zàwere.
- GROH, Stephan, SEDLMAYER, Helga, 2019**, « Regards sur la vie quotidienne en campement militaire : l'inventaire d'un contubernium de Favianis (Mautern an der Donau, Autriche) », dans Pascale BALLEST, Séverine LEMAÎTRE, Isabelle BERTRAND (éd.) *De la Gaule à l'Orient méditerranéen : Fonctions et statuts des mobiliers archéologiques dans leur contexte*, Poitiers, p. 81-89.
- HARMS, Eduard, MANGARTZ, Fritz (dir.), 2002**, *Vom Magma zum Mühlstein eine Zeitreise durch die lavaströme des Bellerberg-vulkans*, Mainz.
- HÖPKEN, Constanze, 2003**, « Küche und Werkstatt in Kontubernien des Flottenlagers Köln-Alterburg », *Kölner Jahrbuch* 36, p. 727-735.
- HÖRTER, Fridolin, 1994**, *Getreidereiben und Mühlstein aus der Eifel, Ein Beitrag zur Steinbruch- und Mühlengeschichte*, Mayen.
- HUITOREL, Guillaume, 2017**, *L'instrumentum fundi : l'équipement des activités domaniales des établissements ruraux du nord de la Gaule (I^{er}-IV^e ap. J.-C.)*, thèse de doctorat, Paris 10, 884 p., 2 vol.
- JACOBI, Heinrich, 1912**, « Römische Getreidemühlen », *Saalburg Jahrbuch* 3, p. 75-95.
- JACCOTTEY, Luc, JODRY, Florent, LONGEPierre, Samuel, ROBIN, Boris, 2011**, « Chronologie et diamètres des meules à bras à la fin de La Tène et à l'époque antique », dans Olivier BUCHSENSCHUTZ, Luc JACCOTTEY, Florent JODRY & Jean-Luc BLANCHARD (éd.), *Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille sur le territoire français*, Aquitania, p. 291-298.
- JODRY, Florent, SCHNITZLER, Bernadette, 2010**, « L'alimentation quotidienne du légionnaire », dans Bernadette SCHNITZLER & Gertrud KUHNLE (éd.), *Strasbourg-Argentorate. Un camp légionnaire sur le Rhin (I^{er} au IV^e s. ap. J.-C.)*, fouilles récentes en Alsace 8, p. 104-106.
- JODRY, Florent, 2011a**, « First century querns of the Roman army in the light of modern texts », dans David WILLIAMS & David PEACOCK (éd.), *Bread for the People: The Archaeology of Mills and Milling*. Archaeopress, p. 85-91.
- JODRY, Florent, 2011b**, « Grès VS Basalte. L'exploitation du grès et l'importation du basalte en Alsace durant l'Antiquité (I^{er}-III^e s.) », dans Olivier BUCHSENSCHUTZ, Luc JACCOTTEY, Florent JODRY & Jean-Luc BLANCHARD (éd.), *Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille sur le territoire français*. Aquitania, p. 401-408.

- JODRY, Florent, JACCOTTEY, Luc, ROBIN, Boris, PICAUVET, Paul, CHAUSSAT, Alain-Gilles, 2011c**, « Typologie et fonctionnement des manchons des moulins rotatifs manuels durant le deuxième âge du fer et le Haut-Empire », dans Olivier BUCHSENSCHUTZ, Luc JACCOTTEY, Florent JODRY & Jean-Luc BLANCHARD (éd.), *Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille sur le territoire français*, Aquitania, p. 299-317.
- JODRY, Florent, 2016**, « Regards croisés sur les moulins de l'armée romaine du Haut-Empire. Utilisation, rendement et standardisation », dans François BLARY (éd.), *Les cuisines : Se nourrir. Pratiques et stratégies alimentaires*, Rennes, p. 129-150.
- JODRY, Florent, 2019**, « Les outils macrolithiques : 5000 ans d'exploitation dans les Vosges », dans Jean DUMA (éd.), *Des ressources et des hommes en montagne*, Pau, p. 1-17.
- JODRY, Florent, à paraître**, « Les inscriptions gravées sur les meules militaires en basalte de l'Eifel découvertes le long du limes », dans Séverine LEMAÎTRE et Isabelle BERTRAND (éd.), *Emballages et étiquettes des marchandises dans l'Occident romain*, Poitiers.
- JUNKELMANN, Marcus, 2006**, *Panis Militaris, Die Ernährung des römischen Soldaten oder der Grundstoff der Macht*, Mainz.
- LEPAREUX-COUTURIER, Stéphanie, BOYER, François, JODRY, Florent, 2011**, « Le traitement de la surface active des meules rotatives antiques : bilan documentaire, proposition d'un vocabulaire descriptif et d'une grille d'analyse », dans Olivier BUCHSENSCHUTZ, Luc JACCOTTEY, Florent JODRY & Jean-Luc BLANCHARD (éd.), *Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille sur le territoire français*, Aquitania, p. 367-382.
- LEPAREUX-COUTURIER, Stéphanie, ROBIN, Boris, 2017**, « Evolution des meules rotatives de l'âge du Fer au Moyen Âge en France : exploitation de la base de données du PCR Meule », dans Olivier BUCHSENSCHUTZ, Stéphanie LEPAREUX-COUTURIER & Gilles FRONTEAU (éd.), *Les meules du néolithique à l'époque médiévale : technique, culture, diffusion*, Revue Archéologique de l'Est, p. 317-336.
- LEPAGE, Louis, 1992**, « L'habitat gallo-romain des Crassées à Saint-Dizier », *Mémoires de la société des lettres, des sciences, de l'agriculture et de l'industrie de Saint-Dizier* 2, p. 3-82.
- NAPOLÉON I^{er}**, *Correspondance*, Imprimerie impériale, Paris, 1868.
- PERNET, Lionel, 2010**, *Armement et auxiliaires gaulois (I^{er} et I^{er} siècles avant notre ère)*, Dremil-Lafage.
- MANGARTZ, Fritz, 2006**, « Vorgeschichtliche bis mittelalterliche Mühlsteinproduktion in der Osteifel », dans Alain BELMONT & Fritz MANGARTZ (éd.), *Les meulières. Recherche, protection et valorisation d'un patrimoine industriel européen (antiquité-xxi^e s.)*, Römisch-Germanisches Zentralmuseum, p. 25-34.
- MANGARTZ, Fritz, 2007**, « Een 'logboek' voor De Meern 1: beschrijving en determinatie van de herkomst van het natuursteen », dans Esther JANSMA et J.M. MOREL (éd.), *Een Romeinse Rijnaak, gevonden in Utrecht-De Meern; resultaten van het onderzoek naar de platbodem « De Meern 1 »*, Rijksdienst voor Archeologie, p. 246-256.
- PINGEARD, Alain, 2013**, « La nourriture du soldat », *Napoléon 1er, le magazine du Consulat et de l'Empire* 68, p. 10-17.
- PLINE L'ANCIEN**, *Histoire naturelle*, éd. Ernout, Paris (Les Belles Lettres), 2003.
- PLUTARQUE**, *Vie des hommes illustres, Vie d'Antoine*, éd. Charpentier, Paris, 1853.
- ROTH, Jonathan, 1999**, *The logistics of the Roman army at war (264 BC-AD 235)*, Length.
- TITE-LIVE**, *Histoire romaine*, éd. Firmin-Didot, Paris, 1869.
- WENZEL, Stefan, 2014**, « Vom Steinbruch zum Fernhafen. Untersuchungen zum Schwerlasttransport auf kleinen Gewässern », *Bonner Beiträge zur Vor- und Frühgeschichtlichen Archäologie* 16, p. 229-257.