



Remarques sur les fouilles de moulins à eau médiévaux en Europe

Paul Benoit

► To cite this version:

Paul Benoit. Remarques sur les fouilles de moulins à eau médiévaux en Europe. 2013. halshs-01026160

HAL Id: halshs-01026160

<https://shs.hal.science/halshs-01026160>

Preprint submitted on 20 Jul 2014

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.

Remarques sur les fouilles de moulins à eau médiévaux en Europe

Paul BENOIT*

Professeur émérite, histoire et archéologie des techniques,
université Paris 1 Panthéon-Sorbonne

Résumé

Au cours des dernières décennies, les fouilles de moulins se sont multipliées en Europe, principalement en raison du développement de l'archéologie préventive. Cependant, le nombre des fouilles et donc, leur importance pour la connaissance des moulins médiévaux, a été très inégal selon les pays. À côté de l'Irlande, de la Grande-Bretagne, du Danemark ou de la France, où les opérations se sont multipliées depuis 1950, les opérations récentes situées en Allemagne sont moins nombreuses et l'Europe de l'Est et les pays méditerranéens accusent un retard considérable. Parmi les résultats notables, deux points ont été retenus dans cet article. En premier lieu, la forte représentation des moulins industriels. En second lieu, ces fouilles ont mis au jour une large majorité de moulins du haut Moyen Âge, dont beaucoup étaient actionnés par des roues horizontales. Se dessine alors une Europe où, antérieurement au XII^e siècle, dans les pays du Nord, Angleterre, Irlande, Danemark, dominait la roue horizontale et une Europe où s'imposait la roue verticale, France et Allemagne. Cette dichotomie pose la question des origines du moulin hydraulique en Europe.

Abstract

In recent decades, excavations of mills have multiplied in Europe, mainly due to the development of preventive archeology. However, the number of excavations and therefore their importance for understanding the medieval mills, has been very uneven across countries. Apart from Ireland, Britain, Denmark or France, where operations have increased since 1950, recent operations in Germany are fewer and Eastern Europe and Mediterranean countries are lagging far behind. Two points of notable results have been used in this paper. First, the strong representation of industrial mills. Second, these excavations have unearthed a large majority of mills from early Middle Ages, many of which were operated by horizontal wheels. Then draws an Europe where, prior to the twelfth century, in the northern countries, England, Ireland, Denmark, horizontal wheel was predominant, and an Europe, France and Germany, where vertical wheel dominated. This dichotomy raises the question of the origins of the watermill in Europe.

Mots clés

Europe – Fouilles archéologiques – Roue verticale – Roue horizontale – Moulin industriel

Key words

Europe – Excavations – Vertical wheel – Horizontal wheel – Industrial mill

* Laboratoire de Médiévisique Occidentale de Paris (LAMOP), UMR 8589, Université Paris 1-Panthéon-Sorbonne/CNRS.

Introduction

Si les travaux historiques sur les moulins médiévaux sont relativement anciens, puisque Marc Bloch publia son célèbre article des *Annales* en 1935, le moulin est maintenant pris en compte dans toutes les études, aussi bien sur les villes que sur les campagnes médiévales, l'archéologie du moulin médiéval, est quant à elle demeurée longtemps en retard. Les Actes des XXI^{es} Journées internationales d'Histoire de l'Abbaye de Flaran, *Moulins et meuniers dans les campagnes européennes (IX^e-XVIII^e siècle)*, publiés en 2002, ne citent les fouilles de moulins que dans l'introduction de Georges Comet. Dans l'ouvrage publié sous la direction de Paolo Squatriti, *Working with water in medieval Europe. Technology and resource-use*, publié en 2000, la part faite aux fouilles de moulins s'avère, hormis dans la contribution de Colin Rynne consacrée à l'Irlande, bien mince : quelques exemples pour l'Angleterre et la France, rien ailleurs. La quatrième réunion du Groupe d'étude des moulins de Vysoké Mýto en République Tchèque n'a présenté qu'une seule communication concernant l'archéologie, celle de Jens Berthold, sur sa fouille d'Elfgem et la rédactrice du rapport n'a pu que regretter le retard de son pays et des pays de l'est de l'Europe en général, malgré l'intérêt porté au sujet par des chercheurs ukrainiens ; leur volonté se heurte au manque total de moyens (Maříková 2012). Cependant, des travaux récents marquent un intérêt nouveau dans le monde anglophone pour l'archéologie du moulin médiéval. Dans la synthèse d'Adam Lucas, *Wind, water, work : ancient and medieval milling technology*, l'auteur accorde une large place aux fouilles de moulins médiévaux. Il en va de même dans les communications du colloque tenu à l'université de Pennsylvanie en 2006 (Walton 2006).

Ce retard dans l'intérêt porté aux moulins médiévaux tient en grande partie au nombre limité de fouilles entreprises. Longtemps, le moulin n'a guère attiré l'intérêt des archéologues, beaucoup moins que les cimetières, les habitats ou les établissements religieux. Les conditions de fouille, le plus souvent en milieu humide, expliquent en partie cet état de fait. Il est significatif qu'avant le grand essor de l'archéologie préventive en Europe du Nord-Ouest les principales découvertes se sont situées dans le cadre d'opérations archéologiques qui portaient en priorité sur des palais princiers (Wilson 1958), des abbayes (Coppack 1993) ou des sites industriels.

Les questions qui se posent au moment où débute cette réunion sont multiples. Il convient, d'une part, de faire un point beaucoup plus précis sur les fouilles de moulins. Cet état de la recherche effectué, il conviendra de mettre en regard les données obtenues par les fouilles et celles qui proviennent d'autres sources : les sources écrites d'abord, qui fournissent des localisations et surtout une approche économique et sociale, plus rarement technique ; l'iconographie ensuite, malgré les difficultés que présente ici plus qu'ailleurs peut-être la copie de modèles stéréotypés ; l'ethnologie encore, dont l'apport est particulièrement important dans les régions ou les pays où la révolution énergétique commencée au XVIII^e siècle a tardé plus qu'ailleurs à détruire l'équipement meunier traditionnel, comme le montrent les exemples du Portugal (Olivera *et al.* 1983), de la Sicile (Bresc, Di Salvo 2001) ou de la Corse (Orsatelli) ; toutes les autres méthodes de l'archéologie enfin, qui outre les fouilles offrent tous les moyens de la prospection et de l'étude du bâti (Coppack 1993).

Dès une première approche, les fouilles de moulins apparaissent très inégalement réparties en Europe. Sans espérer établir un bilan complet de ces fouilles, il faut d'abord tenter d'en présenter un tableau sans doute limité. Des limites qui tiennent avant tout aux conditions d'accès aux résultats. En premier lieu, il est impossible de pouvoir consulter à Paris toutes les publications qui pourraient sembler indispensables. Certes, la consultation d'internet rend de grands services en procurant en ligne des notices ou des ouvrages, trop souvent tronqués. Ainsi, je n'ai pu consulter des ouvrages importants comme celui de Fischer sur les moulins danois (Fischer 2004). À cette difficulté s'ajoute celle de la langue ; la consultation de la documentation sur les pays scandinaves s'est montrée particulièrement ardue.

1.1. Grande-Bretagne

L'Angleterre tient une place particulière dans le développement des fouilles de moulins. En premier lieu pour des raisons historiques. C'est en Angleterre qu'eurent lieu les premières fouilles de moulin, c'est d'Angleterre qu'est parti un mouvement où elle tient encore de nos jours un rôle de premier plan. Par ailleurs, la place de l'Angleterre se trouve renforcée par l'importance des publications en langue anglaise sur l'histoire des moulins qui accorde une large part à l'archéologie, que ces publications soient britanniques ou proviennent de pays où n'ont jamais existé de moulins médiévaux, comme les États-Unis avec l'œuvre majeure de Reynolds, *Stronger than a hundred men* (Reynolds 1983), ou l'Australie avec le livre récent d'Adam Lucas (Lucas 2005). Enfin, l'immense marché éditorial que représente le monde anglo-saxon et un usage très dynamique des éditions électroniques donnent aux travaux anglais une remarquable visibilité. Malheureusement, toutes les publications imprimées ne sont pas forcément disponibles en France.

Dans le chapitre consacré à l'Angleterre de l'ouvrage de Paolo Squatriti, Richard Holt (Holt 2000) signalait seulement trois moulins datés de la période qui va de la chute de l'Empire romain à la conquête normande. Il attachait d'ailleurs peu d'importance aux découvertes archéologiques pour ce qui concernait les mécanismes du moulin¹. Les choses ont bien changé en une quinzaine d'années. Or, la dernière version du bulletin informatique d'*English Heritage*, datée de 2011, affirme qu'au moins neuf moulins de la période saxonne ont été fouillés (English Heritage 2011). Cependant, d'après le *Domesday book*, inventaire des biens existant en Angleterre rédigé sur ordre de Guillaume le Conquérant, au lendemain de la conquête, il existait en Angleterre près de 6000 moulins ; l'archéologie n'a donc découvert qu'une partie très minime des vestiges encore enfouis, donc de la documentation potentielle.

Parmi ces moulins de la période saxonne, le plus ancien remonte au VII^e siècle, il s'agit du moulin d'Old Windsor (Berkshire) découvert en 1953, fouillé de 1954 à 1958 par Brian Hope-Taylor (Fig. 1). Dans un premier temps, il a possédé trois roues verticales, de type vitruvien. Il était situé sur un bief d'un mile de long recoupant un méandre de la Tamise. Il disparaît probablement, détruit lors d'un raid viking, au IX^e siècle. Le palais royal édifié sur place, résidence d'Édouard le Confesseur puis des premiers rois normands, possédait lui aussi un moulin mais d'un type différent. Il s'agit d'un appareil à roue horizontale, que les Britanniques qualifient de *norse*, c'est-à-dire nordique ou normand (Wilson, Hurst 1958 ; Astill 2002).

À Tamworth (Staffshire), résidence des rois de Mercie au VIII^e siècle, dans des niveaux gorgés d'eau, les archéologues ont dégagé deux moulins du même type qui se sont succédés sur le site. Le plus récent mu par une roue horizontale de petite taille d'environ 1,2 m de diamètre actionnait des meules de près de 0,8 m. La fouille a livré des fragments d'une vingtaine de meules en lave de Rhénanie, assez pour en reconstituer une de près de 77 cm de diamètre. L'eau arrivait par un bief issu de la rivière Anker et alimentait un réservoir avant de pénétrer par une canalisation dans le moulin (Rahtz, Appleyard 1992).

Depuis ces travaux fondateurs, les fouilles de moulins datant d'avant la conquête normande se sont multipliées, le plus souvent dans le cadre d'opérations préventives. À Northfleet dans le Kent, au sud de Londres, en 2002, lors des travaux préparatoires à l'implantation de la ligne à très grande vitesse Channel Rail Link, destinée à être empruntée par l'Eurostar, les archéologues ont fouillé un moulin d'époque saxonne daté de la fin du VII^e siècle ou du début du VIII^e. La découverte est d'importance, puisque situé sur le cours inférieur de l'Ebbsfleet, le moulin est encore soumis à l'action des marées qui remplissaient son étang-réservoir. Il s'agit ici du plus ancien moulin à marée connu en Angleterre (Andrews *et al.* 2011).

¹ "Archaeological excavations of the sites of medieval mills have been relatively rare, and have little added little or nothing to our knowledge of their mechanisms or superstructures", Holt, 2000, p. 63.

Tout aussi importantes apparaissent les découvertes sur le site de Corbridge, dans le Northumberland. Les fouilles ont mis au jour sur la Tyne, à proximité d'un pont romain détruit, un imposant ensemble meunier. Trois, peut être quatre moulins en parallèle occupaient le lit de la rivière. Construits en bois sur un soubassement de pierre provenant du pont romain, ils possédaient des roues horizontales. Une goulotte en pierre retrouvée au fond de la rivière rétrécissait le passage de l'eau, accélérant sa vitesse, facteur essentiel au bon rendement d'un moulin à roue horizontale. Comme très souvent, seul l'emplacement de la roue est conservé, la chambre des meules, en bois, a disparu (Snape 2003). Découverte intéressante dans la mesure où jamais un ensemble de plus de deux moulins horizontaux n'avait été étudié, mais aussi parce qu'un tel équipement suppose une organisation sociale capable de le construire et de le faire vivre.

Sur la Trent, à Castle Donnington (Leicestershire), une fouille de sauvetage rapide sur un site d'exploitation de gravier a dégagé des bois assemblés qui correspondent aux vestiges de digue d'un moulin et du système de vannages. Ont été mises au jour des meules d'un diamètre allant d'environ 0,5 à 0,8 m, parfois inachevées, ailleurs usagées. Le moulin date de X^e siècle (Youngs *et al.* 1986).

À West Cotton (Northamptonshire), au cours de la fouille d'un village déserté au XV^e siècle, un habitat saxon est apparu. Il correspondrait à une phase de reconquête de l'ouest de l'Angleterre par les rois saxons au X^e siècle. Il comprenait des habitations et moulin dans un paléochenal de la rivière Nene. Parmi les trois biefs repérés, un seul a fait l'objet d'une fouille. Il captait l'eau de la rivière par un vannage et la conduisait à un moulin interprété comme mu par une roue horizontale. Le moulin a probablement été abandonné à la suite de l'implantation d'un manoir au XII^e siècle (Windell *et al.*, 1990).

Sur le célèbre site de Wharram Percy, village déserté au XV^e siècle, qui a fait l'objet d'une quarantaine d'années de fouilles, les archéologues ont découvert au début des années 1980 deux digues d'argile armées de bois d'époque saxonne, qui peuvent être considérées comme délimitant l'étang d'un moulin dont des vestiges érodés demeurent perceptibles (Youngs *et al.* 1983).

Les fouilles de Kempston Mill dans le Bedfordshire, suite à une opération préventive sur une zone résidentielle en 2002, ont donné des résultats encore plus incertains. Les fouilles dans la vallée de l'Ouse ont permis de retrouver l'ancienne organisation hydraulique du moulin de Kempston implanté sur une dérivation de la rivière. Même si l'abondance de la céramique fait remonter le site à l'époque saxonne et si la paroisse de Kempton comptait quatre moulins au moment où fut rédigé le *Domesday book*, il est impossible de fournir une date certaine pour l'installation du moulin et la chronologie de son fonctionnement (O'Brien, s. d.).

Les fouilles de moulins postérieurs à la conquête sont beaucoup moins nombreuses que celles des appareils anglo-saxons, mais leur apport n'en est pas moins important, voire considérable. Il faut faire une place à part aux moulins monastiques industriels, en particulier cisterciens, dont le moulin à foulon de Fountains (Coppack) et la forge hydraulique de Beaulieu (Astill) qu'il faut dater de la fin du XII^e siècle, fouilles entreprises dans le cadre d'opérations programmées à long terme.

Autre fouille d'un moulin monastique, celui de l'abbaye bénédictine d'Abbotsbury dans le Dorset. Si les fouilles ont été menées de manière remarquable dans les deux abbayes cisterciennes déjà citées, l'histoire de la recherche à Abbotsbury présente des caractères bien différents. Le locataire du domaine, Roger Ross Turner, entreprit une fouille dans les années 1980 et dégaga la fosse d'une roue hydraulique. Alan Graham reprit le dossier et continua la fouille. Il mit en évidence l'existence de plusieurs moulins qui se succédèrent. La première installation, non datée, est antérieure à la construction de l'abbaye au XI^e siècle. Les moines construisirent sur le même bief un moulin équipé de deux roues de dessus. Les fosses des roues ont été refaites au début du XV^e siècle ; il semble avoir cessé son activité vers 1700

(Graham 1986). Des monnaies romaines retrouvées au fond de la fosse, qui n'avaient pas été communiquées à Alan Graham, jointes à la qualité des travaux de la première phase de construction, ont fait envisager à Roger Rosss Turner qu'il s'agissait d'un moulin romain probablement à roue horizontale (Ross-Turner, Laurie s. d.). Quoiqu'il en soit, le moulin abbatial, très probablement, possédait des roues verticales.

Les découvertes britanniques les plus récentes proviennent de l'archéologie préventive. Lors des travaux préparatoires à l'établissement d'une pisciculture, la découverte fortuite de bois de charpente a conduit à la mise sur pied d'une fouille au lieu-dit Bradsford, à Warbleton, dans le Sussex (Bedwin 1980). Les fouilles ont mis au jour la charpente de la fosse de la roue d'un moulin et un peu plus de la moitié de cette roue. Aussi bien la forme de la fosse, qui rappelle celle de la forge hydraulique de Chingley (Crossley 1975), que celle de la roue qui portait des augets et non des pales, conduisent à affirmer l'existence d'un moulin alimenté par dessus. De dimensions modestes, cette roue possédait un diamètre de 2,6 m et des augets larges de 0,3 m. La présence de nombreux alluchons dans la fosse fait penser que l'appareil avait besoin d'un engrenage par rouet et lanterne pour entraîner des meules. L'absence de scories métalliques et de tout mobilier pouvant faire penser à un travail textile confirment l'hypothèse qu'il devait s'agir d'un moulin à blé. Les bois étudiés n'ont pas permis de datation dendrochronologique, mais la céramique découverte dans la fosse tout comme les ressemblances des structures de l'appareil et des méthodes de construction avec le moulin de Chingley font estimer que ce moulin date du XIV^e siècle.

À peu de distance de Bradsford, mais dans le comté voisin de Kent, les recherches préparatoires à la construction d'un barrage ont découvert un site de métallurgie du fer qui contenait une forge hydraulique, ou plus exactement trois structures utilisant la force hydraulique (Crossley 1975). La plus ancienne remonte au XIV^e siècle. Pour David Crossley, il s'agissait de trois forges hydrauliques, opinion maintenant contestée par O. Bedwin (Astill 1993).

À ces fouilles rurales se sont ajoutées des fouilles de moulins urbains, encore rares mais significatives du potentiel que renferment les sous-sols des villes européennes. À Exeter, une opération préventive, avant des travaux de voirie, a dégagé les vestiges d'un moulin. Sur la rive droite de l'Exe, 200 m en aval du pont de l'Exe, sur la rive droite du fleuve, un bief de 4,7 m de large fournissait l'eau à la roue. Il avait probablement son origine à un barrage à proximité du pont. Sur la rive nord-est du bief, un moulin a été construit sur la rive. Il n'en reste que deux murs, mais on peut restituer ses dimensions, 6 m sur 8,4 m. Au XV^e siècle, le bief a été comblé et le moulin transformé en forge (Gaimster *et al.* 1989).

Parmi les travaux d'aménagement de la région londonienne, si l'espoir de retrouver les vestiges du moulin du Temple lors des fouilles préventives lancées avant l'édification du vélodrome olympique a été déçu (Douglas, Kieron 2009), un moulin a été découvert lors des travaux préparatoires à la construction d'un ensemble résidentiel à Greenwich Warf (Fig. 2). La fouille effectuée par l'équipe de l'Archaeological Museum of London, a mis au jour le niveau inférieur d'un moulin de grandes dimensions, environ 10 m sur 12 m. La couverture de tourbe protectrice a permis une conservation exceptionnelle des bois dont l'abattage, daté par dendrochronologie, remonte à 1194. Le caractère exceptionnel de l'appareil se retrouve dans le diamètre de la roue de dessous, partiellement conservée, évalué à 5,20 m. Cette roue aurait compté, selon la restitution de R. J. Spain, 12 bras et plus de 60 pales (Museum of London 2009 et 2010 ; Jury 2009). Le moulin recevait l'eau de la marée remontant la Tamise, malheureusement le réservoir n'a pas été fouillé. Une telle dimension de roue, exceptionnelle en soi, l'est encore plus pour un moulin à marée. Cette réalisation doit être mise en rapport avec les besoins de la ville de Londres.

1.2. Irlande

Si l'Angleterre se place au premier rang par l'ancienneté de ses fouilles et son rôle d'initiatrice, l'Irlande tient la première place quant au nombre de sites mis au jour (O'Sullivan 2010). Le nombre impressionnant de sites hydrauliques explique sans doute pourquoi l'Irlande se distingue par le nombre et la qualité des ouvrages synthétiques produits. En 2000 paraissait un article de Colin Rynne (Rynne 2000) dans l'ouvrage dirigé par P. Squatriti, *Working with water in medieval Europe. Technology and resource-use*, ouvrage dans une collection à large diffusion, qui faisait connaître les recherches sur les moulins irlandais à la communauté scientifique internationale, au-delà du monde des spécialistes des moulins. Depuis, d'autres publications ont suivi ; la monographie de Mc Erlean et Crothers sur le moulin de Nendrum contient ainsi une large partie synthétique qui replace ce moulin très particulier dans son contexte (Fig. 3). Enfin, le rapport sur les fouilles du haut Moyen Âge en Irlande de 1930 à 2009, présenté en 2010 par Aidan O'Sullivan, Finbar McCormick, Thomas Kerr et Lorcan Harney, accorde une large place aux moulins (O'Sullivan *et al.* 2010).

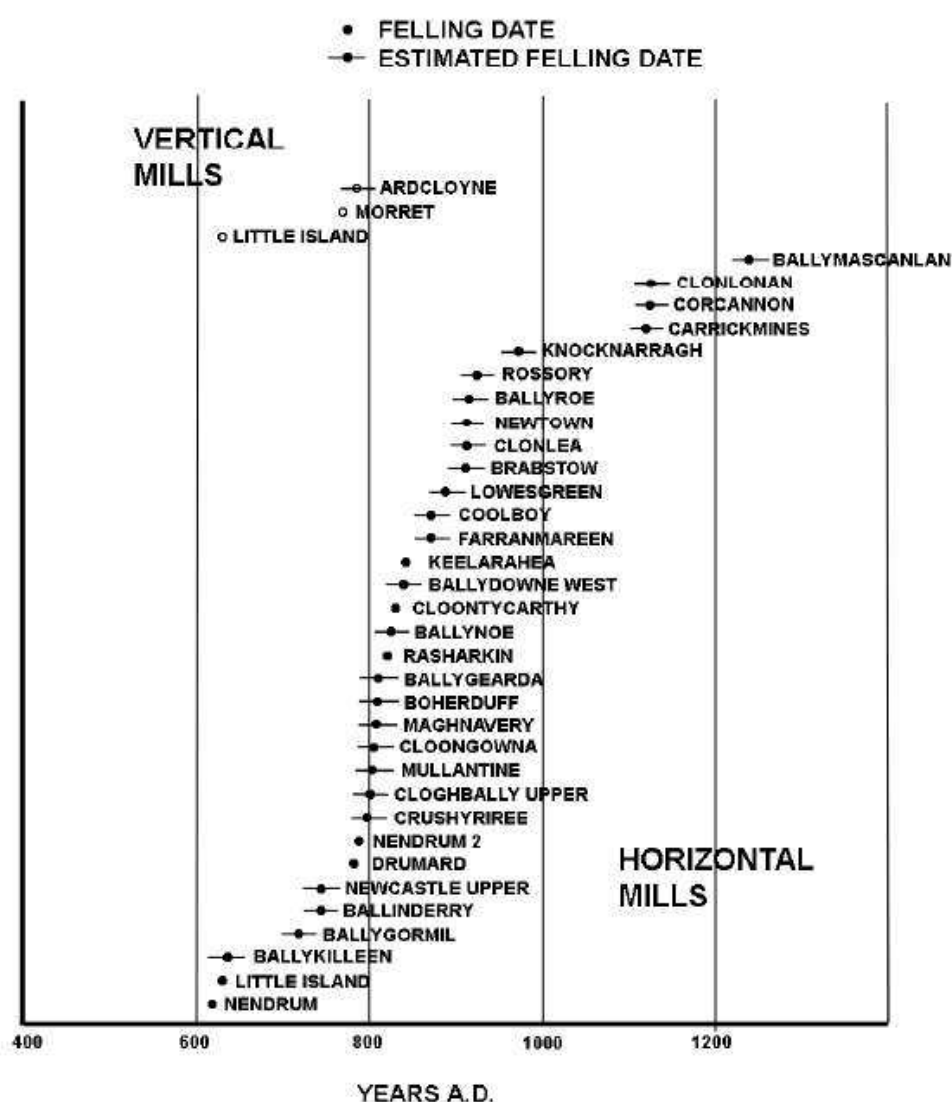


Fig. 4. Datations dendrochronologiques des moulins irlandais (McErlean, Crothers 2007)

L'exceptionnelle quantité des données irlandaises vient en grande partie d'une décision de la Commission européenne de remettre en valeur des « terres marginales », dans le cadre d'une politique de développement agricole (Rynne 2000). Ainsi s'explique la multiplication des opérations des années 1960 et 1970. De nombreux sondages ont été effectués, exhumant des bois qui ont très souvent été datés ; cependant, Colin Rynne regrette que peu de fouilles aient pu être correctement menées. Les moyens mis à la disposition des archéologues ont en particulier limité les fouilles à l'emplacement des moulins, sans qu'il soit possible de connaître la manière dont ces appareils s'approvisionnaient en eau (O'Sullivan). Il semble qu'en plusieurs cas, ces moulins à roues horizontales aient pu être approvisionnés par des sources, comme celui de Kilbegly, dans le Connacht, exhumé lors d'une opération préventive sur une bretelle d'autoroute (Jackman 2009) (Fig. 5). Les conditions de la recherche ont changé ces dernières décennies. Le récent développement du réseau autoroutier de l'Irlande a été l'occasion de nombreuses découvertes et d'études développées en particulier grâce à l'appui apporté par le National Road Authority (NRA), avec des moyens et des méthodes supérieurs à ce qui était possible dans les années 1970. Les emprises des fouilles, quoique restant limitées, se sont accrues et les archéologues ont pu, grâce au temps qui leur était imparti et les moyens qu'apportent les méthodes mises en œuvre actuellement, procéder à une approche beaucoup plus satisfaisante des sites. La rectification du tracé de la route N 2 à Raystown dans le comté de Meath, au nord de Dublin, a donné lieu à des fouilles de novembre 2003 à janvier 2005, appuyées par des prospections aériennes et géophysiques qui ont révélé l'existence d'un système complexe de canaux alimentés en eau par une source. Ces canaux alimentaient au moins cinq moulins à roue horizontale. Un moulin porte des traces de réfection de la roue. Le nombre insuffisant de cernes n'a pas permis de dendrochronologie, les datations par radiocarbone donnent des fourchettes chronologiques très hautes, AD 660-782, 663-730 et 763-895. L'importance de l'activité meunière apparaît, le responsable de la fouille parle de *serial milling*, conforté par la présence de cinq fours de séchage du grain et d'abondants restes de blé, d'avoine et d'orge. Une telle concentration manifeste une organisation sociale capable de gérer ses infrastructures (Seaver 2005, 2006).

À l'autre extrémité de l'Irlande, en Ulster, dans l'île de Mahee, à l'intérieur du Strangford Lough, baie ne communiquant avec la mer que par un passage étroit, une prospection le long du littoral à proximité de l'abbaye de Nendrum sur un site estimé être une pêcherie a mis en évidence les vestiges d'un moulin à marée (Fig. 3). Une digue barrait une anse et servait de réservoir pour alimenter le moulin. Les campagnes de fouilles menées par le *Centre for Maritime Archaeology* et l'université de l'Ulster ont révélé qu'en réalité, il ne s'agissait pas d'un moulin unique, mais que deux appareils qui se sont succédés sur le site. Le premier a été construit vers 619, le second l'a remplacé vers 789 (McErlean, Crothers 2007). Ce moulin n'est pas le seul moulin à marée retrouvé en fouille, mais il semble être le plus ancien. Dans sa publication de 2000, Colin Rynne signalait la fouille de moulins à marée à Littleisland, près de Cork (Munster), un moulin équipé de deux roues horizontales daté des environs de 630 (Rynne 2000) (Fig. 6). Peu de temps après, les archéologues de l'université de Dublin, avec l'aide de la NRA, mettaient au jour un autre moulin à marée et son système d'approvisionnement en eau à Killoteran. Deux réservoirs en bois stockaient l'eau apportée par la marée dans l'estuaire de la rivière Suir. La fosse de la roue mesure 2 m de long sur 1,5 m de large. Lors des sondages antérieurs à la fouille, deux planches ont été datées par radiocarbone, AD 410-650 et AD 340-600, en dates calibrées (Murphy 2006). Ces dates confirment l'existence très précoce de la maîtrise de l'énergie marémotrice par les Irlandais, tout comme l'existence au très haut Moyen Âge de moulins à roue verticale.

En effet, si la très grande majorité des moulins fouillés en Irlande datent du haut Moyen Âge, les fouilles mettent en évidence l'existence de moulins à roue verticale, beaucoup moins nombreux mais, selon les données actuelles, aussi anciens. Beaucoup s'accordent à penser

qu'à partir du XI^e siècle, les constructions de moulins se firent plus rares et que des moulins à roue verticale remplacèrent, comme en Angleterre, les moulins à roue horizontale. Cependant, trois appareils de ce type, retrouvés en fouille, datent du XII^e siècle, un quatrième du XIII^e. La tradition de la roue horizontale a perduré en Irlande.

Au nord des Îles Britanniques, dans les Orcades (Orkney), îles rattachées à l'Écosse, un moulin d'époque viking à roue horizontale a été fouillé. Il ne reste que la structure bâtie en pierre de la fosse de la roue. Ce moulin relève peut-être autant d'une tradition scandinave que britannique (Batey 1993).

1.3. Scandinavie

En Scandinavie, les fouilles des moulins médiévaux ont pris une importance dans le débat historique inconnue par ailleurs. Tout a commencé avec la fouille de Bølle au Danemark par Anders Jespersen qui a mis au jour un ensemble d'aménagements hydrauliques qui pouvaient correspondre à l'emplacement d'un moulin. Reynolds data ce moulin du premier siècle de notre ère (Reynolds). Pour cet auteur, il s'agissait là d'un moulin à roue horizontale comme ceux que les Îles Britanniques avaient utilisés au haut Moyen Âge. Si on adopte la chronologie de Reynolds, on se trouverait en présence du premier moulin européen construit en dehors du monde romain. Les fouilles des moulins du Jutland de Tovstrup par Lyngbygårds de 1983 à 1986 et de Vejerslev par Gjølå en 1986 qui ont mis en évidence l'existence de moulins à roue verticale dans le Jutland au XII^e siècle ont conduit Christian Fischer, conservateur du musée de Lund, à développer dans son ouvrage *Tidlige danske vandmøller : to middelalderlige vandmøller ved Tovstrup og Vejerslev* (Les premiers moulins à eau danois. Deux moulins à eau médiévaux à Tovstrup et Vejerslev), publié en 2004, l'hypothèse que les moulins à eau seraient arrivés en Scandinavie avec les moines cisterciens qui fondèrent leurs premiers monastères dans les années 1140 (Fischer 2004.) Le point de vue de Fischer rencontra bien des oppositions de la part des spécialistes de l'histoire de l'ordre cistercien en Suède. Une mise au point sur la question a fait l'objet d'une mémoire de master à l'université de Lund par Kristoffer Brink (Brink 2011), travail dirigé par Anders Ödman, professeur d'archéologie dans cette université. Pour étayer son argumentation, l'auteur établit une liste commentée des moulins connus dans le sud de la Scandinavie, Danemark et Suède méridionale. Il compte dix appareils, en se limitant aux moulins à blé, c'est-à-dire qu'il élimine le moulin à fer de Tvååker fouillé par Gert Magnusson (Magnusson 1995). Cinq ou six de ces moulins sont antérieurs à 1100 ; à une exception près tous ont possédé, selon toute vraisemblance, des roues horizontales.

Sans insister sur la conclusion de Brink, que nous partageons, selon laquelle ce ne sont pas les cisterciens qui ont introduit la roue verticale en Scandinavie, il apparaît avec certitude, même en émettant des réserves quant à la datation haute de Bølle, que le Danemark, et sans doute la Scandinavie, a connu le moulin à roue horizontale, comme l'Irlande, à une époque où le christianisme, et au-delà tout un héritage romain, n'avait pas encore pénétré le pays. C'est aussi la conclusion à laquelle arrive Annette Hoff (Hoff 2003) en fondant son approche sur des sources différentes. Ce n'est qu'à partir du XII^e siècle que le moulin vitruvien s'impose sans doute progressivement. En faisant référence à Omgård qui possédait dès le IX^e siècle une roue verticale alimentée par dessous, certains chercheurs allemands y voient une innovation due à une influence germanique (Böhme 2002).

Ainsi, il apparaît que l'archéologie confirme ici encore l'hypothèse émise en particulier par Reynolds de l'existence en Europe de deux lignées de moulins, l'une transmise par le monde romain utilisant essentiellement, mais non exclusivement, la roue verticale, ce qu'on a pu appeler le moulin vitruvien, et une lignée, particulièrement vivante dans les Îles Britanniques où elle a perduré jusqu'au XX^e siècle et parfois comme aux Shetland jusqu'au début du XXI^e

siècle, le moulin nordique, le *north mill* des Britanniques (<http://photos.shetland-museum.org.uk>).

1.4. Allemagne

En Allemagne, depuis quelques décennies les études historiques sur les moulins se sont développées, en particulier dans la région rhénane (Kranz 1993, Kreiner 1996, 30). En 1996, Ralph Kreiner se plaignait dans l'introduction de son livre sur les moulins de Rhénanie de ce que les données de l'archéologie étaient « rares et aléatoires ». En 2011, dans l'introduction d'un article sur le moulin d'Elfggen, l'archéologue Jens Berthold affirmait que trop longtemps on avait méprisé l'intérêt de la recherche archéologique sur les moulins à eau. Il notait un changement récent (Berthold 2011). Certaines de ces fouilles sont maintenant devenues des classiques, à commencer par la fouille du moulin médiéval de Dasing en Bavière occidentale sur la Paar, affluent du Danube. L'opération archéologique a été entreprise en 1993 à proximité des vestiges d'un moulin d'époque romaine, par Wolfgang Czych (Csysz 1998). L'auteur de la fouille présentant lui-même ses travaux au cours de ce colloque, il est inutile d'insister sur l'importance de la fouille, la première réalisée en Allemagne sur un site de moulin hydraulique médiéval. Nous retiendrons seulement qu'il s'agit là d'un appareil dans une structure en bois, établi dans le lit de la rivière et actionné par une roue par dessous. Sa construction remonte à 696-697 ; l'installation a connu des réparations et a disparu au milieu du IX^e siècle.

Quelques années plus tard, en 1996, deux autres moulins étaient exhumés dans le Schwarzbachtal, toujours en Bavière, près de la ville de Greding sur le site de Grosshöbing. Distants d'environ 350 m l'un de l'autre, ils fonctionnaient avec une roue alimentée par dessous. La construction du plus ancien a été datée des dernières années du VI^e siècle ; il a été réparé jusqu'au milieu du IX^e siècle, alors que le second moulin, construit vers 770 était en activité, laquelle a duré jusqu'au milieu du IX^e siècle.

C'est sensiblement à la même époque que fonctionnait le moulin du Rochbachtal en Rhénanie, à proximité de Erftstadt Lechenich. Sa fouille s'est déroulée en 2005 dans le cadre d'une opération d'archéologie préventive (Tutlies 2005). Établi sur un ruisseau aux eaux abondantes descendant de l'Eiffel, le Rotbach, sous-affluent du Rhin, sa construction remonte à 832-833. Sa durée de vie reste encore inconnue, mais il a subi des réparations à plusieurs reprises. L'appareil était d'un modèle assez comparable à celui de Dasing. La roue possédait un diamètre d'environ 2,3 m avec des pales fixées dans sa jante. Tous ces moulins du haut Moyen Âge étaient des appareils de dimensions modestes, construits en bois et fonctionnant grâce à une roue verticale alimentée par dessus.

La fouille du moulin-bateau de Gimbsheim, près de Worms (Rhénanie-Palatinat) est le résultat d'une découverte fortuite. Une pelle mécanique effectuant des travaux dans un bras abandonné du Rhin a exhumé des bois qu'Ö. Höckmann a identifié comme provenant d'un moulin-bateau qui travaillait sur le fleuve vers 760 (Höckmann 1994). Il a établi qu'il s'agissait d'un appareil formé de deux coques, comme un catamaran, la roue de moulin se trouvant au milieu. Des meules endommagées par la pelle se trouvaient aussi sur place. Lors du siège de Rome par les Goths, Bélisaire qui défendait la place avait fait construire des moulins de ce type pour permettre aux Romains d'avoir du pain, alors que les agresseurs avaient coupé les aqueducs qui alimentaient les moulins, ce que rapporte Procope, au chapitre XIX de son *Histoire secrète de Justinien* (Procope). Le moulin de Grimbsheim est le seul indice de la permanence de cette solution technique apportée à la difficulté d'utiliser l'énergie des cours d'eau à fort débit avant que les sources écrites du XII^e siècle en attestent l'usage.

Installation hydraulique plus tardive, puisque le croisement des données du radiocarbone et de la céramique conduit à proposer la seconde moitié du XI^e siècle, le moulin d'Elfggen, en Nord-Westphalie, était aussi une structure de bois réparée ou reconstruite à plusieurs reprises. De

nombreux fragments de meules en laves basaltiques, provenant probablement du massif de l'Eiffel voisin, permettent de restituer leurs dimensions, approximativement 1 m de diamètre. Le site a aussi livré une anille en fer de 24 cm de long pour 6 cm de large. Le moulin a cessé de fonctionner en raison d'un alluvionnement trop important, alluvionnement qui a permis de conserver ses vestiges (Berthold 2011).

Beaucoup plus récente que l'archéologie des moulins anglais, les recherches en Allemagne peuvent s'appuyer sur des travaux historiques très dynamiques. Les fouilles allemandes apportent beaucoup à la connaissance des moulins dans les pays rhénans et en Bavière, zones très fortement marquées par la tradition romaine et l'influence carolingienne. On ne peut que souhaiter de nouvelles fouilles à l'est et au nord de l'Allemagne, au contact d'autres traditions meunières.

1.5. Suisse

La Suisse qui a déjà beaucoup apporté à la connaissance des moulins antiques (Castella), continue à le faire puisque trois communications sur des moulins antiques fouillés en Suisse seront présentées au cours de colloque. Cependant, jusqu'à ces dernières années, aucune fouille de moulin médiéval n'avait fait l'objet d'une publication. Lors de l'étude d'un ancien lit de la Thiele, Nicole Plumettaz avait à l'occasion de la fouille d'une pêcherie, mis en évidence l'existence d'un moulin médiéval dont nous avons eu connaissance au cours de ces journées (Plumettaz 2004).

1.6. France

Une large part de ce colloque présente les fouilles réalisées en France, il ne m'appartient pas d'en faire une présentation détaillée. Il convient cependant de rappeler qu'il y a moins d'une dizaine d'années, nous avons dénombré seulement trois sites de moulins médiévaux ayant fait l'objet d'une fouille. Aujourd'hui, leur nombre a été multiplié par plus de trois. L'essentiel de ces fouilles provient d'opérations d'archéologie préventive. Il s'agit de sites et non de moulins, car à Thervay (Jura), pour ne prendre qu'un exemple, deux moulins se sont succédés sur le même site. Les installations rurales dominent, la majorité a servi à produire de la farine mais les moulins industriels tiennent une place particulièrement importante ; ces derniers atteignent une proportion très supérieure à ce qu'était la réalité médiévale. À Audun-le-Tiche, un moulin a servi au traitement de fibres textiles, lin ou chanvre. Le moulin de Bourges, comme celui de Pennedepie (Calvados) (Bernard 2012), possédaient des maillets et non des meules et battaient soit le drap soit l'écorce ; il faudrait ajouter le moulin à minerai de Pampailly (Rhône) et le moulin à fer de Fontenay (Côte-d'Or). La France compte maintenant parmi les pays qui ont obtenu des résultats majeurs dans l'archéologie du moulin.

1.7. Europe méditerranéenne

Reste l'Europe méditerranéenne où les fouilles de moulins médiévaux font cruellement défaut. En Italie, des moulins antiques ont fait l'objet de fouilles, mais non les moulins médiévaux. Le relevé et l'esquisse d'une fouille qui manque de moyens et n'a pu être entreprise, effectués à Cefalà Diana (Benoit), en Sicile, montrent un moulin à roue horizontale comme la très grande majorité des moulins de Sicile (Bresc, Di Salvio) et de Corse (Orsatelli) selon les enquêtes ethno-historiques faites dans ces îles. En revanche, aux limites du monde chrétien, Chypre présente un cas spécifique, dans la mesure où des moulins d'un type bien particulier ont fait l'objet de fouilles (Herscher 1995 et 1998). Dans la péninsule ibérique, en l'absence de fouilles, l'archéologie du moulin tient une place particulière, notamment en Catalogne où elle s'inscrit dans une archéologie du paysage fondée sur des prospections et des relevés de terrain, ce que Miquel Barcelo appelle « la arqueologia extensiva » (Barcelo 1988). Ces recherches croisées avec l'étude des textes (Bonnassie 1975) ont permis une synthèse

dont les conclusions recoupent souvent les résultats obtenus ailleurs par les fouilles (Glick, Kirchner 2000).

Au terme de ce rapide tour d'horizon, je voudrais insister sur trois points qui me semblent importants.

2.1. L'apport essentiel à la connaissance de moulins industriels.

Dans tous les pays, les moulins à blé constituent la grande majorité des sites fouillés, mais ils ne sont pas les seuls. Les fouilles de moulins industriels apparaissent rares, par moulins industriels nous entendons tous les moulins qui ont eu une activité autre que la mouture des céréales et qui s'incluent dans la chaîne opératoire de la production industrielle, au sens le plus large du terme : ainsi les moulins à foulon, les moulins à tan, les moulins à papier ou toutes les machines métallurgiques mues par une roue hydraulique.

Dans le domaine du textile, part essentielle de l'industrie médiévale, les fouilles n'ont à l'heure actuelle apporté que peu quant à l'utilisation de l'énergie créée par les roues de moulin. Pourtant, aussi bien les sources écrites que l'iconographie et l'ethnologie montrent que l'énergie hydraulique a servi à préparer les fibres végétales, lin et chanvre, à broyer la guède pour obtenir de la teinture et surtout à fouler les textiles, lin et chanvre mais surtout drap de laine. Pendant des siècles, des hommes, les foulons, ont foulé au pied le tissu dans des cuves remplies d'eau tiède additionnée de produits divers : argile, urine ou autres. Le traitement servait à nettoyer le tissu et à en resserrer les fils. Apparus, selon les textes, dans la seconde moitié du X^e siècle (Malanima 1988), les moulins à foulon se multiplient dans toute l'Europe occidentale au XII^e siècle. La diffusion du moulin à foulon, qui grâce à des comes levait alternativement des pilons de bois qui retombaient sous l'effet de leur poids, a complètement bouleversé les conditions de production (Carus-Wilson 1941). Cependant, à ce jour, les fouilles de moulin à foulon, reconnu comme tel, ne sont qu'exceptionnelles. Alors que les moulins à foulon se comptaient par centaines au Moyen Âge : rien que pour le sud du pays de Galles et le sud ouest de l'Angleterre, James C. Bond en a compté 20 pour les seuls monastères cisterciens (Bond 1994) ; la seule abbaye de Morimond (Haute-Marne) en a possédé 7 au Moyen Âge (Benoit *et al.* 2000). Or, dans toute l'Angleterre, un seul moulin à foulon a été fouillé. Il s'agit de celui de l'abbaye cistercienne de Fountains (Yorkshire) étudié par Glynn Coppack ; cependant, le cas de ce moulin est particulier. Sa fouille s'inscrit dans un programme beaucoup plus large, celui de l'étude archéologique exhaustive de la grande abbaye du Yorkshire (Coppack 1986, 1993, 1994). Malheureusement, les moines ont détruit ce foulon pour agrandir leur lainerie dès le XIII^e siècle ; c'est la fouille de ce bâtiment qui a permis de localiser le moulin, mais les données concernant le foulon demeurent très succinctes. Il en va de même pour le moulin retrouvé en France à Pennedepie dans le Calvados (Bernard 2012). Si les archives livrent de nombreuses mentions de moulins à drap ou à toile, le foulon a l'inconvénient de laisser des traces beaucoup plus difficiles à interpréter qu'un moulin à blé : pas de meules de pierre qui résistent aux siècles mais du bois qui peut être réutilisé. D'autres moulins à vocation textile ont pu utiliser des meules C'est probablement pour broyer les tiges de lin ou de chanvre avant le teillage que le moulin d'Audun-le-Tiche a été utilisé. Des fosses de rouissage à côté de l'appareil confirment un traitement de fibres végétales (Rohmer 1996). Mais le cas d'Audun-le-Tiche reste à ce jour isolé.

Si les meules encore en état de fonctionner ont pu être parfois récupérées, les meules brisées ou usées restaient souvent sur place et sont pour l'archéologue le signe de l'existence passée d'un moulin à blé. Les archives montrent que les usages d'un même moulin ont pu varier au cours du temps, le cas troyen est significatif : les sept moulins à papier établis à Troyes avant 1400 avaient tous connu un usage différent antérieurement (Rouillard 2010). Si sur la même

chute, un foulon hydraulique ou un moulin à papier a succédé pour un temps à un moulin à blé, sans une fouille très minutieuse, et chanceuse, c'est le moulin à blé qui marque le site pour des siècles. Pour les mêmes raisons, dans les limites de notre enquête, aucun moulin à tan ou à guède (pastel), aucun moulin à papier n'a été exhumé et pas plus de moulins à poudre qui commencent à être utilisés à la fin du Moyen Âge (Benoit, Berthier 1998).

En revanche, deux moulins à minerai et à scories d'époque médiévale, pourtant beaucoup moins nombreux que les moulins à tan ou à foulon, ont fait l'objet de fouilles, l'un en République Tchèque à proximité de la ville de Pisek, sur un site d'exploitation de l'or où des bois le datent de la seconde moitié du XIII^e siècle ou du début du XIV^e. De nombreuses meules témoignent de l'importance des moulins à minerai pour l'exploitation de l'or contenu dans une gangue de quartz (Kurdnáč 1988). L'autre se trouve en France, sur le site de Pampailly (commune de Brussieu, Rhône) dans les monts du Lyonnais. Un barrage sommaire dérivait l'eau par un bief d'environ 500 m de long vers le site de transformation du minerai. A la fin du XIV^e siècle, l'énergie disponible actionnait un moulin à minerai et à scories, pour récupérer les billes de métal incluses. D'épaisses meules d'un granite local et des sables provenant de la mouture attestent de la présence du moulin. Malgré l'érosion qui n'a pas permis de mesures précises, l'alimentation de l'eau par dessus, donc une roue à augets, ne fait aucun doute (Benoit 1997). Ce type d'appareil existait près de nombreuses mines, comme l'attestent les meules retrouvées et un certain nombre de textes (Benoit *et al.* 1997 ; Minvielle-Larousse, Bailly-Maître, 2011 ; Minvielle-Larousse 2011).

L'importance de l'usage de l'énergie hydraulique dans la métallurgie se précise de plus en plus grâce à des recherches en archives, en particulier en Allemagne (Stromer 1987, 1992 ; Kreft 2002) et en France (Verna 2001). Les fouilles permettent d'aller plus loin dans l'étude de l'importance de l'énergie hydraulique dans la métallurgie. À Bordesley, abbaye cistercienne fondée en 1138, les moines drainèrent un fond de vallée marécageux en aménageant des barrages qui renaient des étangs (Astill 1993) (Fig. 7 et 8). Dans cet équipement complexe, les fouilles ont mis au jour une forge hydraulique, ou encore selon les termes employés à l'époque médiévale, un moulin à fer. Il était situé en contrebas d'un étang dont il recevait l'eau par l'intermédiaire d'une conduite en bois qui se terminait par une bonde qui se fermait ou s'ouvrait à l'aide d'un levier. Il était ainsi possible de contrôler la pression et de ne gaspiller qu'un minimum d'énergie en période de sécheresse. Un trop plein conduisait le surplus d'eau vers une dérivation qui contournait le moulin. L'eau arrivant déjà sous pression, il est difficile de connaître la puissance de la roue, fonction non seulement de la hauteur de chute mais aussi de bien des facteurs (hauteur d'eau dans l'étang, frottements dans les canalisations), aussi ne faut-il pas s'étonner que G. G. Astill la situe entre 0,37 et 1,1 kW. Le bâtiment et le mécanisme étaient en bois, ce qui a permis des datations assez précises. On a pu ainsi distinguer plusieurs phases d'exploitation. Bâtie au cours du dernier quart du XII^e siècle, peu de temps après la fondation de l'abbaye, ce qui tendrait à prouver la maîtrise de l'usage de l'appareil à cette époque et confirmerait les données obtenues par les textes en Bourgogne (Verna, Benoit 1991) et en Suède ainsi que l'interprétation des vestiges de forge hydraulique à Tvååker (Magnusson 1995), l'installation a été remplacée par une seconde forge, puis par une troisième, exactement sur le même site, pour cesser toute activité au XIV^e siècle.

Avant que G. G. Astill n'entreprenne la fouille de Bordesley, David Crossley avait mis au jour les forges hydrauliques de Chingley. La plus ancienne remonte au début du XIV^e siècle, la fosse de la roue, les poutres du bâti du marteau et peut-être les structures supportant le mécanisme des soufflets (Crossley 1975). En l'absence de scories, ces conclusions sont remises en question (Bedwin 1980). À Dublin, une forge hydraulique vouée à la fabrication d'outils a également été mise au jour (Hurley 1997). Enfin, les fouilles menées dans le bâtiment de la forge de Fontenay, ont révélé malgré les destructions liées à la transformation

de l'atelier en papeterie à l'époque contemporaine, les vestiges d'un sol de forge caractéristique. Un bief partant d'un étang implanté sur le ruisseau qui arrose l'abbaye apportait l'énergie nécessaire à la forge comme au moulin à blé de l'abbaye (Benoit *et al.* 2007).

La fouille du « moulin à fer » de Bordesley tient une place importante dans l'histoire de la mécanisation de la sidérurgie. Grâce à cet appareil, la force de la roue hydraulique remplace celle de l'homme pour traiter le métal à la forge. Les origines du moulin à fer ont fait l'objet de nombreuses hypothèses, dont le parti pris n'était pas toujours absent. Ainsi, il s'avère que le moulin d'Eawy considéré autrefois comme une forge hydraulique ne l'était pas et que l'hypothèse catalane reposait plus sur une vision idéologique que sur la réalité des faits observés (Verna 2008). Ces découvertes, comme celle du moulin à foulon de Fountains s'inscrivent dans le cadre de recherches programmées.

Dès le XIII^e siècle, l'usage du moulin à fer se développe, à en croire les textes, mais les traces archéologiques médiévales restent très rares. Dans les Pyrénées où les archives permettent de connaître l'histoire des *moulines* à fer, nom donné localement dès le XIII^e siècle aux ateliers de production de fer grâce à l'énergie hydraulique (Verna 2001), une mouline est en cours de fouille à Aulus, un appareil daté du XVI^e siècle (Téreygeol, Heckes 2012).

À la fin du Moyen Âge, une nouvelle manière de produire du fer apparaît, le procédé indirect dans lequel, grâce à l'apport de l'énergie apportée par une roue hydraulique, des soufflets permettent de monter la température à l'intérieur du fourneau, désormais un haut-fourneau, qui donne de la fonte qu'il faut affiner pour avoir du fer forgeable. L'énergie qui alimente les souffleries du fourneau et de l'affinerie, ainsi que le marteau hydraulique indispensable pour épurer la loupe sortie de l'affinerie, provenait de roues hydrauliques. Les plus anciennes traces de sidérurgie indirecte proviennent des fouilles menées par Gert Magnusson à Lapphytan en Suède. Des restes de foyers d'affinage du XII^e siècle, sans soufflerie hydraulique, sont les premières traces d'utilisation du procédé indirect. Le haut-fourneau, daté par son abandon au XIV^e siècle, fonctionnait grâce à une alimentation de la roue par dessus (Magnusson 1995). S'il est certain que des roues de moulin ont équipé les fourneaux producteurs de fonte au XIV^e siècle en Westphalie occidentale, leur alimentation et leur fonctionnement restent mal connus. L'expansion de la sidérurgie indirecte au cours de la seconde moitié du XV^e siècle a laissé de nombreux vestiges en Europe, vestiges qui ont fait l'objet de fouilles en Angleterre et en France, nous n'entrerons pas dans leur étude qui nous conduirait trop loin de notre propos initial².

Hormis les moulins à blé, l'énergie hydraulique n'intervient guère dans la préparation des produits alimentaires, à l'exception très particulière du sucre. Longtemps, Chypre a été la grande pourvoyeuse de sucre de l'Europe occidentale (Ouarfelli 2008) et les moulins à sucre ont dû être particulièrement nombreux (Wartburg 2001). Trois sites exceptionnels ont retenu l'attention des archéologues. Les profits attendus expliquent l'ampleur des investissements réalisés par des hommes ou des institutions religieuses : les rois de Chypre à Kouklia, les Hospitaliers puis la famille vénitienne des Cornaro à Kolossi, les Cornaro à Episkopi. Les trois sites ont été fouillés (Herscher 1998) et pour Episkopi et Kolossi continuent de l'être ; cependant, seul les moulins à sucre de Kouklia ont fait l'objet d'une étude approfondie. Les fouilles, menées par Marie-Louise von Wartburg ont dégagé deux moulins à sucre alimentés par un aqueduc. Construits en pierre au pied de la hauteur où se trouve le sanctuaire d'Artémis et la résidence royale, ces moulins constituaient des pièces essentielles des sucreries (Wartburg, Meier 1991). Les bâtiments comprenaient une salle semi-enterrée à flanc de coteau qui contenait une roue horizontale de grandes dimensions. Une canalisation appuyée sur la pente apportait l'eau à la roue. La salle de la roue mesurait environ 6 mètres sur 7 m.

² Bibliographie récente dans Arribet-Deroin 2010.

Un moulin à sang, lui aussi de grande taille, se trouvait dans un espace situé en aval de la roue hydraulique. Selon Marie-Louise von Wartburg, qui fonde son analyse sur un dessin de Juanelo Turiano daté des environs de 1560, la roue horizontale actionnait, grâce à l'emploi d'un système bielle-manivelle, un maillet qui brisait les cannes avant qu'elle soient broyées dans un moulin à sang où une meule verticale roulait sur une meule horizontale pour extraire le jus (Wartburg 2001). Une prospection effectuée, par notre équipe mais encore non publiée, sur le site de Kolossi, où se trouve une sucrerie du même type, a mis évidence un aqueduc qui capte les eaux de sources aujourd'hui épuisées. Ces grands moulins à sucre chypriotes représentent un investissement rarement atteint dans l'équipement meunier.

2.2. Une chronologie qui privilégie le haut Moyen Âge.

Alors que très longtemps, les historiens ont pensé que l'Europe s'était équipée en moulins à partir du XI^e siècle, dans tous les pays où les fouilles de moulins se comptent en nombre suffisant pour tirer des conclusions, une première remarque s'impose : la très forte proportion de moulins du haut Moyen Âge. Si l'on considère, comme plusieurs études effectuées en France au cours des dernières décennies le prouvent, que beaucoup des moulins mis en place aux XI^e et XII^e siècles ont continué à fonctionner jusqu'au XIX^e et parfois au XX^e siècle, et, qu'après de multiples réparations et reconstructions, ils sont toujours debout, transformés en résidences secondaires, beaucoup de moulins demeurent impossibles à fouiller (Rouillard 2003). Dans le cas de moulins urbains, ils sont souvent devenus au XIX^e siècle des usines qui même si elles n'utilisent plus aujourd'hui la force hydraulique, continuent à jouer un rôle économique comme ateliers ou comme entrepôts. Cette explication simple demande certainement à être nuancée.

Richard Holt estime que la diffusion du moulin à eau en Angleterre a créé une concurrence néfaste pour les petits moulins hydrauliques (Holt 2000), en particulier les moulins à marée très sensibles aux éléments. Certains ont pensé qu'en Irlande, le manque de vestiges serait lié à une disparition de la construction de moulins due à une disette de bois de chêne, la croissance des VIII^e et IX^e siècles aurait détruit les forêts, argument que réfute Colin Rynne (Rynne 2000). En effet, cette situation ne concerne pas la seule Irlande, le fait est tout aussi vrai en Angleterre, au Danemark et en France quoiqu'à un moindre degré. Ce changement technique semble se doubler d'un changement politique et social. Le haut Moyen Âge a certes connu des moulins importants, ayant exigé de gros travaux comme à Old Windsor où un bief de plus de 1,5 km recoupe un méandre de la Tamise, mais dans la majeure partie des cas, ce sont des appareils de petites dimensions, possédant des roues qui ne permettent pas d'atteindre de grandes puissances et donc de médiocre capacité de mouture. Or, à partir du XII^e siècle, les moulins acquièrent une capacité de production supérieure, la roue verticale s'impose presque partout. Même là où la roue verticale semblait être de tradition, des changements se produisent, le cas de Thervay semble exemplaire sur cette question (Rollier 2011). Un site de meunerie sur un petit cours d'eau irrégulier a été abandonné au XII^e siècle, remplacé par un moulin plus puissant implanté sur l'Ognon par les Cisterciens de l'abbaye voisine d'Acéy. À l'action des moines se joint celle d'autres seigneurs laïcs et ecclésiastiques. Commence le temps où les puissants mettent de façon beaucoup plus systématique la main sur un appareil indispensable, mais qui peut rapporter gros. Richard Holt met en évidence l'impact de la mise en place du système manorial que la conquête anglo-normande impose ensuite à l'Irlande. Les données des fouilles rencontrent alors celles des textes. En Catalogne, Pierre Bonnassie montre le passage de petits moulins paysans à des moulins plus importants, dont les seigneurs, forts du pouvoir de ban arraché à un comte affaibli, imposent l'emploi aux manants. Dans une table ronde tenue en 1983, lors du congrès de la Société des historiens médiévistes de l'enseignement supérieur public, Pierre Racine soulignait le poids des villes et

en particulier de l'Église, évêques, chapitres et monastères, dans le nouvel équipement en moulins de l'Italie du Nord (Médiévistes 1984).

2.3. La question des origines de la roue horizontale.

Si l'ensemble des chercheurs s'accordent pour estimer que le moulin à roue verticale s'est répandu, venant du Proche Orient, au cours des deux siècles précédant l'ère chrétienne, il n'en va pas de même pour le moulin à roue horizontale. La fouille d'un moulin à roue horizontale à Bølle, au nord du Jutland, nettement hors de l'Empire romain, a créé quelque sensation, d'autant que la date proposée par les archéologues, le I^{er} siècle de notre ère, a été largement diffusée par T. Reynolds (Reynolds 1983). Elle contribuait à relancer un débat vieux de près de 20 ans. Dans les années 1960, Lynn White et Joseph Needham estimaient que le moulin à roue horizontale se serait diffusé à partir d'un « foyer inconnu » de l'intérieur vers l'extérieur (White 1962, Needham 1965). Pour Lynn White, le moulin horizontal s'est diffusé simultanément dans le monde romain et le monde musulman du même foyer inconnu. Ces propositions ont rencontré celles de Cresswell, pour qui le moulin à roue horizontale serait apparu simultanément au cours des deux siècles qui entourent la naissance du Christ en Scandinavie, au Moyen Orient et en Chine, soit à l'époque où les moulins à roue verticale se diffusaient dans le monde méditerranéen, au Moyen Orient et en Chine (Cresswell 1993, Glick et Kirchner, 2000). Il devenait alors possible de penser que les moulins à roue horizontale, que les Britanniques appellent *norse mill*, pourrait s'être développé au sein des peuples barbares et ne devraient rien aux Romains. Une telle position a rencontré des adversaires résolus, ainsi Christian Fischer en Suède (Fischer 2004) et Colin Rynne en Irlande (Rynne 2000), tenants de la filière romaine. Rynne insistait sur le fait que les moulins irlandais font preuve d'une technique très avancée, sensible à travers la forme des pales et le montage des roues, selon des comparaisons qu'il a pu établir avec des moulins du même type entre les moulins irlandais et ceux de pays méditerranéens. La faiblesse de l'argumentation vient de ce que les exemples ethnologiques ne tiennent pas compte de la géographie et de la chronologie (O'Sullivan *et al.* 2010).

Dans ce conflit de points de vue, parfois non dénués d'arrière-pensées idéologiques, quel peut être l'apport des fouilles de moulins réalisées en Europe au cours des six dernières décennies ? En premier lieu, l'archéologie confirme que pour la période qui va du VI^e au X^e siècle, en excluant toute une partie de l'Europe du centre et du sud où les fouilles font cruellement défaut, il a existé deux espaces. L'un qui comprend la Gaule, la partie sud de la Grande-Bretagne, la Germanie occidentale, toutes régions fortement romanisées où la roue verticale s'impose et d'autre part une Europe barbare, au sens premier du terme, domaine de la roue horizontale. Entre ces deux zones, pas de frontière imperméable, le cas de l'Irlande le montre, mais une différence telle qu'il est maintenant impossible de refuser de prendre en compte l'hypothèse du développement en Europe du Nord d'une technique spécifique d'utilisation de l'énergie hydraulique par des moulins à roue horizontale, construits en bois à la différence des moulins du monde méditerranéen bâtis en pierre.

Conclusion

Une constatation s'impose, les fouilles de moulins apparaissent très inégalement réparties en Europe. Les pays du nord-ouest du continent ont bénéficié de beaucoup plus d'opérations que les pays du sud, de l'est et même du centre de l'Europe. Les politiques archéologiques des différents États pèsent lourd sur le développement des savoirs en matière de moulins. Malgré la croissance remarquable du nombre de fouilles dans l'ouest et le nord de l'Europe, la quantité des résultats reste très faible par rapport au nombre des roues en activité au Moyen Âge. Il reste des milliers de sites à fouiller.

L'intérêt des fouilles de moulins n'est plus à démontrer. Pour l'époque médiévale et la première modernité, époques où la littérature technique consacrée aux moulins fait cruellement défaut, seules les découvertes archéologiques permettent de comprendre les mécanismes, les matériaux utilisés, l'usure, d'avoir une idée précise de l'énergie disponible, de saisir les moulins dans leur milieu. Sans les fouilles récentes, on penserait encore que les moulins à marée apparaissent au XII^e siècle, alors qu'à Nendrum il en existait déjà au VII^e siècle. Sans la fouille de l'abbaye cistercienne de Bordesley, on pourrait croire encore que le marteau hydraulique n'a été connu en Angleterre qu'au XV^e siècle, date du premier texte citant l'appareil. Sans l'archéologie, l'importance du moulin dans la société du haut Moyen Âge serait sous-estimée et on accorderait sans doute une place trop importante au monachisme dans l'histoire du moulin. Inutile ici de multiplier les cas.

Les progrès réalisés dans le domaine de l'archéologie du moulin sont sensibles partout en Europe, aussi bien lorsque l'on considère le nombre de moulins fouillés que l'approche de ces fouilles. Même s'il reste des interventions exécutées trop rapidement faute de moyens, que l'emprise des terrains à étudier, dictée par des considérations liées à des programmes de construction et non à une problématique archéologique, est trop souvent insuffisante, les exemples de Thervay en France et de Raystown en Irlande montrent que des opérations d'archéologie préventive peuvent apporter d'excellents résultats. Des fouilles réalisées dans le cadre d'équipements ferroviaires et autoroutiers très coûteux peuvent bénéficier de moyens qui permettent de travailler dans de bonnes conditions, étudier le moulin dans son contexte grâce à des prospections au sol ou aériennes, utiliser la géophysique avant l'opération mais aussi à côté d'elle, dater les différentes phases d'usage du moulin, étudier les essences des bois utilisés et étudier la mise en œuvre des matériaux. Enfin, il est apparu que la collaboration avec des historiens est plus que jamais indispensable.

Nous l'avons déjà dit, l'archéologie des moulins a fait d'énormes progrès au cours des dernières décennies. Cependant, pèse sur les fouilles de moulins deux menaces. La première tient à la conjoncture économique qui est celle de l'Europe en ce début de XXI^e siècle et on peut craindre que dans le cadre de restrictions des moyens accordés à l'archéologie, les diagnostics mettant en évidence la nécessité de fouiller un moulin ne soit pas suivis de prescriptions. Liée à cette menace, apparaît un autre danger, l'application brutale de la politique européenne des restaurations des cours d'eau, qui vise en particulier, pour restaurer la continuité des écoulements et faciliter la circulation des poissons, à supprimer les seuils. Sans chercher à considérer le fond de l'affaire, il convient de remarquer que ces seuils sont très souvent les seuls vestiges qui restent d'un moulin et qu'en conséquence, toute suppression devrait être accompagnée d'un diagnostic archéologique. A ma connaissance, à ce jour, cela n'a jamais été le cas.

Bibliographie

Andrews P., Mephram A., Schuster J., Stevens C. J., 2011. *Settling the Ebbsfleet Valley. High Speed 1 excavations at Springhead and Northfleet, Kent. The late Iron Age, Roman, Saxon, and medieval landscape*. Salisbury : Oxford Wessex Archaeology, 4 vol.

Arribet-Deroin D., 2010. Une industrie normande au début du procédé indirect (1450-1600) : la sidérurgie du pays de Bray et l'usine à fer de Glinet. In : Arnoux M. et Flambard-Héricher A.-M., (dir.) – *La Normandie dans l'économie européenne (XII^e-XVII^e siècle)*. Actes du Colloque de Cerisy-la-Dalle, 4-8 octobre 2006. Caen : Publications du CRAHM, p. 119-137.

Arribet-Deroin D., 2011. Beaussault/Compainville, Moulin de Glinet. In : *Bilan scientifique de la région Haute-Normandie 2007. Direction régionale des affaires culturelles Haute-Normandie, Service régional de l'archéologie*, Rouen : Point de Vues, p. 87-88.

Astill G. G., 1993. *A medieval industrial complex and its landscape : the metal working watermills and workshops of Bordesley abbey*, York : Council for British Archaeology (CBA Research Report 3), 317 p., 2 microfiches.

Astill G. G., 2002. Windsor in the context of medieval Berkshire. In : Keen L. et Scarff E., (éd.) – *Windsor. Medieval archaeology, art and architecture of the Thames Valley*. Leeds : British Archaeological Association, p. 1-14 (British Archaeological Association Conference Transaction Series ; XXV).

Bagnera A., Benoit P., Di Librerto R., Nef A., Pezzini E., 2007. Les bains de Cefalà Diana (Palerme) : la mission de septembre 2007. *MEFRM*, 119/2, p. 463-468.

Batey C. E., 1993. A Norse horizontal mill in Orkney. *Review of Scottish Culture*, 8, p. 20-28.

Bedwin O., 1980. The excavation of Batsford mill, Warbleton, East Sussex, 1978. *Medieval Archaeology*, 24, p. 187-201.

Baillie M., 1995. *A slice through time. Dendrochronology and precision dating*. London : Batsford, 176 p.

Benoit P., 1997. *La mine de Pampailly. XV^e-XVIII^e siècles (Brussieu-Rhône)*. Lyon : Ministère de la Culture, Direction régionale des Affaires culturelles, Service régional de l'Archéologie, 137 p. (DARA ; 14). 137 p.

Benoit P., 2007. Le moulin des bains de Cefalà Diana. Un moulin de type méditerranéen. *Mélanges de l'Ecole française de Rome, Activités archéologiques de l'Ecole française de Rome, Chronique*, 119-2, p. 466-468.

Benoit P., Bailly-Maître M.-C., Dubois C., 1997. Meules rotatives médiévales pour le broyage des minerais. In : Meeks D., Garcia D., (éd.) - *Techniques et économies antiques et médiévales, Colloque international (C.N.R.S.), Aix-en-Provence, 21-23 mai 1996*. Paris : Errance, p. 62-68.

Benoit P. et Berthier K., 1998. L'innovation dans l'exploitation de l'énergie hydraulique d'après le cas des monastères cisterciens de Bourgogne, Champagne et Franche-Comté. In : Beck P., (dir.) - *L'innovation technique au Moyen Âge, Actes du VI^e Congrès international d'Archéologie médiévale*. Paris : Errance, p. 58-66.

Benoit P. et Berthier K. 2002. Le système hydraulique du moulin de Pyrgos. In : *Report of the department of Antiquities, Cyprus, 2002*. Nicosia : Department of Antiquities, p. 407-411.

Benoit P., Berthier K., De Freitas A.-L., Rouzeau B., 2000. Les moulins cisterciens en Champagne : le cas des abbayes de Morimond et de Signy. In : Boucher N., (éd.) – *Signy-l'Abbaye, site cistercien enfoui, site de mémoire et Guillaume de Saint-Thierry, Actes du colloque international d'études cisterciennes, 9, 10 et 11 septembre 1998, Les Vieilles Forges (Ardenne)*. Signy : Association des Amis de l'Abbaye de Signy, p. 379-388.

Benoit P. et Rouillard J., 2000. Medieval hydraulics in France. In : Squatriti P., (éd.) - *Working with water in medieval Europe*. Leiden : Brill, p. 161-215.

Benoit P., Dillmann P., Téreygeol F., Colliou C., Aranda R., Deschamps C., 2007. Cistercien mining and ironmaking at Fontenay, Côte-d'Or, France. In : Pettersson I.-M. et Öhman U., (éd.) - *Norberg-Nora, 700 years of iron production. Papers presented at an international conference in Norberg and Nora, August 18-22, 2003*. Stockholm : Jernkontorets Berghistoriska Utskott, H 78, p. 76-82.

Bernard V., 2012. « La Perruque » (Manche) : Un moulin à eau du XI^e siècle dans son paysage. [www.canal-u.tv/... archeologique](http://www.canal-u.tv/...archeologique).

Berthier K. et Benoit P., 2003. Les moulins hydrauliques de l'Antiquité à la fin du Moyen Âge en France d'après les données archéologiques. *Zeitschrift für Archäologie des Mittelalters*, Jahrgang 31, p. 3-10.

Berthier K. et Benoit P., 2007. Corbeil-Essonnes, naissance et développement d'un site industriel sur la rivière. In : Douétil J.-M., (éd.) - *Des rivières, des hommes, une longue histoire...* Paris : AEDEH, p. 189-197.

Berthold J., 2011. Die hochmittelalterliche Wassermühle von Elfggen. In : *Wasserbau in Mittelalter und Neuzeit. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Archäologie des Mittelalters und der Neuzeit*, 21, Paderborn 2009. www.dgamn.de/.../Mitteilungen21-web-berthold.pdf, p. 199-203.

Böhme W. H., 2002. Archäologisches. a. Wasser-M.n. Allg. und Technologisches. In : Hoops J. et Beck H., (dir.) - *Reallexikon der Germanischen Altertumskunde*, vol. 20, p. 288.

Bond J. C., 1994. Cistercian mills in England and Wales : a preliminary survey. In : Pressouyre L., (éd.) - *L'Espace cistercien*. Paris : CTHS, p. 364-377.

Bonnassie P., 1975. *La Catalogne du milieu du X^e à la fin du XI^e siècle. Croissance et mutations d'une société*. Toulouse : Association des publications de l'université de Toulouse-Le Mirail, 2 vol.

Brady N., 2006. Mills in medieval Ireland : looking beyond design. In : Walton S., (éd.) - *Wind and water, The medieval mill*. Tempe : Arizona State University Press, p. 39-68.

Bresc H. et Di Salvo P., 2001. *Mulini di acqua in Sicilia. Mulini, paratori, le cartiere e altre applicazioni*, Palermo : L'Epos, 121 p.

Brink K., 2011. *Initiativtagarna till teknikspridning under tidig medeltid, med utgångspunkt i Sydsandinavien och vattenmöllor*, mémoire de master. Lunds Universitet : Institutionen för Arkeologi och Antikens Historia, 56 p.

Carus-Wilson E., 1941. An industrial revolution in the thirteenth century. *Economic historical review*, t. 11, p. 39-60.

Clay P. et Salisbury C. R., 1991. A Norman mill dam and other sites at Hemington Fileds, Castle Donington, Leicestershire. *The Archaeological Journal of the Royal Archaeological Institute*, 147, p. 276-307.

Coppack G., 1986. The excavation of an outer court building, perhaps the woolhouse, at Fountains abbey, North Yorkshire. *Medieval archaeology*, 30, p. 46-87.

Coppack G., 1993. *English Heritage. Book of Fountains abbey*. London : Batsford-English Heritage, 127 p.

Coppack G., 1994. The outer courts of Fountains and Rievaulx Abbeys: the interface between estate and monastery. In : Pressouyre L., (éd.) - *L'espace cistercien*. Paris : CTHS, p. 415-425.

Creswell R., 1993. Old mills and waterwheels ; the hidden parameters of technological choice. In : Lemonier P., (éd.) - *Technological choices : transformation in material culture since the Neolithic*. London-New York : Routledge, p. 181-213.

Crossley D., 1975. *The Bewl valley ironworks*. London : The Royal Archaeological Institute, 98 p.

Crossley D., 1990. *Post-Medieval archaeology in Britain*. London, New-York, Leicester University Press, 328 p., en particulier p. 137-52.

Czysz W., 1994. Eine bajuwarische Wassermühle im Paartal bei Dasing. *Das archäologische Jahr in Bayern 1993*, p. 124-128.

Czysz W., 1998. *Die ältesten Wassermühlen. Archäologische Entdeckungen im Paartal bei Dasing*. Thierhaupten : Klostermühlenmuseum, 55 p.

Douglas A. et Kieron T., 2009. *Planing delivery zone 6 Trench PDZ.6.01*. London : Museum of London Archaeology, 207 p.

English Heritage, 2011. *Introductions to heritage assets. Mills*. www.english-heritage.org.uk/.../iha-mills/mills.pdf.

Fischer C., 2004. *Tidlige danske vandmøller : to middelalderlige vandmøller ved Tovstrup og Vejerslev*. Højbjerg : Jysk Arkæologisk Selskab, 119 p.

Gaimster D., Margeson S., Berry T., 1989. Medieval Britain and Ireland in 1988. *Medieval Archaeology*, p. 161-241.

Glick T. et Kirchner H., 2000. Hydraulic systems and technologies of Islamic Spain. History and archaeology. In : Squatriti P., (éd.) - *Working with water in medieval Europe*. Leiden : Brill, p. 267-329.

Götlind A., 1990. *The messengers of medieval technology ? : Cistercians and technology in medieval Scandinavia*. Alingsås : Viktoria bokvörlag, 44 p.

Götlind A., 1993. *Technology and religion in medieval Sweden*. Falun : Historiska institutionen i Göteborg, 262 p.

Graham A. H., 1986. The Old Malthouse, Abbotsbury, Dorset. The medieval watermill of the benedictine abbey. In : *Proceedings of the Dorset Natural History and Archaeological Society*, 108, p. 103-123.

Herscher E., 1995. Archaeology in Cyprus. *American Journal of Archaeology*, 99-2, p. 257-294.

Herscher E., 1998. Archaeology in Cyprus. *American Journal of Archaeology*, 102-2, p. 309-354.

Hoff A., 2003. The farm building on basis of the Northwest-European lawbooks- ca. 900-1200. *Pamatky archeologické*, suppl. XV, Ruralia IV, <http://www.ruralia.cz/45-48.pdf>, p. 45-48.

Höckmann O., 1994. Eine Schiffs-Mühle aus den Jahren um 760 n. Chr. in Grimbsheim. *Mainzer Arch. Zeitschr.*, 1, p. 191-209.

Holt R., 1988. *The mills of medieval England*. Oxford : B. Blackwell, 202 p.

Holt R., 2000. Medieval England's water-related technologies. In : Squatriti P., (éd.) - *Working with water in medieval Europe*. Leiden : Brill, p. 51-100.

Hurley M. F., 1997. *Excavations at the North Gate, Cork, 1994*. Cork : Cork Corporation Bardas Clorcat, 174 p.

Jackman N., 2007. Kilbegly mill. Work in progress. *Seanda*, 2, p. 34-35.

Jackman N., 2009. Early medieval food-processing technology at Kilbegly, Co. Roscommon : the miller's tale. In : Stanley M. et al., (éd.) - *Dining and dwelling. Proceedings of a public seminar on archaeological discoveries on National Road Schemes, n° 6, August 2008*. Bray : Wordwell, p. 9-18.

Jackman N. et O'Keeffe T., 2012. Conclusions. In : O'Keeffe T., (éd.) - *The mill at Kilbegly. Archaeological excavations on the N6 Ballinasloe to Athlone road scheme*. Dublin : NRA.

Jespersen A., (éd.), 1971. *Transactions of the 2nd International symposium on molinology, [Brede] Danmark, May [9-24] 1969*. Lyngby : Danske møllers venner, 588 p.

Jury L., 2009. Uncovered: Archaeologists unearth remnants of a giant medieval watermill. *Daily Mail*, 16 février.

Knau H.-L., Horstmann F., Sönneken M., 1998. La production de fonte dans la haute vallée de la Volme : contribution à l'histoire de la sidérurgie en Westphalie occidentale. In : Beck P., (dir.) - *L'innovation technique au Moyen Âge, Actes du VI^e Congrès international d'Archéologie médiévale*. Paris : Errance, p. 152-159.

Kranz H., 1991-1993. *Die Kölner Rheinmühlen*. Aachen : Aachener Studien zur älteren Energiegeschichte, 2 vol.

Kreft T., 2002. *Eisengewerbe im Herzogtum Berg und in der südlichen Grafschaft Mark*. Aachen : Shaker Verlag, 486 p.

Kreiner R., 1996. *Städte und Mühlen im Rheinland : das Erftgebiet zwischen Münstereifel und Neuss vom 9. bis ins 18. Jahrhundert*. Aachen : Alano, 491 p.

Kurdnáč J., 1988. Recherches archéologiques sur la production d'or en Bohême. In : *Les techniques minières de l'Antiquité au XVIII^e siècle, Colloque international tenu dans le cadre du 113^e Congrès national des Sociétés savantes, Strasbourg, 1988*. Paris : CTHS, p. 133-148.

Lucas A., 2005. Industrial milling in the ancient and medieval worlds. A survey of the evidence for an industrial revolution in medieval Europe. *Technology and culture*, vol. 46, p. 794-824.

Lucas A., 2006. *Wind, water, work. Ancient and medieval milling technology*. Leiden : Brill, 440 p.

Malanima P., 1988. *I piedi di legno. Una macchina alle origini dell'industria medievale*. Milano : F. Angeli, 149 p.

McErlean T. et Crothers N., 2007. *Harnessing the tides. The early medieval tide mills at Nendrum monastery, Strangford Lough*. Belfast : The Stationery Service-Environment and Heritage Service, 468 p. (Northern Ireland Archaeological Monographs ; 7).

Magnusson G., 1985. Lapphytan. An exemple of medieval iron production. In : *Medieval iron in society, Norberg symposium*, Stockholm : Jernkontorets Berghistorica Utskott, p. 21-60.

Magnusson G., 1995. Le moulin à fer de Tvååker. In : Tomàs i Morera E., (éd.) - *La farga catalana en el marc de l'arqueologia siderurgica*, Andorra : Ministeri d'Afers Socials i Cultura, p. 407-411.

Maříková M., 2012. Wassermühlen IV. Vysoké Mýto/Hohenmauth (Tschechische Republik). Regionalmuseum Hohenmauth. Geisteswissenschaftliches Zentrum Geschichte und Kultur Ostmitteleuropas. Projektgruppe Usus aquarum, 10.10.2011-12.10.2011. *H-Net Reviews in the Humanities and Social Sciences*. <http://www.h-net.org/reviews/showrev.php?id=35369>.

Médiévistes 1984. *Actes des congrès de la Société des historiens médiévistes de l'enseignement supérieur public. 14^e congrès, Poitiers, 1983. L'Église et le siècle de l'an mil au début du XII^e siècle*, Poitiers : Université de Poitiers. Centre d'études de la civilisation médiévale, 204 p.

Minvielle-Larousse N. et Bailly-Maître M.-C., 2011. Ore grinding in the middle ages : the example of Brandes-en-Oisans (France, Isère). In : Williams D. et Peacock D., (éd.) - *Bread for the people. The archaeology of mills and milling*, p. 217-230 (BAR ; S2274).

Minvielle-Larousse N. et Bailly-Maître M.-C., 2011. Eléments de méthodologie pour l'étude des meules et moulins à minerai médiévaux. In : Buschenschutz O., Jaccotey L., Jodry F., Blanchard J.-L., (dir.) - *Table ronde du PCR Evolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille sur le territoire français, coord. O. Buschenschutz, UMR 8546*,

AOROC, *St-Julien-sur-Garonne*, 2009, III^{es} *Rencontres archéologiques de l'Archéosite gaulois*. Bordeaux : Aquitania, suppl. 23, p. 469-479.

Murphy D., 2005. *Excavations of a mill at Killoteran, Co. Waterford as part of the N-25 Waterford By-Pass Project*. Dublin : University College Dublin-National Roads Authority (coll. Estuarine-Alluvial Archaeology in Ireland. Towards Best Practice).

Murphy D. et Rathbone S., 2006. Excavation of an early vertical watermill at Killoteran, County Waterford. In : O'Sullivan J. et Stanley M., (éd.) – *Settlement, industry and ritual. Proceedings of a public seminar on archaeological discoveries on national road schemes, September 2005*. Dublin : National Roads Authority, p. 19-28 (Archaeology and the National Roads Authority monograph series ; 3).

Museum of London, 2009. Museum of London uncover rare medieval waterwheel. <http://www.museumoflondonarchaeology.org.uk/NewsProjects/Archive/News09/greenwichmill.htm>.

Museum of London, 2010. Greenwich tide mill provisional waterwheel reconstruction drawing. <http://www.museumoflondonarchaeology.org.uk/NewsProjects/Archive/News10/greenwichwheeldrawing.htm>.

Needham J., 1965. *Science and civilisation in China*, vol. 4.2. *Mechanical engineering*. Cambridge, Cambridge University Press, 2000, première édition 1965, 816 p. en particulier p. 366-368.

O'Brien L., 2006. *Excavations at Kempston mill, Mill Lane, Kempston, Bedfordshire*. Hertford : Archaeological Solutions Ltd, AS Report n° 1220, 11 p.

Oliveira E. Veiga de, Galhano F., Pereira B., 1983. *Sistemas de moagem. Tecnologia tradicional portuguesa*. Lisboa : Edição do Instituto Nacional de Investigação Científica, 1983, 520 p.

Orsatelli J., 1995. *Les Moulins à vent et à eau*. Marseille : Lafitte, 1^e éd. 1979, 196 p.

Ouerfelli M., 2008. *Le sucre. Production, commercialisation et usages dans la Méditerranée médiévale*. Leiden-Boston : Brill, 807 p.

O'Sullivan A. et Mc Cormick F., 2010. *The Early Medieval Archaeology Project (EMAP). Project report 2008-2010*. Dublin : The Heritage Council, 90 p.

O'Sullivan A., McCormick F., Kerr T., Harney L., 2010. *Early medieval Ireland. Archaeological excavations, 1930-2009. Early Medieval Archaeology Project (EMAP). Report 4.5*. Dublin : The Heritage Council, 248 p.

Plumettaz N., 2004. Une pêcherie du XII^e siècle à Marin-Pré de la Mottaz (Neuchâtel, Suisse). In : Benoit P., Loridant F., Matteoni O., (éd.) - *Pêche et pisciculture en eau douce : la rivière et l'étang au Moyen Âge, Actes des 1^{res} Rencontres internationales de Liessies*, 27, 28 et 29 avril 1998. Lille : Conseil Général du Nord, 2004.

Procopé de Césarée, 1856. *Anecdota ou Histoire secrète de Justinien*. Bilingue grec-français, Isambert F.-A., (éd.). Paris : Firmin-Didot frères, 1856, 967 p. Nouvelle traduction en ligne, <http://remacle.org/bloodwolf/historiens/procope/index.htm>.

Rahtz, P. A., Appleyard H., 1992. *An Anglo-Saxon watermill at Tamworth : excavations in the Bolebridge Street area of Tamworth, Staffordshire, in 1971 and 1978*. York : Council for British Archaeology (CBA Research Report 83), 167 p.

Reynolds T. S., 1983. *Stronger than a hundred men : a history of the vertical wheel*. Baltimore : Johns Hopkins University Press, 453 p.

Rohmer P., 1996. Le moulin carolingien d'Audun-le-Tiche. *L'Archéologue, Archéologie Nouvelle*, 22, p. 6-8.

Rollier G., (dir.), 2011. *Moulins hydrauliques médiévaux découverts à Thervay (Jura)*. Besançon : DRAC Franche-Comté, Service régional de l'Archéologie, 28 p. (Archéologie en Franche-Comté ; 3).

Ross-Turner R., Laurie P., s. d. The Abbotsbury roman mill.
http://alsystems.algroup.co.uk/results/mill/Roman_Water_Mill.htm.

Rouillard J., 2003. *L'homme et la rivière : histoire du bassin de la Vanne au Moyen Âge (XII^e-XVI^e siècle)*, doctorat d'histoire. Paris : Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, 5 vol., 1199 p.

Rouillard J., 2010. Le début de la papeterie à Troyes au XIV^e siècle. In : Zerdoun Bat-Yehouda M. et Bourlet C., (éd.) - *Matériaux du livre médiéval, Actes du colloque du Groupement de recherche (GDR) 2836 « Matériaux du livre médiéval », Paris, CNRS, 7-8 novembre 2007*. Turnhout : Brepols, p. 131-164.

Rynne C., 1998. The craft of the millwright in early medieval Munster. In : Monk M. A. et Sheehan J., (éd.) - *Early medieval Munster. Archaeology, history and society*. Cork : Cork University Press, p. 87-101.

Rynne C., 2000. Waterpower in medieval Ireland. In : Squatriti P., (éd.) - *Working with water in medieval Europe*. Leiden : Brill, p. 1-50.

Rynne C., 2007. Recent archaeological research on early medieval water-mills in Ireland. *International Molinology*, 74, p. 32-34.

Sicard G., 1958. *Aux origines des sociétés anonymes. Les moulins de Toulouse au Moyen Âge*. Paris : A. Colin, 404 p.

Snape M. E. et Passmore D. G., 2003. A horizontal-wheeled watermill of the anglo-saxon period at Corbridge, Northumberland, and its river environment. *Archaeologia Aeliana*, 32, p. 37-72.

Squatriti P., 1997. « Advent and conquest » of the water mill in Italy. In : Smith E. et Wolfe M., (éd.) - *Technology and resource use in medieval Europe : cathedrals, mills and mines*. Aldershot : Ashgate, p.125-138.

Squatriti P., 2000. *Working with water in medieval Europe. Technology and resource-use*. Leiden : Brill, 446 p.

Stromer W. von, 1987. Die Grosse Hammereinung von Januar 1387. Kartell und Innovationen als Antwort auf eine Krise. In : *Die Oberpfalz, ein europäisches Eisenzentrum : 600 Jahre Grosse Hammereinung*. Schriftenreihe des Bergbau und Industrie Museums Ostbayern, 12/1, p. 147-189.

Stromer W. von, 1992. Cartels, consortiums et innovations dans l'exploitation du fer en Europe Centrale à la fin du Moyen Âge. In : Benoit P. et Cailleaux D., (éd.) - *Hommes et travail du métal dans les villes médiévales*. Paris : A.E.D.E.H., p. 167-186.

Seaver M., 2005. Run of the mill ? Excavation of an early medieval site at Raystown, Co. Meath. *Archaeology Ireland Winter 2005*.
<http://www.nra.ie/Archaeology/ArchaeologyIrelandArticles/ArchaeologyIrelandArticles-PDFformat/file,3457,en.pdf>.

Seaver, M. 2006. Through the mill-excavation of an early medieval settlement at Raystown. In : O'Sullivan J. et Stanley M., (éd.) – *Settlement, industry and ritual. Proceedings of a public seminar on archaeological discoveries on national road schemes, September 2005*. Dublin : National Roads Authority, p. 73-88 (Archaeology and the National Roads Authority monograph series ; 3).

Téreygeol F. et Heckes J., 2012. (XVI^e s., França). In : *Boscós de ferro, Actes de les primeres jornades de recerca i desenvolupament de la vall ferrera*, Alins : s. n., p. 51-63.

Tutlies P., 2006. Eine karolingische Wassermühle in Rotbachtal. In : *Archäologie im Rheinland. 2005*. Stuttgart : K. Theiss, p. 106-108.

Verna C., 2001. *Le temps des moulins. Fer, technique et société dans les Pyrénées centrales (XIII^e-XVI^e siècles)*. Paris : Presses de la Sorbonne, 425 p.

Verna C., 2005. Forge catalane : la question des origines. In : Zimmermann M., (éd.) - *Le Moyen Âge dans les Pyrénées catalanes. Art, culture et société*. Canet : Le Traboucaire, p. 125-142.

Verna C. et Benoit P., 1991. La sidérurgie de Clairvaux au Moyen Âge. In : *Histoire de Clairvaux. Actes du colloque de Bar-sur-Aube et Clairvaux, 22 et 23 juin 1990*. Bar-sur-Aube : Association Renaissance de l'Abbaye de Clairvaux, p. 85-111.

Walton S. A., (éd.), 2006. *Wind and water in the Middle Ages. Fluid technologies from Antiquity to the Renaissance*. Tempe, Arizona : Arizona Center for Medieval and Renaissance Studies, XXVII-300 p.

Wartburg M.-L. von, 1983. The medieval cane sugar industry in Cyprus. Results of recent excavation. *The Antiquities Journal*, vol. 63, II, p. 298-314.

Wartburg M.-L. von, 2001. Archaeology of cane sugar production. A survey of twenty years

of research in Cyprus. *The Antiquities Journal*, vol. 81, p. 305-335.

Wartburg M.-L. von et Maier F. G., 1991. Excavations at Kouklia (Palaepaphos). 16th preliminary report, seasons 1989 and 1990. In : *Report of the Department of Antiquities*. Nicosia : Department of Antiquities, p. 255-262.

Watts M., 2002. *The archaeology of mills and milling*. Stroud : Tempus Pub, 160 p.

Watts M., 2006. *Water mills*. Princes Risborough : Shire Publications, 56 p.

Webster L. E. et Cherry J., 1972. Medieval Britain in 1971. *Journal of medieval studies*, p. 147-213.

White L., 1962. *Medieval technology and social change*. Oxford : Clarendon Press, 194 p.

Wilson D. et Hurst J. G., 1958. Medieval Britain in 1957. *Medieval Archaeology*, 2, p. 183-213.

Wilson D. M., 1958. Berkshire : Old Windsor. In : Wilson D. M. et Hurst J. G., (éd.) - *Medieval Britain in 1957*. *Medieval Archaeology*, 2, p. 183-185.

Windell D., Chapman A., Woodiwiss J., 1990. Barrows to Bypass. Excavations at West Cotton, Raunds, Northamptonshire 1985-1989. *Northamptonshire. England, Archaeology Unit*, 42 p.

Chapman A., 2010. *West Cotton, Raulds. A study of medieval settlement dynamics, AD 450-1450. Excavation of a deserted medieval hamlet in Northhamptonshire, 1985-1989*. Oxford : Oxbow, XVIII-254 p.

Youngs S. M, Clark J., Barry T., 1983. Medieval Britain and Ireland in 1982. *Medieval Archaeology*, p. 160-229.

Youngs S. M, Clark J., Barry T., 1986. Medieval Britain and Ireland in 1985. *Medieval Archaeology*, p. 114-198.



Figure 1. Old Windsor. Fouille du moulin,
vue prise au cours des campagnes des années 1953-1958 (photographie Brian Hope Taylor).

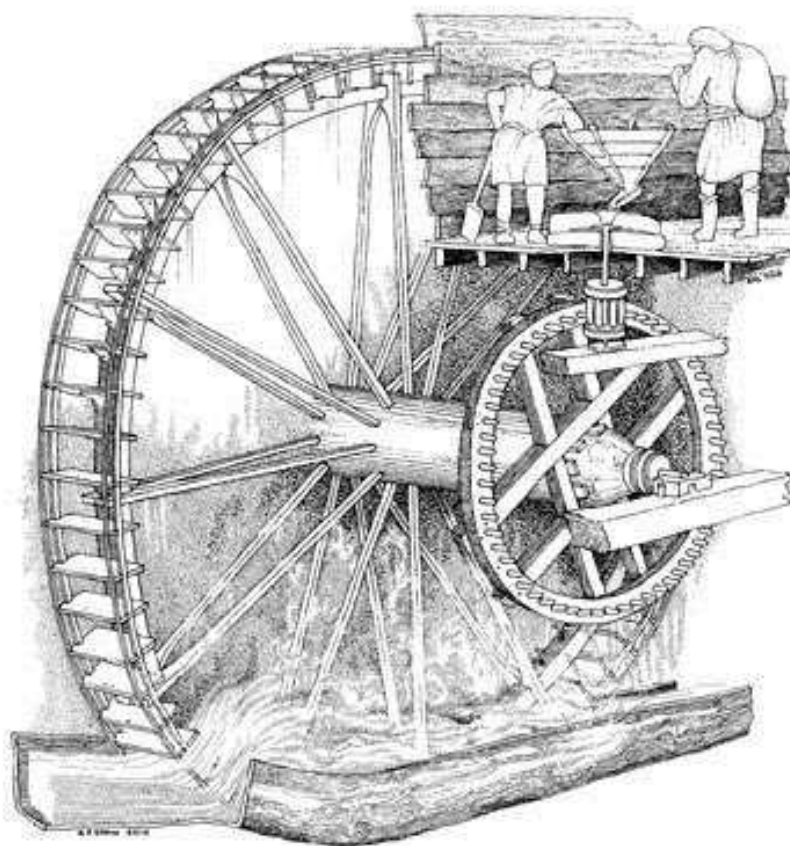


Figure 2. Reconstitution du moulin de Greenwich par Robert Spain
(<http://www.museumoflondonarchaeology.org.uk/NewsProjects/Archive/News10/greenwichwheeldrawing.htm>).



Figure 3. Fosse de la roue horizontale du moulin à marée de Nendrum (Comté de Down, Irlande du Nord). Une meule est tombée au fond de la fosse (Machine-History.com ; <http://www.nendrum.utvinternet.com/tmill>).



Figure 5. Moulin de Kilbegly, (comté de Roscommon, République d'Irlande).
Vestiges du niveau inférieur du puits de la roue ; pale de la roue horizontale
(<http://www.nra.ie/Archaeology/Seanda-NRAArchaeologyMagazine/>).

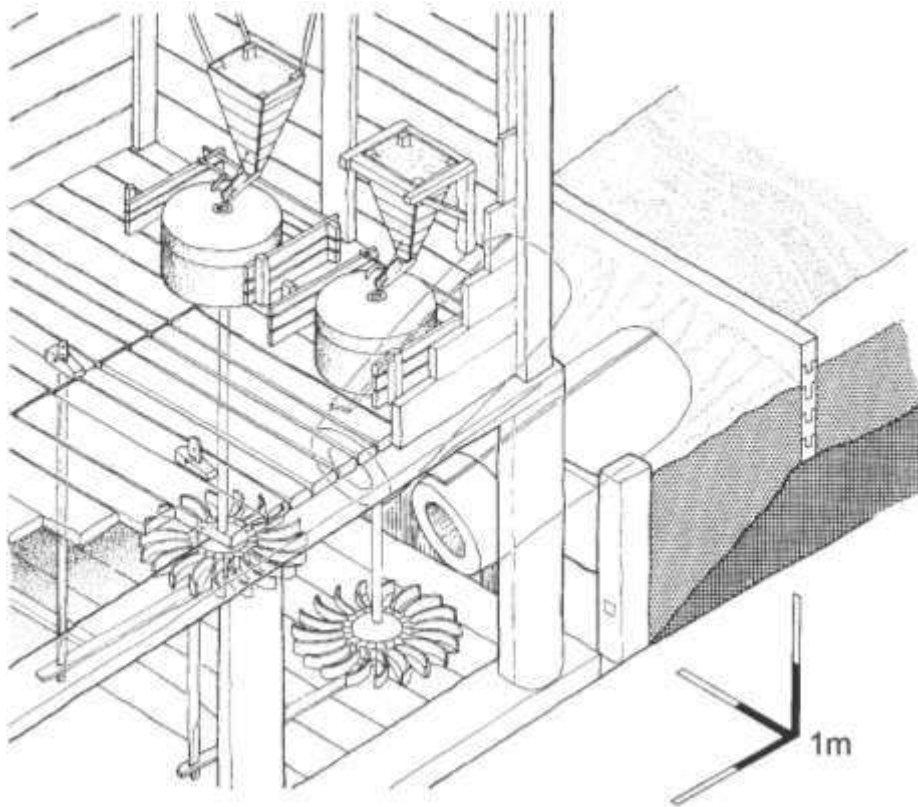


Figure 6. Reconstitution du moulin double de Littleisland (comté de Cork, République d'Irlande) (Rynne 2000, p. 10.).

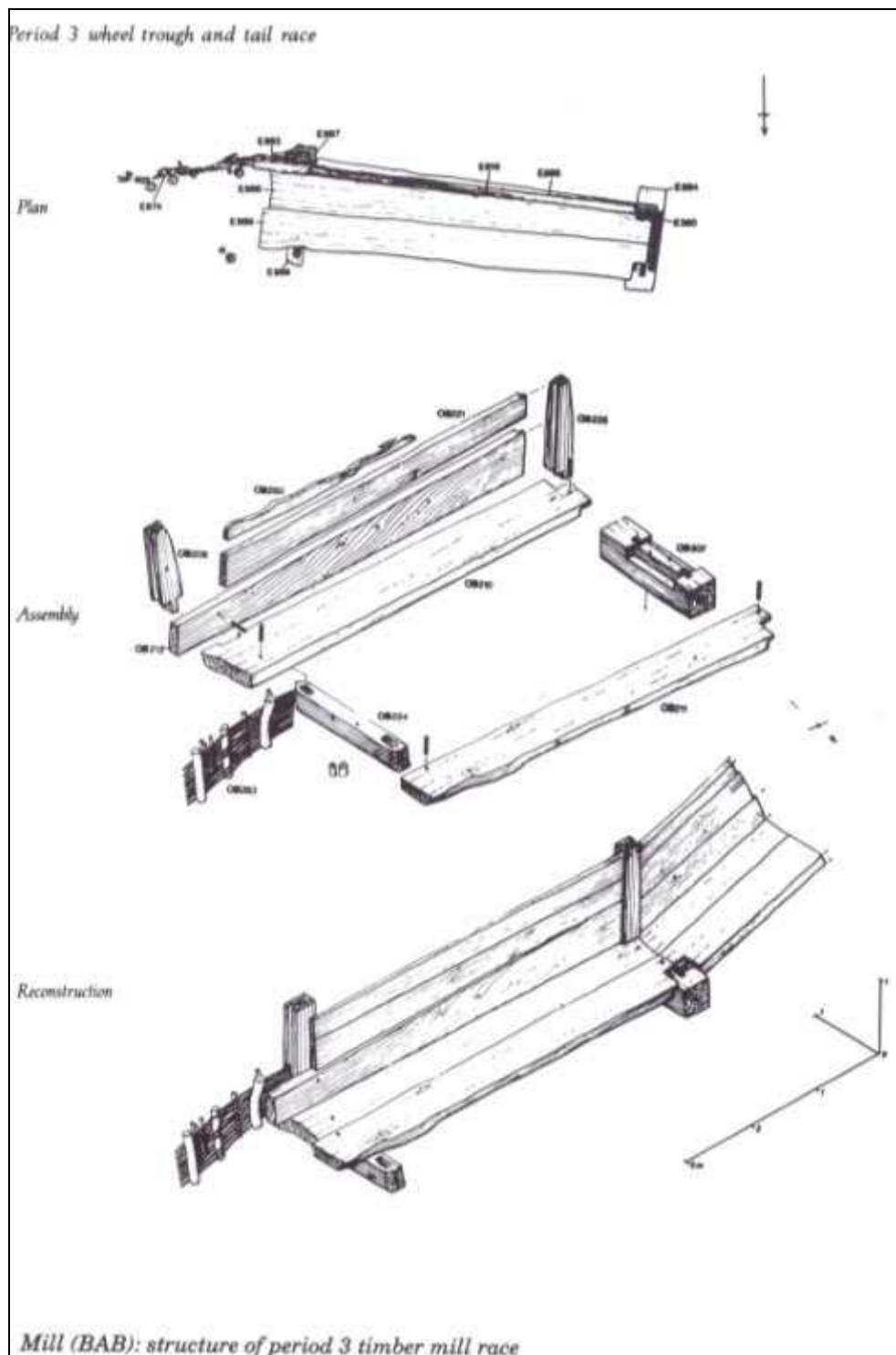


Figure 7. Forge hydraulique de l'abbaye de Bordesley. Structure du coursier en bois, deuxième moitié du XII^e siècle (Astill 1993, p. 71).

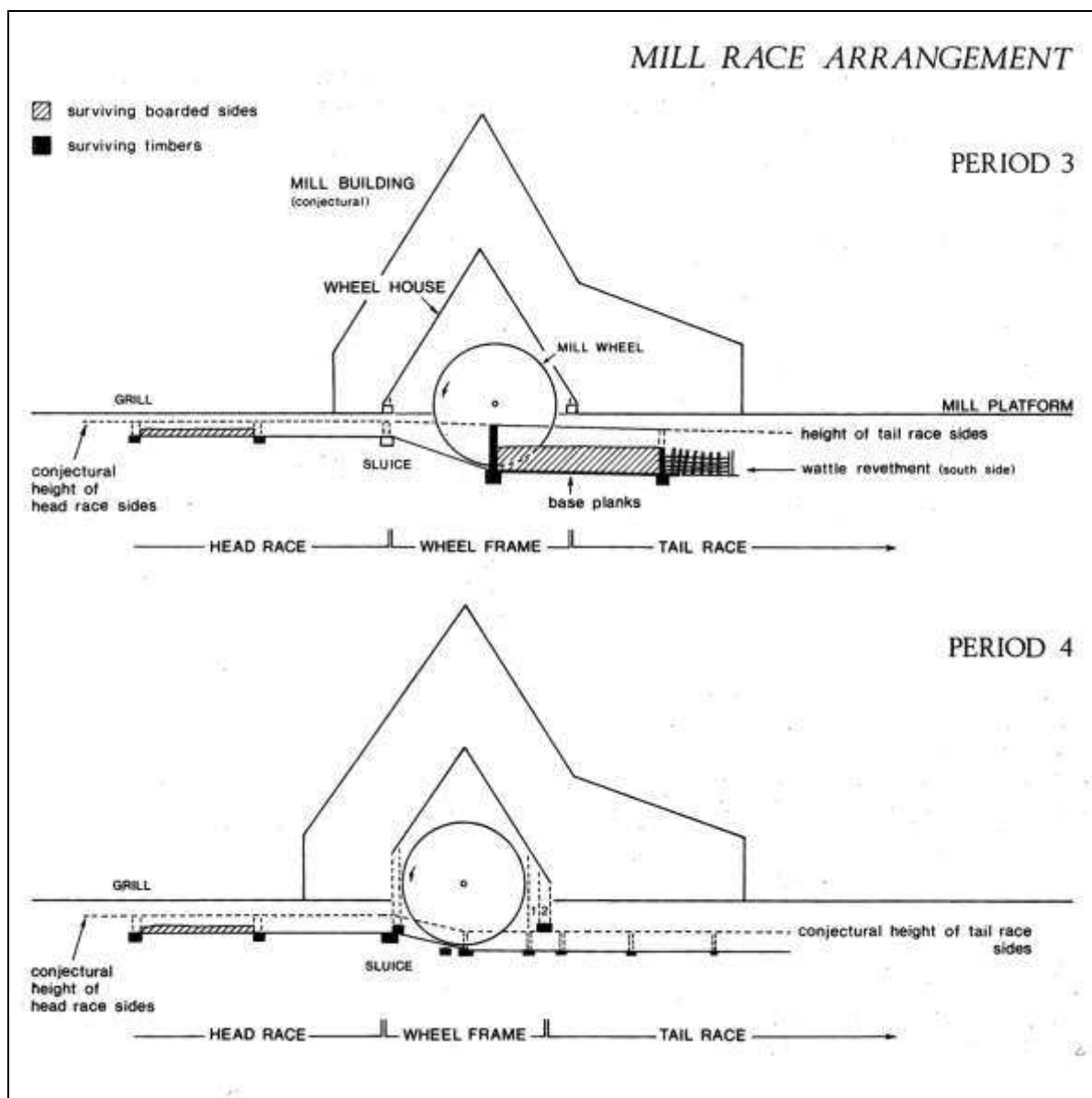


Figure 8. Forge de l'abbaye de Bordesley.
Évolution des aménagements du coursier entre la seconde moitié du XII^e siècle (*Period 3*) et de la fin du XII^e au début du XIV^e siècle (*Period 4*) (Astill 1993, p. 253).