

La meunerie hydraulique romaine : état des recherches

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Cahiers d'archéologie romande**

Band (Jahr): **62 (1994)**

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

2. LA MEUNERIE HYDRAULIQUE ROMAINE: ÉTAT DES RECHERCHES

par François Eschbach et Daniel Castella

DÉPUIS sa sédentarisation, l'homme a toujours trouvé une part importante de son alimentation dans les céréales. Obligé de les écraser pour pouvoir en tirer des mets assimilables, il utilise d'abord une grosse pierre plate, sur laquelle il place les grains qu'il réduit en farine plus ou moins grossière en déplaçant une autre pierre mue à la main (molette). Il imagine ensuite la meule rotative manuelle, puis recourt à la force animale, à l'eau et beaucoup plus tard (XII^e siècle) au vent pour mettre la pierre en mouvement.

Les lignes qui suivent présentent un bref aperçu chronologique de l'évolution du moulin, de ses débuts jusqu'à la période romaine. Puis, après avoir introduit quelques données techniques relatives au moulin hydraulique, nous proposons un rapide inventaire des sources littéraires et iconographiques, ainsi qu'un rappel des principales découvertes archéologiques.

Quelques repères chronologiques

Outre le pilon associé au mortier, le type le plus ancien des appareils à broyer les céréales est la meule dormante plane (ou table), sur laquelle on écrasait le blé à l'aide d'une pierre (molette), par un mouvement de va-et-vient. Les plus anciens exemplaires connus à ce jour appartiennent à la civilisation natoufienne (Palestine, 10000 à 6000 av. J.-C.). Dans nos régions, ces meules primitives à va-et-vient sont utilisées du Néolithique au second âge du Fer².

Dans le monde grec classique, dès le V^e siècle av. J.-C., apparaît une variante plus évoluée de meule à va-et-vient, constituée d'une table rectangulaire et d'une molette plane, également rectangulaire, caractérisée par la présence d'un évidement sur sa surface supérieure (entonnoir) et d'une fente médiane permettant le passage des grains³. Ce type de meules dit

«olynthien» (en raison des nombreux exemplaires signalés sur le site d'Olynthe) est le plus fréquent dans le monde grec jusqu'au II^e siècle avant notre ère. Ce modèle n'est pas rare en Gaule méridionale, également jusqu'à cette époque⁴.

Peut-être emprunté à la civilisation punique, le moulin à mouvement rotatif semble se diffuser d'ouest en est dans le bassin méditerranéen: il apparaît en Espagne (fin du V^e-IV^e siècle av. J.-C.), puis en Gaule méridionale (fin du IV^e siècle)⁵ et ne parvient en Grèce et en Italie qu'un siècle plus tard. C'est à partir du II^e siècle av. J.-C. qu'on commence à le trouver sur les sites laténiens d'Europe tempérée. Le moulin rotatif est formé de deux disques de pierre superposés: une meule inférieure fixe, dite «dormante» ou «gisante» (lat. *meta*), et une meule supérieure mobile, dite «tour-nante», «volante» ou «courante» (lat. *catillus*), mise en mouvement à l'aide d'un ou plus rarement de deux manchons. Ce type de moulin domestique demeurera le plus fréquent dans nos régions pendant toute l'époque romaine.

Dans le monde méditerranéen (Italie, Afrique du Nord, Gaule méridionale), au moins dès le début du II^e siècle av. J.-C., beaucoup plus rarement au nord des Alpes après la conquête, on rencontre des moulins plus sophistiqués (dits «pompéiens»), dont la meule tournante, en forme de sablier, est mise en mouvement par la force humaine ou animale sur le pivot central

2. A Lattes, ce type de meules est attesté jusqu'à la fin du III^e siècle avant notre ère: Py 1992, p.184 (types A1-A2).

3. Illustration dans Gleisberg 1975, fig. 7, p. 114.

4. Py 1992, pp. 184-185 et 190-192. Il est notamment signalé à Lattes entre 350 et 150 av. J.-C. (type A3). Voir aussi Williams-Thorpe 1988, p. 261 («*hopper-rubbers*»).

5. Il apparaît à Lattes aux environs de 300 av. J.-C.: Py 1992, pp. 192-213 (types B1-B3).

N°	FRANÇAIS	DEUTSCH	ENGLISH	LATIN
1	roue hydraulique roue à aubes	Wasserrad	waterwheel	
2	arbre horizontal arbre moteur	Wellbaum	mill shaft	
3	rouet	Kammerrad	trundle wheel	
4	poutre sommier	Steg Balken (Lichtwerk)	sole tree	
5	crapaudine	Spurlager Nadellager	foot-step bearing mill brass	
6	gros fer arbre vertical	Stock Mühleisen Mühlenachse	spindle	
7	lanterne	Spindel Laternen-Rad	lantern-pinion lantern	
8	boîte boîtard	Halslager Haue	box rynd	
9	anille	Mitnehmer		
10	œil œillard	Auge	eye	
11	trémie	Trichter	hopper	infundibulum
12	meule dormante meule gisante	Unterstein Bodenstein Ständer	lower millstone	meta
13	meule tournante meule courante meule volante	Oberstein Läufer(stein)	upper millstone	catillus
14	lumière (écartement réglable des meules)	Licht	light	
15	chute, coulisse ou conduite d'alimentation (moulin horizontal)	Schusskännel Schussrinne	driving chute	

GLOSSAIRE (figures 3 et 4)

d'une dormante très massive, de forme conique⁶. Le recours à l'énergie animale pour la mouture est formellement attesté dans le monde romain depuis le II^e siècle av. J.-C.⁷

Les origines du moulin à eau demeurent aujourd'hui encore assez floues. Cependant, il est admis que le mouvement hydraulique rotatif était bien connu et maîtrisé dès avant notre ère et l'on connaît plusieurs machines, décrites ou mentionnées par les auteurs anciens, qui utilisaient cette forme d'énergie.

La plus ancienne attestation d'une meunerie hydraulique antique est la mention par Strabon du moulin du palais de Mithridate à Cabire (Asie Mineure) au I^{er} siècle avant notre ère. Dès cette époque et jusqu'à la fin de l'époque romaine, plusieurs dizaines de témoignages littéraires, iconographiques et archéologiques sont disponibles. Toutefois, leur qualité est très inégale et leur interprétation souvent délicate et,

de ce fait, la question de la diffusion et de l'importance de la meunerie hydraulique à l'époque romaine a été et est encore très discutée, comme nous le verrons plus loin. Mais auparavant, il apparaît nécessaire d'introduire quelques données technologiques relatives au moulin à eau.

Moulins horizontaux et verticaux

Il existe deux types principaux de moulins à eau: le moulin horizontal et le moulin vertical, dont la roue motrice fonctionne respectivement dans le plan horizontal et dans le plan vertical.

Le moulin horizontal (fig. 3)

Le moulin horizontal (aussi appelé moulin «grec», «nordique» ou «prévitruien») se caractérise par une roue motrice (généralement de faible diamètre) installée horizontalement, non pas directement dans le cours d'eau d'alimentation, mais au débouché d'un jet d'eau concentré, le plus souvent par un bief créé artificielle-

6. Py 1992, p. 213 (type C1). Le seul exemplaire du site de Lattes est daté de la fin du I^{er} siècle av. J.-C. L'hypothèse d'une origine sicilo-punique a également été proposée pour ce type. Cf. *infra*, pp. 54-55.

7. Caton, *Agric.*, X, 2.

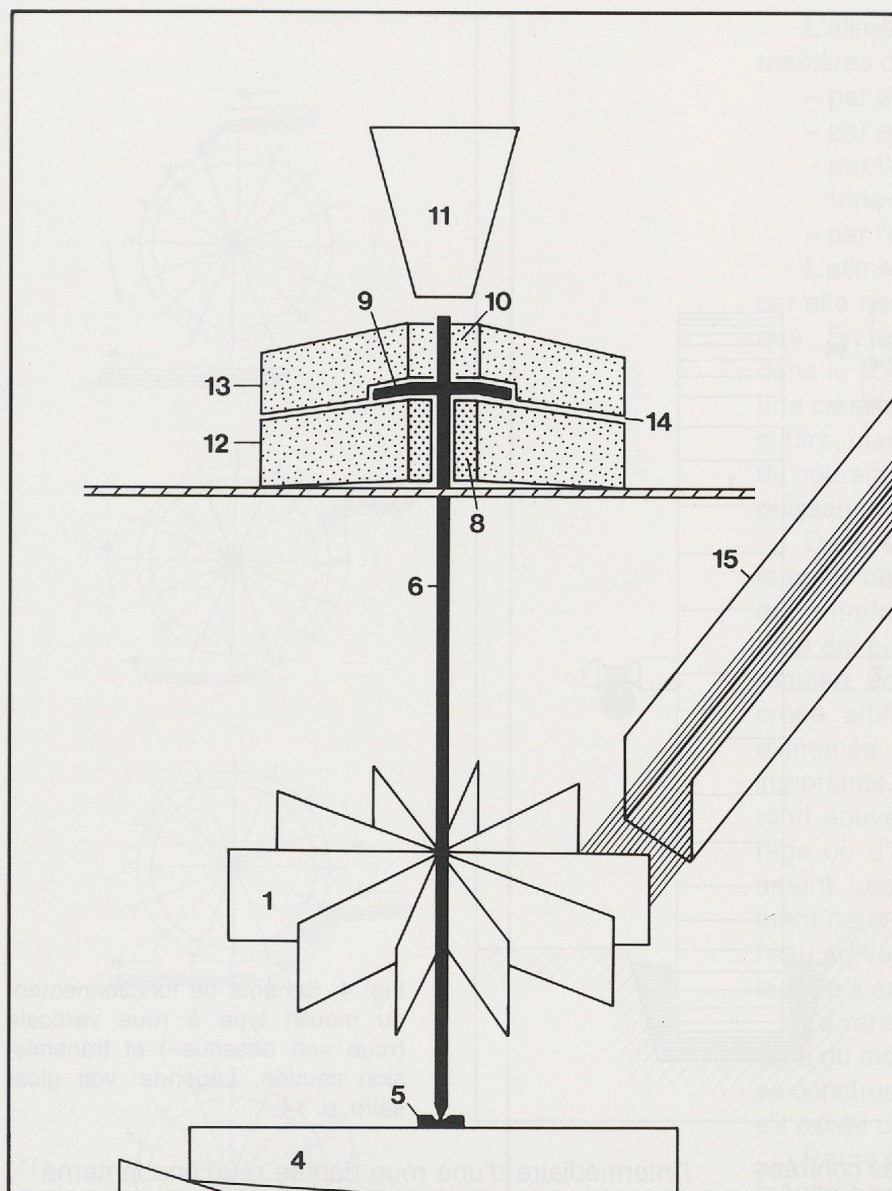


Fig. 3. Schéma de fonctionnement du moulin type à roue horizontale et transmission directe. Légende: voir glossaire, p. 14.

ment, et qui entraîne de manière directe la meule par l'intermédiaire d'un axe vertical. La vitesse du jet doit être rapide, mais un débit important n'est pas indispensable. Le moulin horizontal peut être accompagné avec profit d'un étang-réservoir aménagé en amont de la coulisse d'amenée. Ce type de moulin peut être considéré comme l'ancêtre de la turbine moderne.

La vitesse élevée nécessaire au bon fonctionnement du moulin horizontal est obtenue par une forte pente. Cette condition le rend particulièrement bien adapté aux régions montagneuses, qui sont par ailleurs souvent les moins peuplées. Le moulin horizontal convient donc idéalement à la demande des régions isolées et aux petites communautés (de type familial). S'il est moins perfectionné que le moulin vertical, il est souvent plus rationnel et beaucoup plus simple de conception. Ainsi, ses utilisateurs peuvent l'entretenir et le réparer eux-mêmes. Peu coûteux, il est plus rentable économiquement qu'un mécanisme sophistiqué dont la capacité resterait sous-employée. Cependant, sa puissance est limitée et sa construction simple

(sans engrenage) est fragile (une roue horizontale tourne très vite). Le choix d'un tel mécanisme dépend donc du nombre de foyers à desservir, des conditions topographiques et des ressources financières du constructeur.

Ainsi, l'adoption de ce type de moulin, alors même que le moulin vertical, plus sophistiqué, est connu, ne doit en aucun cas être considéré comme une régression technique, mais bien plutôt comme un choix réfléchi de la meilleure adaptation possible à un certain nombre de conditions données. Cela explique qu'on le rencontre en de nombreuses régions du monde, sans que l'on puisse préciser s'il s'agit de la diffusion, au cours du temps, d'une seule invention ou si, plus logiquement, le principe du moulin horizontal a été découvert indépendamment dans des régions et à des époques éloignées les unes des autres. Il est tout à fait concevable d'imaginer que des redécouvertes aient été suscitées par le même désir d'amélioration de rendement et/ou par les mêmes contraintes techniques ou topographiques. Le moulin horizontal est d'ailleurs

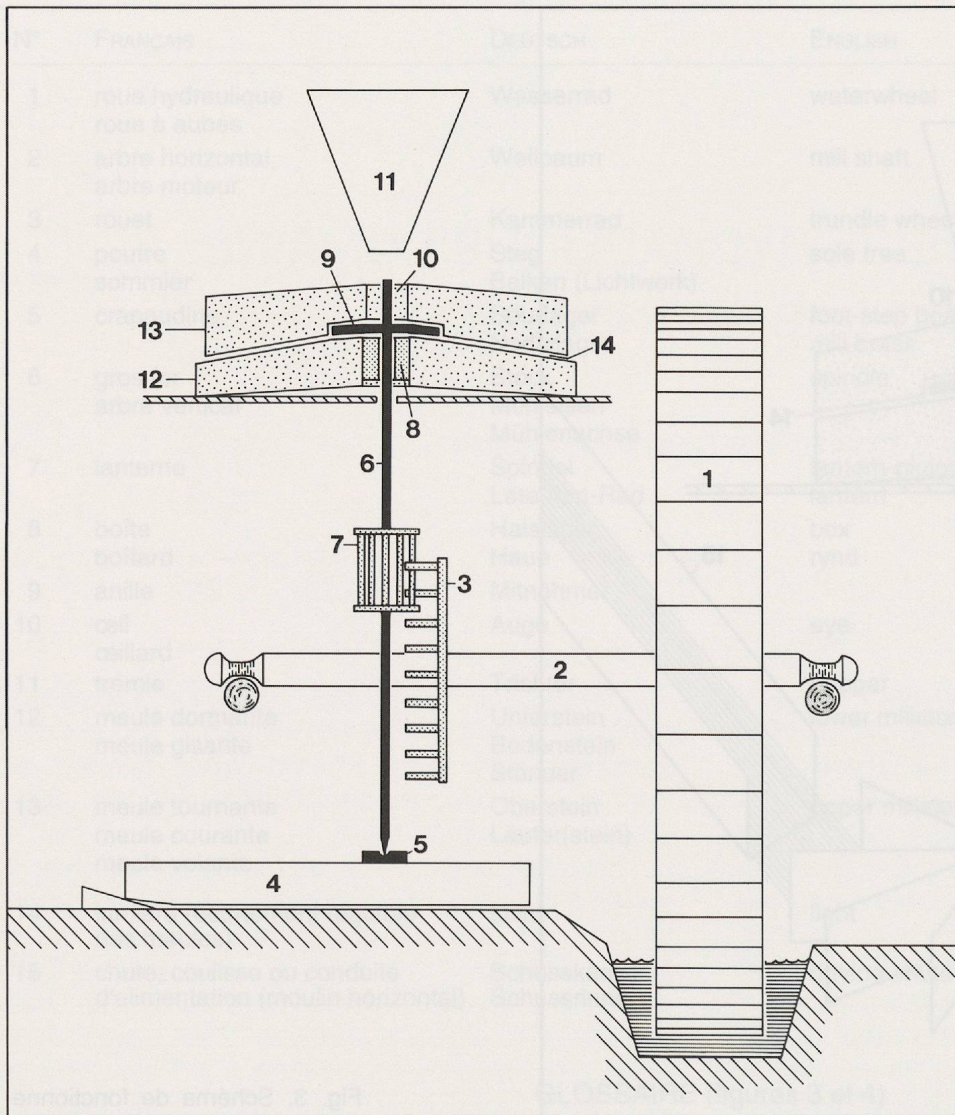


Fig. 4. Schéma de fonctionnement du moulin type à roue verticale (roue «en dessous») et transmission coudée. Légende: voir glossaire, p. 14.

encore en service de nos jours dans certaines contrées faiblement industrialisées. Près de 25 000 de ces machines ont été recensées au Népal en 1978. Ils sont nombreux également en Chine, en Turquie, en Irak, en Iran, en Afghanistan, en Inde, dans certains pays de l'Est européen⁸ et, il n'y a pas si longtemps, en Valais!⁹

Faute de sources et de témoins archéologiques explicites, l'origine du moulin horizontal demeure obscure. Il est attesté au III^e siècle de notre ère en Chine et au Tibet, mais les témoins de son existence à l'époque romaine sont encore bien maigres¹⁰. Sa diffusion en Irlande est attestée littérairement et archéologiquement dès les VII^e et VIII^e siècles ap. J.-C.

Le moulin vertical (fig. 4)

Le moulin vertical (moulin dit «vitruvien») est une machine technologiquement plus sophistiquée que le moulin horizontal.

La principale innovation de cette construction réside dans le renvoi coudé de la puissance transmise par la roue hydraulique sur un axe vertical, lequel entraîne la meule tournante. Ce renvoi se fait par

l'intermédiaire d'une roue dentée ou d'une lanterne¹¹, tributaire de l'axe vertical entraînant la meule. C'est le rouet (roue dentée verticale), entraîné par la roue à eau fixée sur le même axe, qui met en mouvement la lanterne ou la roue horizontale, et donc la meule.

Le rouet étant généralement de diamètre important et la lanterne ne comprenant que quelques barreaux, la vitesse de rotation de la meule peut être très grande même si celle du courant d'eau est faible. Il faut toutefois une puissance assez considérable pour mettre la grande

8. Voir p. ex. H. Rusdea, *Die Löffelradmühlen aus dem Tismanatal, Cibinum* (1974-1978), 1979, pp. 199-219 (Roumanie).

9. P.-L. Pelet, *Moulins prévitruviens en Valais, Folklore suisse* 4/5, 1981, pp. 41-67; *idem*, Turbit et turbine. Les roues hydrauliques horizontales du Valais, *Vallesia* 43, 1988, pp. 125-164. Voir aussi J. Gimpel, *Du moulin horizontal à la turbine*, dans M.-A. Bernardis et A. Nesteroff (dir.), *Le grand livre de l'eau*, Paris, 1990, pp. 140-145.

10. Cf. *infra*, pp. 21 et 27 (Gannes et Chemtou). Voir aussi: Oleson 1983, p. 147, note 21.

11. Élément de transmission constitué de barreaux ou alluchons de bois ou de métal, fixés verticalement et en cercle entre deux plateaux circulaires (fig. 4: 7).

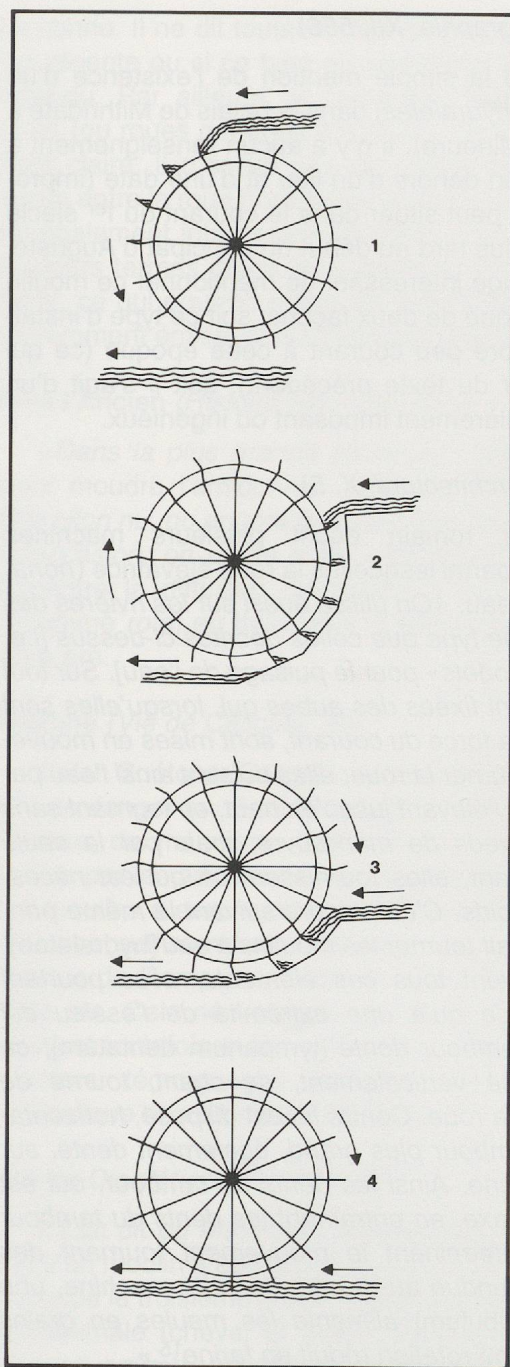


Fig. 5. Schémas illustrant les quatre types d'alimentation d'une roue à eau verticale. 1: roue «en dessous»; 2: roue «de poitrine»; 3: roue «de côté»; 4: roue «en dessus».

roue hydraulique en mouvement, c'est pourquoi le débit d'eau doit être volumiquement important. En conséquence, les moulins verticaux sont plutôt adaptés aux rivières de plaine, de faible pente et dont le courant est lent.

L'alimentation de la roue verticale se fait de quatre manières différentes (fig. 5):

- par en dessous (roue «en dessous»)
- par en dessus (roue «en dessus»)
- par l'arrière (au niveau supérieur) (roue «de poitrine»)
- par l'arrière (au niveau inférieur) (roue «de côté»)

L'alimentation par en dessous est la plus simple, car elle ne nécessite pas d'aménagement très compliqué. En effet, la roue peut être directement placée dans le cours d'eau. Si l'on désire régulariser le débit, une canalisation assez rudimentaire ou une vanne peut suffire, mais elle n'est pas indispensable. C'est la force du courant dirigé sur les pales (ou aubes) qui donne sa puissance à la roue alimentée par le bas.

Dans le cas d'une alimentation par en dessus, c'est le poids de l'eau dans les augets (alvéoles) de la roue qui entraîne cette dernière. La construction de cette roue est plus complexe. D'autre part, son alimentation requiert une chute d'eau. Celle-ci est généralement créée artificiellement par la construction d'un canal d'amenée (ou bief) qui peut nécessiter des travaux importants. Le débit doit être constant et régulier ce qui rend souvent indispensable la construction d'un barrage ou d'une écluse et d'un bassin de rétention en amont. Les alimentations par l'épaule et le côté constituent deux variantes de l'entraînement par en dessus: l'eau arrive au niveau du tiers supérieur ou inférieur de la roue à augets.

Le rendement d'un moulin vertical est supérieur à celui du moulin horizontal, mais les frais plus élevés de sa construction et de son entretien ne sont justifiés que s'il existe un travail suffisant à effectuer.

Parce que la complexité mécanique augmente du moulin horizontal à la roue à aubes, puis à la roue à augets, on a longtemps considéré que ces différentes techniques étaient apparues dans cet ordre chronologique. La simplicité ou la rusticité ne sont toutefois pas toujours, on l'a dit, un critère suffisant d'antériorité. Il arrive en effet que la solution simple ne soit pas la première envisagée. Des recherches ont montré que les deux techniques ont pu être inventées indépendamment, selon les traditions et les besoins régionaux. Rien n'indique que l'apparition du moulin horizontal ait, à l'époque romaine, précédé celle du moulin vertical. Vitruve ne décrit en effet que ce second mécanisme, et la plupart des témoins archéologiques correspondent à cette variante évoluée.

Les sources littéraires

Peu nombreuses et d'interprétation parfois délicate, les sources littéraires antiques n'offrent que peu d'informations claires et précises sur les moulins hydrauliques¹². Même la description de Vitruve, très souvent citée et sans aucun doute la plus précieuse, n'apporte que peu de renseignements sur la construction de la roue ou le mode d'entraînement des meules.

Lucrèce (*De la Nature*, V, 510 sq.)

Pour illustrer les causes du mouvement des astres, l'auteur compare l'action d'un courant céleste aux roues à aubes que le fleuve fait tourner: «[...] ou bien qu'un autre courant inférieur, soufflant en sens contraire, fait mouvoir la sphère par sa partie inférieure, à la manière des roues à aubes [rotas atque haustra] que le courant des fleuves fait tourner sous nos yeux¹³». La compréhension de cette image implique une connaissance du moulin à eau par les lecteurs du poète (I^{er} siècle avant notre ère).

Pour certains historiens toutefois, il ne s'agit que de la mention d'une *noria* (roue élévatrice) hydraulique. Mais il est également souligné que l'auteur utilise le terme *rota*, utilisé par Pline (cf. *infra*, p. 19), dont la mention désigne à coup sûr des moulins à eau.

Il faut également noter que ce chapitre du livre V est, pour des raisons littéraires, considéré par de nombreux éditeurs comme une interpolation. Son utilisation est donc très fortement sujette à caution.

Antipater de Thessalonique (*Anthol. palatine*, IX, 418)

«Retenez votre main qui moud, travailleuses de la meule, dormez longtemps, même si la voix des coqs vous annonce l'aurore. Car Dêo a chargé les nymphes du travail de vos mains. Et elles, jaillissant jusqu'au sommet de la roue, font tourner l'essieu qui, grâce aux rayons recourbés, met en mouvement les lourdes et creuses meulières de Nisyros. Nous goûtons à nouveau la vie du premier âge, puisque nous apprenons à consommer sans travail les présents de Dêo¹⁴.»

Ce texte est une épigramme attribuée à un poète, Antipater de Thessalonique, ayant vécu à l'époque d'Auguste. Une partie des auteurs soutient que le poète fait allusion à un moulin horizontal tandis qu'une autre, regroupant autant de partisans, est persuadée d'être en face d'une description du modèle repris un peu plus tard par Vitruve. En fait, les détails sont rares. Quatre éléments du moulin apparaissent dans le texte: la roue hydraulique, l'essieu (axe), les rayons recourbés et les meules; mais leur fonctionnement n'est pas expliqué. Si le poète décrit un moulin vertical, il ne peut s'agir que d'un mécanisme à roue «en dessus». Mais ce qui ressort clairement du texte – et ce qui est sans doute le plus intéressant – c'est l'apparente nouveauté, à la fin du I^{er} siècle av. J.-C., de la machine bienfaitrice.

Strabon (*Géographie*, XII, 556)

Il s'agit de la simple mention de l'existence d'un moulin à eau (*hydraletes*) dans le palais de Mithridate à Cabire (Asie Mineure). Il n'y a aucun renseignement à tirer du texte en dehors d'un lieu et d'une date (imprécise), que l'on peut situer dans le courant du I^{er} siècle av. J.-C., au plus tard au début du principat d'Auguste. Que l'auteur juge intéressant de mentionner ce moulin peut être expliqué de deux façons: soit ce type d'installation est encore peu courant à cette époque (ce qui paraît ressortir du texte précédent), soit il s'agit d'un moulin particulièrement imposant ou ingénieux.

Vitruve (*De l'architecture*, X, 5)

L'ingénieur romain décrit plusieurs machines hydrauliques, parmi lesquelles la roue élévatrice (*noria*) et le moulin à eau: «On utilise aussi sur les rivières des roues de même type que celles décrites ci-dessus [i.e. la «chaîne à godets» pour le puisage de l'eau]. Sur tout le pourtour sont fixées des aubes qui, lorsqu'elles sont frappées par la force du courant, sont mises en mouvement et font tourner la roue; elles puisent ainsi l'eau par des augets et, l'élevant jusqu'en haut, en tournant sans l'action des pieds de manœuvre, mais par la seule force du courant, elles fournissent ce qui est nécessaire aux besoins. C'est encore suivant le même principe que l'on fait tourner les moulins à eau [hydraletae], où se retrouvent tous ces éléments, avec pourtant cette différence qu'à une extrémité de l'essieu est emboîté un tambour denté [tympantum dentatum]; ce tambour, placé verticalement, de chant, tourne de concert avec la roue. Contre lui est disposé, horizontalement, un tambour plus grand, également denté, sur lequel il engrène. Ainsi les dents du tambour, qui est emboîté sur l'axe, en entraînant les dents du tambour horizontal, déterminent le mouvement tournant des meules. Suspendue au-dessus de cette machine, une trémie [infundibulum] alimente les meules en grains que cette même rotation réduit en farine¹⁵.»

Ce texte confirme qu'à l'époque d'Auguste le moulin hydraulique à roue verticale et transmission coudée

12. Pour un inventaire complet et critique des sources littéraires et une intéressante confrontation de ces documents écrits avec les autres sources d'information disponibles, voir Wikander 1984, pp. 18-23 et notes 58-61: voir aussi White 1984, pp. 196-201 et Maròti 1975. Pour la ville de Rome du IV^e au VI^e siècle, voir Wikander 1979, pp. 15-16. Pour l'anecdote, signalons que la plus ancienne attestation littéraire de moulins hydrauliques sur l'actuel territoire suisse est une mention de Marius d'Avenches (moulins de Genève emportés par le raz-de-marée de 562/563 ap. J.-C.): *Chronique*, s.a. 563).

13. Trad. A. Ernout (Belles-Lettres, 1964).

14. Trad. P. Waltz et G. Soury (Belles-Lettres, 1974).

15. Trad. L. Callebaut (Belles-Lettres, 1986).

est connu. Il ne dit toutefois pas s'il s'agit d'une invention récente ou si ce type d'installations est largement répandu. Par ailleurs, si l'articulation entre les tambours (ou roues dentées) est décrite de façon relativement claire, il n'en va pas de même du principe de liaison entre la roue horizontale et la meule tournante. Il est également intéressant de noter que Vitruve utilise plusieurs termes grecs pour désigner la machine qu'il décrit, ce qui pourrait militer en faveur de l'hypothèse, couramment émise, d'une invention gréco-orientale.

Pline l'Ancien (*Histoire naturelle*, XVIII, 23)

«Dans la plus grande partie de l'Italie on se sert [pour moudre l'amidonner, une variété de blé vêtu] d'un pilon nu, ou encore de roues que l'eau fait tourner; à l'occasion, on utilise aussi une meule¹⁶.» Ce texte démontre la diffusion du moulin à eau (simplement dénommé *rota*) en Italie vers le milieu du I^{er} siècle de notre ère.

Suétone (*Vie de Caligula*, 39)

Selon Suétone, Caligula met à plusieurs reprises la ville en danger en réquisitionnant un grand nombre de chevaux de meuniers. Cette mention, régulièrement reprise par les adversaires du développement précoce des moulins à eau, montre simplement que ceux-ci ne sont pas suffisamment nombreux pour subvenir aux besoins de Rome peu avant le milieu du I^{er} siècle de notre ère. Cela ne veut pas dire qu'ils n'existent pas. Ce n'est toutefois qu'au IV^e siècle qu'apparaissent les premiers témoignages littéraires de la meunerie hydraulique en ville même de Rome¹⁷.

Edit de Dioclétien (XV, 52-55)¹⁸

L'Edit dit *du Maximum*, daté de 301, mentionne le prix d'un moulin à eau (2000 deniers). Cette installation y occupe la troisième place, derrière les moulins à traction animale (cheval et mulet; 1500 et 1250 deniers respectivement) et devant le moulin manuel (250 deniers). Ce document démontre simplement que le moulin hydraulique fait alors partie des objets courants de la vie quotidienne.

Ausone (*La Moselle*, v. 361-364)

«L'Erubrus qui tourne avec vitesse la roue de pierre sur le grain qu'elle écrase, et qui traîne sur le marbre poli la lame stridente de la scie, dont le continuel sifflement se fait entendre sur les deux rives¹⁹.»

Le poète signale, dans son carnet de voyage, la présence de moulins sur un affluent de la Moselle dans la seconde moitié du IV^e siècle de notre ère. Ce sont, d'une part, des moulins à grains et, d'autre part – attestation unique pour l'Antiquité –, des moulins à scier le marbre.

Palladius (*Traité d'agriculture*, I, 41)

«S'il y a abondance d'eau, il faut aussi faire aboutir au moulin [pistrina] les tuyaux d'écoulement des bains, afin de pouvoir y faire fonctionner des meules actionnées par l'eau [aquariis molis] et moudre le blé sans faire appel au travail animal ou humain²⁰.»

Extrait d'un ouvrage d'agronomie rédigé au IV^e siècle²¹.

Libanios (*Or.*, IV, 29)

«Je pense qu'il est également inique de vouloir exiger une pièce d'or de certains malheureux boulangers sous prétexte que l'eau moud le blé pour eux²².»

A la suite de la révolte de la ville d'Antioche en 387, une taxe en or frappe les boulangers (sur les moulins qu'ils gèrent).

Signalons enfin l'existence de quelques inscriptions, parmi lesquelles un texte relatif à des droits d'eau meuniers, provenant de Dalmatie (*CIL* III, 14969/2)²³ et une inscription phrygienne d'époque constantinienne qui, vantant les avantages d'une cité, fait relever que «grâce à la pente des eaux qui y ruissellent, elle possède une grande quantité de moulins à eau²⁴.»

Enfin, l'invention des moulins flottants (sur le Tibre) a été attribuée par la tradition à Bélisaire en 536 ap. J.-C. à l'occasion du siège de la ville de Rome²⁵.

En résumé, ces textes nous apprennent que le moulin hydraulique est connu au moins depuis le I^{er} siècle avant notre ère. Le poème d'Antipater et peut-être aussi la mention de Strabon suggèrent qu'à l'époque d'Auguste ces installations sont encore peu usuelles et que leur apparition est récente. Un demi-siècle plus tard, les moulins se sont diffusés en Italie,

16. Trad. H. Le Bonniec (Belles-Lettres, 1972).

17. Il peut être également intéressant de signaler que Frontin, *curator aquarum* de la ville de Rome, ne fait aucune mention de moulins dans son ouvrage sur l'alimentation en eau de la Ville (fin du I^{er} - début du II^e siècle ap. J.-C.).

18. S. Laufer (ed.), *Diokletians Preisedikt*, Berlin, 1971, pp. 146-147.

19. Trad. E. F. Corpet Belles-Lettres, 1972).

20. Trad. R. Martin (Belles-Lettres, 1976).

21. L'association fonctionnelle «thermes/moulin hydraulique» est attestée à Rome (thermes de Caracalla): cf. *infra*, p. 26.

22. Trad. A. Chastagnol (Chastagnol 1981).

23. Quelques autres textes juridiques sont disponibles pour le Bas-Empire (Amouretti 1992, p. 144). Il s'agit notamment d'un texte du *Digeste* (XXXIX, 2, 24) qui indique que tout le monde a le droit de construire un moulin sur une rive non privée, à condition que cela ne présente pas d'inconvénients pour les autres riverains. Voir aussi *Cod. Theod.*, XIV, 15, 4.

24. Chastagnol 1981, p. 389.

25. Procope, *Bell. Goth.*, I, 19.

comme nous l'apprend Pline l'Ancien. Après une éclipse totale de plus de deux siècles²⁶, les moulins hydrauliques réapparaissent en nombre dans la littérature au début du IV^e siècle.

Du point de vue technologique, le seul texte explicite et utilisable est la description du moulin vertical par Vitruve.

Pour ce qui est de la diffusion géographique de ces installations dans l'Empire, en particulier au nord des Alpes, les textes ne fournissent quasiment aucun indice. Peut-on, comme le font sans réserve certains historiens pour la période du Haut-Empire, déduire de la pauvreté de ces sources écrites la rareté des moulins²⁷? Ne reflète-t-elle pas plutôt l'indifférence des intellectuels romains à l'égard d'une activité pratique et quotidienne – la meunerie – certes indispensable, mais dont on sait qu'elle était réservée aux esclaves et donc indigne d'intérêt?

Les sources iconographiques

L'activité des meuniers n'a manifestement pas non plus été un sujet de prédilection des artistes et imagiers antiques. On ne connaît qu'une vingtaine de représentations de moulins à traction humaine et surtout animale, signalées presque exclusivement dans le monde méditerranéen (principalement en Italie)²⁸: cette iconographie fortement stéréotypée ne traduit manifestement pas la diversité de la réalité archéologique, et son principal intérêt réside dans le rappel des liens très étroits qui unissent – dans ces mêmes régions en tout cas – la meunerie et la boulangerie. Quant au moulin hydraulique, les deux seules attestations sont attribuables au Bas-Empire.

Rome (catacombes de Ste-Agnès)²⁹

Il s'agit d'une fresque peinte sur une paroi des catacombes. Cette représentation semble figurer une roue à eau de moulin vertical; toutefois, il pourrait tout aussi bien s'agir d'une roue élévatrice (de type *noria*) servant simplement au puisage de l'eau pour l'irrigation. Le dessin n'est pas très clair, mais la roue est de façon très nette une roue à augets. Si elle n'est pas utilisée pour élever l'eau, il s'agit d'une roue alimentée par en dessus ou par le côté bien qu'aucun canal d'aménée ne soit visible sur la fresque. Datation imprécise, au cours du III^e siècle ap. J.-C.

Constantinople³⁰

Une mosaïque, datée du V^e siècle, représente un bâtiment contre lequel est appuyée une roue, partiellement dans l'eau. On peut y voir une roue de moulin alimentée par le bas, moins vraisemblablement une roue élévatrice³¹.

Signalons enfin que la première représentation

détaillée d'un moulin hydraulique avec son mécanisme (moulin vertical) ne date que de 1170³².

Les découvertes archéologiques

En attendant un catalogue complet des sites et trouvailles, incluant descriptions détaillées et bibliographie, on se reportera avec profit à un rapport intermédiaire de Ö. Wikander, où l'on trouvera une liste presque exhaustive des moulins anciens connus à ce jour³³. Nous ne reprendrons ci-dessous que les plus importantes mentions concernant presque exclusivement l'époque romaine. On remarquera que les datations proposées pour ces installations sont en général assez vagues, souvent faute d'indices matériels clairs, et parfois manifestement influencées par le débat historiographique sur l'énergie hydraulique.

FRANCE

Barbegal³⁴

Connue au moins depuis le XVIII^e siècle, mais fouillée seulement entre 1937 et 1939, la meunerie hydraulique de Barbegal près d'Arles est considérée

26. Il peut être intéressant de signaler que, pour l'époque romaine, les II^e et III^e siècles ont certes le moins de références littéraires, mais le plus de découvertes archéologiques!

27. Dédution à laquelle Ö. Wikander oppose, non sans ironie: «*Moreover, how would we envisage the industrial revolution of western Europe if our sources consisted of a papal bull from the seventeenth century, a moralizing biography on Newton written 300 years after his death, an anecdote about Queen Victoria, some works by Leibniz and Spinoza, and a number of similar, disconnected fragments of knowledge?*» (Wikander 1984, p. 7).

28. La plus célèbre est celle de la frise supérieure du monument funéraire du boulanger M. Vergilius Eurysaces (Rome, Porte Majeure; fin du I^{er} siècle av. J.-C.). La plupart des représentations ont été récemment recensées (Zimmer 1982, pp. 20-25 et 106-120). Il s'agit principalement de reliefs funéraires d'Italie (Rome, Ostie, Bologne, Vérone, etc.), datés entre la fin du I^{er} siècle av. et le III^e siècle ap. J.-C. On peut y ajouter notamment une stèle de Narbonne (Espérandieu, *Recueil général*, IX, 6903), une représentation sur une lampe à huile de Tiddis (déposée au musée de Constantine), une mosaïque de Saint-Romain-en-Gal (J. Lacha, *Recueil général des mosaïques de la Gaule*, III.2, Paris, 1982, n° 368 et pl. 175a), une fresque et un graffito de Pompéi (Blümner 1912, pp. 45-46). A l'exception d'un sarcophage du Latran (Blümner 1912, fig. 9, p. 25), il s'agit exclusivement de moulins du type «pompéien».

29. Gähwiler 1984, p. 149.

30. Wikander 1981, fig. 4, p. 95.

31. Wikander 1981, pp. 94-95.

32. Gleisberg 1975, fig. 18, p. 127.

33. Wikander 1985.1.

34. Benoît 1940; Sellin 1983; *Gallia informations*, 1990.1/2, pp. 160-163; Hodge 1991; Amouretti 1992; Leveau 1993.

avec raison comme l'une des merveilles techniques du monde romain.

Véritable usine, cette installation imposante, construite à flanc de coteau, est constituée de deux rangées parallèles de huit roues à eau, séparées par une allée de service qu'empruntaient les mules pour apporter le grain et évacuer la farine. Ces roues actionnaient seize moulins, grâce à l'eau amenée jusque-là par un aqueduc. Chaque roue prenait place dans un des ouvrages de maçonnerie nommés «cages à roue», eux-mêmes disposés en escalier.

Le diamètre des roues a pu être estimé à 2,1 m, alors que leur largeur était de 0,7 m. Les roues étaient probablement des roues à augets, alimentées par en dessus. L'axe de la roue traverse le mur de la cage (quelques trous de passage sont conservés) et est couplé, par l'intermédiaire d'un engrenage à l'intérieur de la chambre de meunerie, à un axe vertical, lui-même solidaire d'une meule tournante de basalte.

Au sommet de la colline, l'aqueduc d'alimentation se divise en deux branches. Après avoir chuté de roue en roue, l'eau est recueillie dans un fossé d'évacuation au niveau du marais.

La superstructure était en bois et a bien sûr totalement disparu. La datation de cette installation est encore très discutée: longtemps fixée au IV^e siècle, sa construction a pu, grâce aux travaux entrepris récemment sur le site par Ph. Leveau, être située beaucoup plus tôt, sans doute dans le courant du II^e siècle³⁵.

Martres-de-Veyre ³⁶

Moins connue que la précédente et moins spectaculaire, la meunerie des Martres-de-Veyre est toutefois également très intéressante en raison de son état de conservation et de son plan assez complexe.

L'installation se situe sur un terrain en pente, au-dessus d'un canal rectiligne consolidé par deux énormes murs de basalte. Sur un bief débouchant perpendiculairement dans le canal, on a pu reconnaître différentes structures et des restes rapidement identifiés comme appartenant à un moulin à eau.

Le plan de l'installation montre la fosse de la roue à eau verticale, celle du rouet, la chambre de meunerie (comparable à celles de Barbegal), un bassin pour le lavage du grain (?) et un grand entrepôt. La roue n'a pas été retrouvée, mais ses dimensions ont été estimées à 0,7 m de largeur et entre 1,6 et 1,8 m pour le diamètre, d'après les dimensions de la fosse.

Aucun canal d'amenée n'a été repéré dans le prolongement du bief et le problème de l'origine de l'eau n'a pas été résolu. On en a ainsi conclu que l'eau courait simplement sur la marne avant d'arriver dans le bief et attaquait la roue à mi-hauteur.

La datation, dans la seconde moitié du II^e siècle de notre ère, repose sur l'étude du matériel céramique (abondant) et des monnaies.

Gannes/Beaulieu (Loire) ³⁷

Il s'agit d'une découverte ancienne faite à proximité immédiate des vestiges d'une villa romaine riveraine de la Loire. L'installation se situe au débouché d'un canal d'amenée qui lui-même dérive perpendiculairement d'un aqueduc souterrain romain observé un peu plus haut sur le coteau. Il est fait mention de l'empreinte concrétionnée d'une roue à eau horizontale et de son arbre, ainsi que d'une coulisse d'amenée. Il s'agit d'une roue à 26 rayons, d'un diamètre de 2,34 m et large de 0,56 m. L'auteur ne mentionne pas la découverte de meules ou d'autre matériel. La villa adjacente a été abandonnée entre le IV^e et le V^e siècle.

ALLEMAGNE

Zugmantel ³⁸

Une lanterne (ou cage de renvoi) très bien conservée, des meules de grand diamètre en basalte de l'Eifel, ainsi que des éléments métalliques (axes verticaux et anilles) ont été découverts dans un camp du *limes* près d'Idstein. Cette découverte aurait pu laisser supposer la présence d'un moulin à eau dans le voisinage du camp. A cause de l'absence de cours d'eau dans les environs, la restitution d'un moulin mécanique à manivelle ou plutôt à cabestan (moulin-manège) a été préférée à cette solution. Quoi qu'il en soit, ces importantes découvertes confirment que le principe fondamental du moulin vertical – à savoir la transmission coudée indirecte – est maîtrisé vers le milieu du II^e s. de notre ère.

Elfgen, Kreis Neuss ³⁹

En 1987, lors d'une fouille d'urgence, on a mis au jour à grande profondeur une canalisation romaine et plus loin, les vestiges d'un moulin hydraulique tardo-médiéval. Il s'agit des restes d'une construction de bois de 7 x 5 m, dont les poteaux et trous de poteaux se répartissent sur 4 niveaux. Le bâtiment était situé au sud d'un canal artificiel (1,8 m de large et 0,2 m de profondeur). Entre les poteaux, on a découvert du matériel céramique du Haut Moyen Age, et des matériaux de construction romains.

35. Communication du prof. Leveau (avril 1993).

36. Romeuf 1978.

37. M. de Boisville, Notices sur les substructions antiques de la ville de Gannes (Loire), *Mémoires et discussions sur les antiquités nationales et étrangères*, publiées par la Société royale des antiquaires de France, n. série, 5, 1840, pp. 212-220.

38. Jacobi 1912; Gleisberg 1975, fig. 17, p. 125; Wikander 1985.1, p. 165. Communications du prof. D. Baatz.

39. J. Franzen et S. Kumar Arora, Eine römische Wasserleitung und eine hochmittelalterliche Wassermühle in der Elsbachniederung, *Archäologie im Rheinlande* 1988, Köln, 1989, pp. 120-121. L'existence d'un moulin (à eau?) d'époque romaine vient d'être mentionnée près de Dasing, à proximité d'une meunerie hydraulique, datée (dendrochronologie) de la fin du VII^e s.: *Antike Welt* 25, 1994, pp. 152-154.

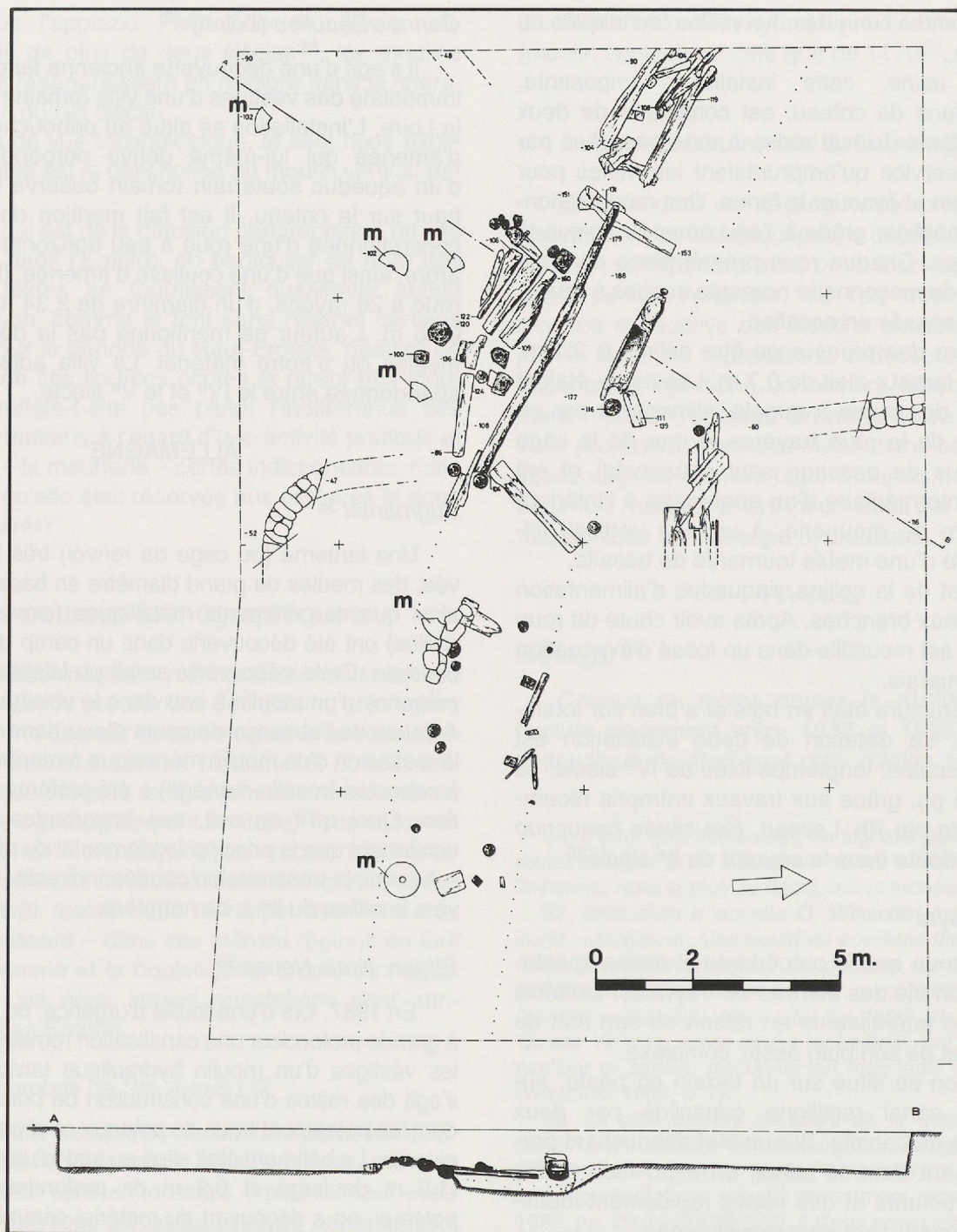


Fig. 6. Hagendorn/Cham. Plan et coupe du moulin hydraulique. Gähwiler/SpECK 1991, fig. 2, p. 37. m: meules.

En outre, 30 fragments de meule ont été découverts, la plupart en basalte. L'examen du matériel débouche sur une datation probable au XII^e ou au XIII^e siècle. Toutefois, un second bâtiment, vraisemblablement plus précoce, n'a pas pu être daté.

Lösnich, Kreis Bernkastel-Wittlich ⁴⁰

Les deux moulins de Lösnich sont rattachables à un établissement rural comprenant villa, cimetière et bâtiments religieux, installé à flanc de coteau sur les bords d'un petit affluent de la Moselle. Observés à 160

et 220 m de distance du bâtiment central de la villa, les vestiges sont particulièrement ténus: il s'agit principalement de biefs (creusés dans l'ardoise), de fosses et d'un fragment de meule de grand diamètre.

Le bief présente une coupe trapézoïdale et résulte de travaux effectués directement dans le lit naturel du ruisseau. Sur l'emplacement du moulin amont, on distingue différentes traces et entailles; toutes n'ont pas pu être expliquées. Il semble cependant que l'on

⁴⁰. Neyses 1983; Wikander 1985.1, p. 157.

puisse reconnaître les passages d'axe et les fosses de roues. La roue à eau verticale serait alimentée par le haut par l'intermédiaire d'une canalisation dont on n'a pas retrouvé de traces. D'après les dimensions de la fosse, on suppose un diamètre de 6 m pour la roue hydraulique. Immédiatement en aval, le bief se rétrécit et la pression de l'eau augmente. Cette particularité et la présence de traces dans le rocher laissent supposer l'existence d'une autre roue de plus faible diamètre et d'un ancien canal d'alimentation.

Un second moulin taillé dans la roche et de même construction que le premier (mais avec une roue apparemment «de côté») se situe plus bas dans la gorge. Il comprend les restes d'un canal d'alimentation de bois partiellement entaillé dans la roche. Aux abords du bief, un creusement de la roche correspondrait à l'implantation d'un bâtiment de meunerie auquel on pouvait accéder par un chemin.

Le diamètre important des roues hydrauliques peut être justifié par la faiblesse du courant du ruisseau. Des bassins de retenue étaient sans doute aménagés en amont.

Le fragment de meule découvert appartient à une meule dormante de grès de 1 m de diamètre. Les estimations des diamètres des roues et le calcul du débit ont permis de proposer une vitesse d'environ 77 tours/minute pour la rotation des meules.

La datation de l'ensemble est là encore imprécise, faute de matériel en connexion avec les structures: entre la fin du I^{er} et le début du V^e siècle ap. J.-C., c'est-à-dire durant l'occupation de la villa adjacente.

SUISSE

*Hagendorn, commune de Cham, ZG (fig. 6)*⁴¹

En 1944/1945, lors de travaux d'assainissement liés au plan Wahlen, c'est un chenal et l'infrastructure boisée d'une bâtisse qui ont été découverts, ainsi que des meules de grand format et de nombreuses pièces de bois travaillées, parmi lesquelles des rayons et un moyeu de roues.

Cinquante-deux pièces de bois portant des traces de travail ont été récoltées dont dix-neuf sont formellement reconnues comme appartenant à des roues à eau. Quelques restes de planches, parfois munies de clous doivent appartenir aux parties latérales de la roue. Beaucoup de ces pièces sont endommagées, mais encore reconnaissables. Les restes les plus remarquables sont des pales, parfois presque complètes, et des planchettes de fonds d'augets entièrement conservées. L'étude de ces témoins uniques a permis la reconstitution complète non pas d'une, mais de trois roues à eau d'un diamètre de 2,15 à 2,3 m.

Les rayons des roues de Hagendorn en sont également les pales. Cette construction, d'une seule pièce, ainsi que le grand nombre de pales fixées sur le moyeu, semblent être des particularités de la roue

romaine qui la distinguent des roues post-romaines. Pour chaque type de roue, une seule pale avec une planchette de fond suffisent pour déduire les autres éléments, même s'ils ne sont pas conservés. Les trois roues qui ont été reconstituées de cette façon sont de la même famille. Les différences notées peuvent tenir tant au constructeur, qu'à l'expérience acquise ou aux traditions.

Pales et cloisons formant des alvéoles fermées, on peut penser que le moulin était alimenté par le haut, le poids de l'eau contenue dans chaque alvéole entraînant la roue dans son mouvement. Toutefois, les augets sont petits (2 à 2,5 litres de contenance) et disposés radialement ce qui entraîne une vidange prématurée lors de la rotation de la roue. Il est donc plus vraisemblable d'imaginer une alimentation dans le tiers inférieur de la roue (roue «de côté»).

Deux pales de la roue I ont été découvertes intactes. Leur extrémité vers le centre de la roue se termine par un tenon quadrangulaire qui venait se ficher dans une mortaise taillée dans le moyeu, assurant ainsi une solide fixation.

Un moyeu, partiellement conservé, avec une série de trous circulaires, fait également partie des découvertes. Des restes de chevilles (ou dents de la roue) ont été retrouvés au fond de certains trous. Des pales fichées dans ce type de trous n'offriraient pas une rigidité suffisante; c'est pourquoi il ne s'agit vraisemblablement pas d'un moyeu de roue à eau. Cette pièce appartiendrait plutôt à la roue dentée qui, engrenée avec une autre, permettait la transformation du mouvement vertical en mouvement horizontal pour l'entraînement des meules.

Aucun renseignement n'est fourni sur le bâtiment de bois qui abritait la machinerie. Ses dimensions sont d'environ 5 x 2 m, alors que la largeur du bief est de 2,8 m.

L'analyse du matériel archéologique et surtout la dendrochronologie (date d'abattage donnée avec réserves: 176 ap. J.-C.) permettent de situer l'utilisation de cette installation entre le dernier quart du II^e et le début du III^e siècle. Après destruction par le feu, le site a été converti en dépotoir.

Une maquette du moulin à l'échelle 1:5 a été réalisée récemment pour le Musée cantonal de préhistoire de Zoug.

GRANDE-BRETAGNE

*Haltwhistle Burn Head*⁴²

Les vestiges d'un moulin à eau ont été trouvés en 1907-1908 entre le mur d'Hadrien et le *vallum*, dans un méandre de rivière. Le bief et les fondations maçon-

41. Gähwiler 1984; Gähwiler/Speck 1991.

42. Simpson 1976; Spain 1984.2, pp. 105-109.

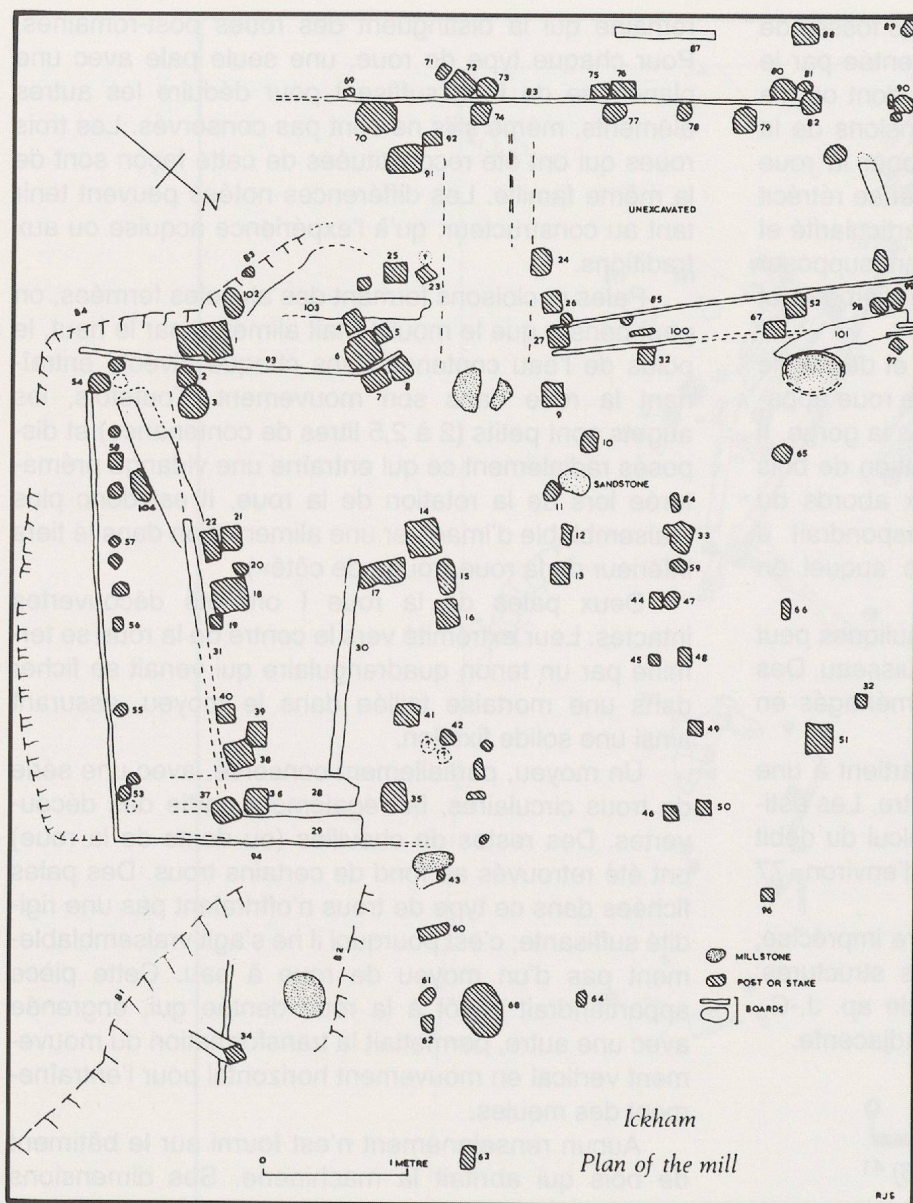


Fig. 7. Ickham I. Plan du moulin hydraulique. Spain 1984.1, fig. 2, p. 149.

nées du moulin ont été mis au jour, ainsi que des fragments de meules de grand diamètre, une crapaudine de basalte et des restes de bois de chêne.

L'eau était amenée par un canal artificiel (large de moins de 2 m à la hauteur du moulin) dont les côtés étaient, par endroits, renforcés par des pierres et des planches; une partie était creusée dans la roche, tandis que le dernier tronçon était en bois. Ce canal prenait source derrière un barrage édifié sur la rivière pour en réguler le débit.

La construction rectangulaire du moulin proprement dit, mesurant 7 sur 5 m, reposait sur des fondations de pierres. La position du bâtiment et la localisation des fragments de meules laissent supposer une roue à eau verticale alimentée par le bas. Son diamètre est estimé entre 3 et 3,6 m pour une largeur de 0,35 m. Des pièces métalliques étaient utilisées aux extrémités des axes de la roue. Un bloc de basalte avec deux trous circulaires a été identifié comme étant un support d'axe vertical (crapaudine).

La datation du matériel associé a permis de proposer une période d'utilisation comprise entre 225 et 270 ap. J.-C. Cette première découverte a attiré l'attention sur l'existence possible d'autres moulins sur le mur d'Hadrien (*cf. infra*).

Chesters Bridge ⁴³

Vestiges d'un probable moulin hydraulique aménagé dans la butée d'un pont. Ont été retrouvés le canal d'alimentation, le bief et le canal de fuite, ainsi que des fragments de meules. Le diamètre de la roue à eau verticale restituée, entraînée par le bas, est compris entre 3 et 3,6 m.

Une datation, peu sûre, est proposée dans le courant du III^e siècle ap. J.-C.

43. Moritz 1958, p.138; Simpson 1976, pp. 43-48; Spain 1984.2, pp. 103-105; Wikander 1985.1, p. 155.

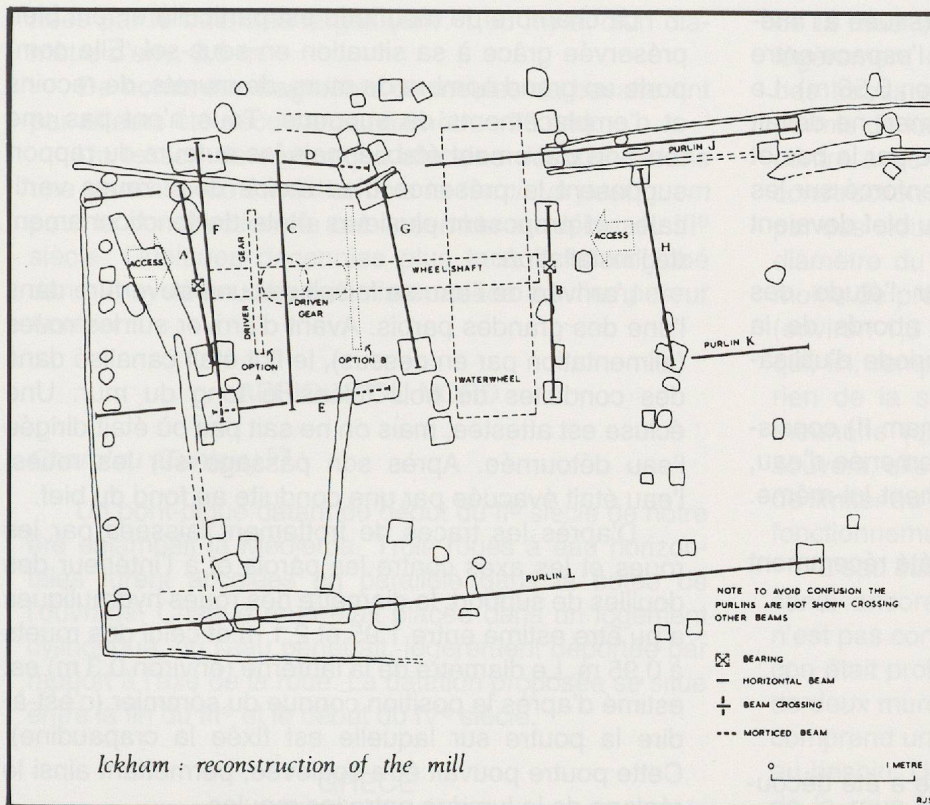


Fig. 8. Ickham I. Plan du moulin, avec situation restituée des éléments du mécanisme. Spain 1984.1, fig. 3, p. 150.

Willowford Bridge ⁴⁴

Ici encore, il s'agit de la découverte en 1923-1924 d'un probable moulin sur le mur d'Hadrien, aménagé dans la butée d'un pont. Le moulin est attesté par la présence de fragments de meules, des vestiges d'éventuelles écluses et d'une fosse à roue. On a supposé l'existence d'une roue à eau verticale de 2,7 m de diamètre, alimentée par en dessous. La datation de cette installation est incertaine.

Wherwell, Hampshire ⁴⁵

Des fragments de meules, des restes du canal et du bâtiment (?) d'un moulin à eau romain ont été découverts en 1964 à proximité d'une villa (env. 150 m). Datation: fin du III^e - début du IV^e siècle ap. J.-C.

Nettleton, Wiltshire ⁴⁶

Il s'agit des vestiges d'un bief, de la fosse à roue et d'une écluse. Les entailles laissées par la roue dans la roche ont permis d'en estimer le diamètre à 2,6 m. L'installation serait en liaison avec un barrage établi d'une berge du cours d'eau vers un îlot contourné par un canal de dérivation. Ces aménagements, repérés en 1968, sont datés du III^e siècle ap. J.-C.

Ickham I et II, Kent (fig. 7-8) ⁴⁷

En 1974, suite à des travaux d'extraction de graviers, sont mis au jour les restes de deux moulins

hydrauliques (un seul est publié à ce jour). Le site se trouve en bordure d'un marais. Un ancien cours de la rivière, aujourd'hui éloignée, a été repéré à proximité de deux constructions de bois, identifiées comme étant des moulins. De nombreux pieux bien conservés ont été observés et ont facilité l'identification et la restitution des moulins.

De la structure du bâtiment du premier moulin (Ickham I), ne sont conservés que des pieux de tailles et de sections variables (fig. 7). Les plus gros d'entre eux présentent une pointe taillée à la hache ou à l'herminette. Certains de ces pieux sont alignés, d'autres sont regroupés, d'autres encore déterminent des espaces vides. C'est en étudiant de très près la disposition de ces pieux sur la surface explorée que l'auteur, non sans audace, est parvenu à une reconstitution détaillée du moulin (fig. 8). C'est ainsi qu'il restitue une petite bâtisse quadrangulaire entièrement en bois de 4 x 3,5 m en ne distinguant pas moins de cinq phases de construction !

A l'intérieur, un étage constitué de planches parallèles jointives se situait juste au-dessus de la machinerie (chambre de meunerie). Les parois de l'édifice étaient également constituées de planches et le toit était couvert de chaume ou de roseaux.

44. Moritz 1958, pp. 138-139; Simpson 1976, p. 49; Spain 1984.2, pp. 109-111; Wikander 1985.1, p. 156.

45. Spain 1984.2, pp. 116-117; Wikander 1985.1, p. 156.

46. Spain 1984.2, pp. 117-119; Wikander 1985.1, p. 156.

47. Spain 1984.1, pp. 149-168; Spain 1984.2, pp. 119-122; Wikander 1985.1, p.156.

La largeur de la roue à eau verticale (située à l'intérieur même de la bâtisse!) est limitée par l'espace entre les pieux de part et d'autre du bief (environ 0,56 m). Le diamètre de la roue, plus difficile à estimer, ne devait pas excéder 2 m. La roue était alimentée par le bas et le canal d'amenée était probablement renforcé sur les côtés. Des planches trouvées au fond du bief devaient servir à cet usage.

La datation du moulin repose sur l'étude des quelque 90 monnaies retrouvées aux abords de la structure. Les résultats donnent une période d'utilisation comprise entre 150 et 280 ap. J.-C.

Les vestiges du second moulin (Ickham II) consistent en des restes du bief et du canal d'amenée d'eau, d'une écluse et des fondations du bâtiment lui-même. Datation: entre le III^e et le IV^e siècle⁴⁸.

Plusieurs autres sites potentiels ont été récemment répertoriés par R. J. Spain⁴⁹.

ITALIE

*Venafrò*⁵⁰

Un témoin d'une roue à eau romaine a été découvert près de Venafrò, à 70 km au nord de Naples: il s'agit précisément de l'empreinte partielle d'une roue conservée en négatif dans des concrétions calcaires. Cette empreinte a permis la reconstruction complète de la roue. Deux meules complétaient cette découverte.

18 pales-rayons de 0,3 m de largeur sont fixées sur un grand moyeu. Les pales-rayons sont assemblées par des rainures entaillant toute l'épaisseur du moyeu et sont maintenues latéralement par deux couronnes circulaires. L'espace entre les pales n'est pas fermé, il n'y a donc pas d'augets, ce qui explique sans doute la largeur des deux couronnes. L'absence d'alvéoles fermées nécessite une alimentation par le bas ou, tout au moins, dans la partie inférieure de la roue. Le moyeu est un lourd disque de bois plein de 0,74 m de diamètre fixé sur un axe circulaire de 0,18 m de diamètre, de section carrée à l'intérieur du moyeu. Le diamètre total de la roue est de 1,85 m. A. Gähwiler souligne que la reconstitution de cette roue se rapproche beaucoup de l'un des types de roue découverts à Hagendorn.

Les meules de basalte (d'un diamètre de 80 cm) découvertes en même temps que les restes de la roue ont été perdues depuis lors. Leur forme conique incite Ö. Wikander à situer, sous toutes réserves, l'installation au Haut-Empire, alors que la datation la plus couramment mentionnée est le III^e siècle.

*Rome / thermes de Caracalla*⁵¹

Il s'agit sans doute des vestiges de l'un des moulins antiques les mieux conservés. La chambre de meunerie entière et des fragments de meules ont été retrouvés. On a également observé des emplacements de poutres et de supports d'axe.

La chambre de meunerie est particulièrement bien préservée grâce à sa situation en sous-sol. Elle comporte un grand nombre de murs, de murets, de recoins et d'emplacements de supports. Tous n'ont pas une fonction clairement établie mais les auteurs du rapport supposent la présence d'au moins deux roues verticales et proposent plusieurs états de fonctionnement de l'installation.

L'arrivée de l'eau se faisait par une ouverture dans l'une des grandes parois. Avant d'arriver sur les roues (alimentation par en dessus), le flot était canalisé dans des conduites de bois fixées le long du mur. Une écluse est attestée, mais on ne sait pas où était dirigée l'eau détournée. Après son passage sur les roues, l'eau était évacuée par une conduite au fond du bief.

D'après les traces de frottement laissées par les roues et les axes contre les parois et à l'intérieur des douilles de support, le diamètre des roues hydrauliques a pu être estimé entre 1,95 et 2,1 m et celui des rouets à 0,95 m. Le diamètre de la lanterne (environ 0,3 m) est estimé d'après la position connue du sommier (c'est-à-dire la poutre sur laquelle est fixée la crapaudine). Cette poutre pouvait être soulevée, permettant ainsi le réglage de la lumière entre les meules.

Les fragments de meules sont rares et réemployés dans les maçonneries. Le seul renseignement concerne leur diamètre, estimé à 0,65 m.

On ne peut affirmer que le moulin fonctionnait en même temps que les bains. Quoiqu'il en soit, il n'est pas construit avant 212/237 et ne fonctionne pas au-delà de 537, date de destruction des bains. Schiøler et Wikander semblent partisans d'une datation assez haute.

Ces vestiges, découverts à proximité du *Mithraeum* en 1912, ont été détruits depuis leur mise au jour.

Rome/Janicule

Signalées à la fin du XIX^e siècle par R. Lanciani, les installations de meunerie hydraulique du Janicule ont été partiellement redégagées en 1990/1991 à l'occasion de travaux de voirie sur la *Via Giacomo Medici*⁵².

Proche par son organisation de l'usine de Barbegal, ce complexe (env. 23 x 13 m) est alimenté par deux aqueducs – l'*Aqua Traiana* en particulier – et regroupe probablement deux séries de six moulins, chacune associée à un canal d'amenée. Les biefs permettent de restituer des roues à eau verticales entraî-

48. Wikander 1985.1, p. 156; Spain 1984.1, pp. 170-171.

49. Spain 1984.2.

50. Jacono 1938; Gleisberg 1975, fig. 16, p. 124.

51. Schiøler/Wikander 1984.

52. Bell 1992; voir aussi *MAAR* 1, 1917, pp. 59-61; 6, 1927, pp. 137-146; 11, 1933, pp. 69-79.

nées par le bas, très larges (env. 1,65 m) et d'un diamètre d'env. 2,3 m.

De nombreux fragments de meules de basalte ont par ailleurs été découverts (diamètre : 75 cm).

Un tessou de céramique africaine découvert dans une tranchée de fondation fixe le *terminus post quem* pour la construction de cet ensemble au début du III^e siècle. Quelques décennies plus tard, il fut englobé dans le système défensif mis en place par l'empereur Aurélien.

AFRIQUE DU NORD

*Chemtou (Tunisie)*⁵³

Un pont-digue datant du début du II^e siècle de notre ère enjambait la Medjerda. Trois roues à eau horizontales furent accolées en parallèle dans la butée de l'ouvrage. Chaque roue était placée dans un logement cylindrique, où l'eau pénétrait, légèrement déportée par rapport à l'axe de la roue. La datation proposée se situe entre la fin du III^e et le début du IV^e siècle.

GRÈCE

*Athènes (Agora)*⁵⁴

Il s'agit d'une découverte effectuée en 1933 au sud de la *stoa* d'Attale. Sont conservés: le bief (creusé dans la roche), les douilles de pierre dans lesquelles prenaient place les supports de bois de l'axe horizontal, une partie du canal d'amenée d'eau (partiellement maçonné) ainsi que des fragments de meules de lave de grand diamètre.

L'installation se présente sous la forme d'un bâtiment allongé dont la structure est profondément entaillée dans la roche et dont les parois sont couvertes de dépôts calcaires. Le moulin a été fortement détruit mais beaucoup de détails ont pu être observés au niveau de son infrastructure.

Le bief est une fosse constituée de hautes parois (plus de 3 m de haut). Sur les grands côtés, on observe d'une part une niche et, d'autre part, une ouverture en forme d'arche. Il s'agit respectivement des points d'appui et de passage vers la chambre de meunerie de l'axe horizontal de la roue hydraulique. Les logements de pierre où reposaient les extrémités de l'axe horizontal, sur un socle de bois, ont été retrouvés en place. L'un se situe dans la niche et l'autre au fond de la chambre de meunerie. Grâce à cette découverte, on a pu déterminer les dimensions de l'axe de bois (long.: 3,5 m; diamètre: 0,2 m) et assurer la présence d'embouts métalliques à ses extrémités. Alors que le point d'arrivée d'eau n'est pas visible dans le bief, on distingue encore nettement le drain d'évacuation au pied de l'un des petits côtés.

La façon dont se sont déposées les concrétions calcaires sur les parois du bief prouve une alimentation

de la roue verticale par le haut. D'autre part, la roue, légèrement désaxée par rapport aux parois, a laissé des traces de frottement contre l'une d'elles. Cela a permis de fixer son diamètre (3,24 m), d'en localiser le centre avec certitude et d'en préciser quelque peu la construction (roue avec jante fixée depuis l'extérieur par des clous). De la même manière on a pu obtenir le diamètre du rouet (1,11 m.) et estimer avec plus ou moins de précision celui de la roue dentée horizontale (environ 1,3 m, c'est-à-dire plus que celui du rouet⁵⁵) qui, ici, remplace la lanterne. En revanche, il ne reste rien de la superstructure qui abritait la chambre de meunerie (qui mesure env. 2,5 m de côté). Comme souvent, elle était probablement construite en bois afin de limiter au maximum les vibrations engendrées par le fonctionnement du moulin.

L'eau était amenée sur le sommet de la roue par un canal encore visible sur quelques mètres, mais qui n'est pas conservé aux abords du bief. Le dernier tronçon était probablement en bois. Le canal est constitué de deux murets latéraux et d'un fond de tuiles plates. Il comprend une écluse qui permettait de détourner l'eau au besoin. Un drain de tuiles conduisant vers la fosse de la roue laisse supposer l'existence d'une aire de lavage du grain.

Le moulin a fonctionné entre la fin du IV^e et le début du V^e siècle. La datation de l'ensemble repose sur l'analyse du matériel archéologique (monnaies et céramique).

PROCHE-ORIENT

Plusieurs exemples de moulins hydrauliques, romains et post-romains, majoritairement du type horizontal et la plupart du temps fort mal documentés, sont encore mentionnés par Wikander, en particulier en Jordanie et en Palestine⁵⁶.

53. Wikander 1985.1, p. 159; Hodge 1991, p. 77. Voir aussi F. Rakob et G. Röder, Die Mühle am Medjerda-Fluss. High-tech vor 1700 Jahren, *Bild der Wissenschaft* 12, 1989, pp. 94-100. Une installation analogue a été très récemment mise au jour à Testour (Tunisie): *Antike Welt* 24, 1993, pp. 286-287.

54. Parsons 1936; Spain 1987.

55. Ce qui paraît conforme à la description livrée par Vitruve et implique que la vitesse de rotation des meules était inférieure à celle de la roue hydraulique. Mais R. J. Spain a récemment proposé une réinterprétation du mécanisme du moulin athénien et a écarté cette solution (Spain 1987). D'ailleurs, la lecture même du texte de Vitruve est sujette à discussion: Spain 1987, pp. 335-336.

56. Wikander 1985.1, pp. 161-162. Voir aussi: Oleson 1983 (moulin hydraulique, apparemment vertical, construit en Palestine; associée à un barrage artificiel, cette installation se signale par une infrastructure excavée dans le roc. Datation: probablement IV^e siècle).

Stagnation technologique, pauvreté des sources et des découvertes archéologiques: des notions à réviser...

La question de la diffusion du moulin à eau, illustrée par les documents et les découvertes susmentionnés, est à replacer dans le débat général sur les liens entre l'organisation socio-économique et le développement technologique des populations anciennes⁵⁷. Nombreux sont les historiens et les archéologues qui supposent que des solutions technologiques aussi simples et pratiques que la roue à eau, dont l'application était bien maîtrisée dans l'Antiquité, ont été peu utilisées en raison de la disponibilité et du faible coût de l'énergie fournie par les esclaves. Cet état de fait expliquerait presque à lui seul la stagnation de ces technologies dans des sociétés pourtant brillantes et inventives et leur développement spectaculaire à l'aube du Moyen Âge⁵⁸. Mais l'argument économique du faible coût de la main-d'œuvre n'apparaît pas décisif. Les esclaves étaient peut-être plus coûteux qu'on ne l'imagine: ils étaient relativement chers à l'achat et à l'entretien et ne vivaient guère longtemps, surtout si on les occupait à des tâches aussi pénibles que la mouture des céréales.

La théorie un peu simpliste de l'influence handicapante de l'esclavage et du renoncement plus ou moins délibéré au progrès technologique, teintée idéologiquement et fondée essentiellement sur l'étude de quelques rares textes anciens⁵⁹, est depuis quelques années fortement remise en cause⁶⁰. Les roues à eau, par exemple, pourraient avoir été plus nombreuses qu'on ne le croit dans l'Antiquité. Les découvertes archéologiques, récentes pour la plupart, complètent l'image très floue transmise par les sources littéraires et permettent de penser que la meunerie hydraulique s'est développée dans un large rayon géographique au moins dès le II^e siècle de notre ère, bien avant le déclin de l'Empire.

La relative rareté des découvertes archéologiques peut d'ailleurs aisément trouver quelques explications:

– Pour des raisons évidentes de place et surtout d'approvisionnement en eau, les moulins hydrauliques, contrairement aux moulins à bras ou à traction animale, ne se situent que rarement à l'intérieur d'une cité ou d'un quelconque autre regroupement communautaire, qui sont les sites privilégiés des recherches archéologiques. Ils se situent souvent en rase campagne, à l'extérieur des localités ou en périphérie des établissements ruraux auxquels ils sont rattachés (p. ex. Löslich, Wherwell, Hagendorn et très probablement Avenches). Ce n'est pas sur les plus gros fleuves qu'il faut chercher les moulins, à cause des forts changements de régime saisonniers, mais plutôt sur les petits cours d'eau de campagne au débit plus régulier, et dont le lit a aujourd'hui souvent complètement disparu du paysage.

– Plusieurs des moulins attestés archéologiquement se signalent par la présence de fondations en pierres ou en maçonnerie (Barbegal, Martres-de-Veyre, Haltwhistle Burn, Rome, etc.), voire d'une infrastructure taillée dans la roche (Löslich, Caesarea de Palestine), qui ont permis leur découverte et surtout leur identification (concrétions de calcaire, traces du frottement des roues et des axes, etc.). Or, la plupart du temps, comme dans les périodes plus récentes de l'Histoire, ces installations, très modestes par leurs dimensions, ont été entièrement construites en bois, matériau rarement conservé sur les sites archéologiques. De plus, les traces au sol de l'infrastructure de tels moulins peuvent être plus au moins importantes selon qu'il s'agit de constructions à poteaux plantés (dans ce cas, l'installation se présentera à la fouille sous la forme d'une concentration plus ou moins dense de trous de poteaux en bordure d'un chenal ou d'un cours d'eau⁶¹) ou d'installations fondées sur des sablières basses (poutres horizontales), dont les traces sont encore plus fragiles et discrètes⁶². En outre, la situation de ces vestiges, sur la berge de cours d'eau et donc exposés à une rapide érosion, augmente encore la probabilité de leur totale disparition⁶³.

– Par ailleurs, à l'exception des meules (parfois récupérées comme éléments de construction ou pour d'autres usages...), la plupart des éléments du mécanisme hydraulique (roues, rouets, lanternes, arbres horizontaux,...) sont également construits en bois et n'ont de ce fait que peu de chances de parvenir jusqu'à nous.

A titre d'exemple, T. Hodge signale qu'aujourd'hui en Angleterre il ne subsiste (archéologiquement parlant) qu'une douzaine de moulins du XI^e siècle alors que le *Domesday Book* n'en recense pas moins de 5624!⁶⁴ En supposant que le rapport entre ces deux

57. Voir p. ex. Bloch 1935; Halleux 1977; Hodge 1991; Amouretti 1992.

58. «L'invention était née peut-être d'un éclair de génie individuel. Le progrès effectif, qui fut d'utiliser l'idée, ne s'opéra que sous la pression des forces sociales.» (Bloch 1935, p. 548).

59. P. ex.: Plutarque, *Marc.* 17,4 (à propos d'Archimède); Pline l'Ancien, XXXVI, 195 (Tibère); Suétone, *Vespasien*, XVIII (Vespasien); Pétrone, *Satiricon*, LI.

60. Notamment par l'historien suédois Ö. Wikander, dont les travaux sont la source essentielle de ces lignes: Wikander 1981, etc. Voir aussi: Lohrmann 1990.

61. Voir p. ex. Hagendorn, Ickham ou Elfgen.

62. Voir p. ex. le moulin tardo-médiéval de Batsford Mill: Bedwin 1980 (en particulier fig. 3, p. 192). Moulin du XX^e siècle en Roumanie: Schiøler/Wikander 1984, fig. 12, p. 56.

63. La découverte fortuite de meules de grand format sur les berges ou dans le lit de cours d'eau ou de canalisations sera alors le seul indice de la présence possible de moulins hydrauliques: cf. *infra*, p. 72).

64. Hodge 1991, p. 75.

chiffres est analogue pour l'Antiquité et l'Angleterre du XI^e siècle, on comprendra que le terme de «rareté» est, en cette matière, à utiliser avec prudence.

L'importance relative des différents types d'énergies (humaine, animale et hydraulique) utilisées pour des travaux potentiellement mécanisés tels que la mouture des céréales a certes sans doute beaucoup varié, non seulement dans le temps, mais également en fonction des conditions topographiques, climatiques et socio-économiques. Or, les maigres sources d'information disponibles – littéraires en particulier – ne permettent manifestement pas d'évaluer ces différences ni l'influence de ces divers facteurs. A cet égard, il peut

être intéressant de noter que la question du recours à l'énergie animale pour la mouture, en particulier au nord des Alpes, n'a, contrairement aux moulins à eau, jamais été sujet de polémique, alors que les témoins littéraires et archéologiques y sont d'une remarquable pauvreté!

De fait, comme l'a plusieurs fois souligné Ö. Wikander, il faut admettre que les écrits antiques, peu nombreux et souvent équivoques, ont été, en ces domaines, surexploités et que seule l'archéologie, grâce à de nouvelles découvertes (et redécouvertes !) et sans doute aussi à l'étude approfondie des meules de grand format⁶⁵, est désormais susceptible d'alimenter un débat encore très largement ouvert.

65. Cf. *infra*, pp. 46 *sqq.*

Situation des 1 et 2 au 10-11
L'axe de l'axe principal 10-11

Le moulin gallo-romain d'Avanches se situe en face
campagne s'étendant de la ville antique, à 240 m
L'axe de l'axe principal 10-11 et à mètres de m
du sud de la voie romaine du Nord-Est (fig. 2-1) à
de l'ouest au sud d'un bras de rivière aujourd'hui
asséché, suivant la direction vers le nord-ouest (fig. 2-
A). Ce cours d'eau correspond sans doute à un ancien
bras du Chamion (ou d'un bras déjà asséché mais très
large de près de 3,50 m pour fig. 22 mètres 1-16). Un
peu en aval du moulin, la rivière était canalisée par un
bancart jadis en bois, à l'emplacement d'un
pont permettant le passage de la route du Nord-Est
(fig. 2-7). Le premier état de ce pont est basé sur la
reconstruction de la type de l'empire. Quelle
type est-ce qui pourrait impliquer un passage à cet
à l'époque antérieure? Des travaux de réhabilitation
contemporains de la construction de moulin (ou de
remplacement) ont été également mis en œuvre dans
ce secteur. Immédiatement avant le bancart, un bras
de canal (fig. 2-5) également très large, se dirigeait
aussi vers le nord-ouest? ou au même endroit, un
bras A du bras B existait-il? Aucune argumentation
ne permet à l'heure actuelle de le dire, et il est ainsi
exclure que le moulin n'ait été alimenté par une
langue d'eau - soit au une autre - soit par les
deux cours d'eau.

Parlant du bras de canal, il faut noter que l'annonce
annonce en amont par une très courte langue d'eau
l'origine des courants, un canal (fig. 2-3) qui se
dirigeait (fig. 2-4) vers le sud-ouest, vers le moulin.
Aucune trace de barrage n'a été observée sur le
pont du bras, mais on ne peut en être sûr.

Le moulin gallo-romain d'Avanches se situe en face
campagne s'étendant de la ville antique, à 240 m
L'axe de l'axe principal 10-11 et à mètres de m
du sud de la voie romaine du Nord-Est (fig. 2-1) à
de l'ouest au sud d'un bras de rivière aujourd'hui
asséché, suivant la direction vers le nord-ouest (fig. 2-
A). Ce cours d'eau correspond sans doute à un ancien
bras du Chamion (ou d'un bras déjà asséché mais très
large de près de 3,50 m pour fig. 22 mètres 1-16). Un
peu en aval du moulin, la rivière était canalisée par un
bancart jadis en bois, à l'emplacement d'un
pont permettant le passage de la route du Nord-Est
(fig. 2-7). Le premier état de ce pont est basé sur la
reconstruction de la type de l'empire. Quelle
type est-ce qui pourrait impliquer un passage à cet
à l'époque antérieure? Des travaux de réhabilitation
contemporains de la construction de moulin (ou de
remplacement) ont été également mis en œuvre dans
ce secteur. Immédiatement avant le bancart, un bras
de canal (fig. 2-5) également très large, se dirigeait
aussi vers le nord-ouest? ou au même endroit, un
bras A du bras B existait-il? Aucune argumentation
ne permet à l'heure actuelle de le dire, et il est ainsi
exclure que le moulin n'ait été alimenté par une
langue d'eau - soit au une autre - soit par les
deux cours d'eau.

Description des vestiges

L'installation proprement dite se situe sur la berge
orientale de ce bras, sur la rive gauche à l'est et au
sud du moulin, dans une zone de pentes et de courbes
prononcées de l'axe de la rivière au bancart. Les
traces ont été observées (fig. 3) à un demi-kilomètre (F-11,
orienté nord-sud, se dirige vers le moulin, un autre (F-12),
dont on peut le dire à la hauteur du moulin, est situé
sur près de 27 m et dont l'axe vers le nord-ouest,
alors qu'un troisième (F-13), protégé par une fosse cir-
culaire (F-14), court parallèlement au bras. La nature
et la fonction de ces structures aménagées
(canal? barrage? remous? obstacles) et leur lien
avec le moulin n'est pas assuré. La maison reculée
dans ce secteur de la vallée est l'habitat contemporain
de l'activité de l'installation (AV007862-7863,
AV017865). A l'est, dans un piédestal (fig. 3-116)
relatif à la construction de la construction de moulin
de l'axe de l'axe principal 10-11. Au nord du secteur, s'élève
un mur de rang de blocs verticaux très imposants et
profondément enfoncés (fig. 3-393, 325-328, 394-
401) qui se prolonge sur une cinquantaine de mètres
jusqu'à la route du Nord-Est à l'angle du banlieue des
villes suburbaines des du moulin. Dans par le bancart.

66. La date de l'aménagement de la route du Nord-Est a
pu être relevée aux environs de 2425 ap. J.-C. sur le bord des
débris de la zone en 1999 dans le cadre d'un projet de
restauration (fig. 2-2-4) G. Castella et L. Flubert, *Archéologie
et patrimoine funéraire à Avanches-en-Champagne*, 1999, 40
p. 100 et 101.

