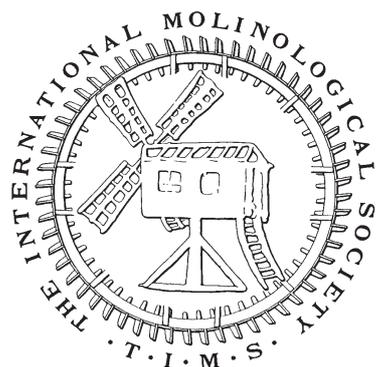


International Molinology



Journal of The International Molinological Society

Editorial

Notre revue fait toujours une nette distinction entre les documents originaux et les communications. Les premiers sont constitués d'articles résultant de recherches individuelles ou d'investigations sur le terrain. Ils enrichissent nos connaissances molinologiques ou comblent une lacune. Parfois l'auteur a consacré de nombreuses années à son enquête avant qu'il ne se sente prêt à partager ses découvertes. Dans ce numéro, par exemple, nous pourrions lire les réflexions d'un de nos membres sur les performances des ailes de moulins, sujet qui l'a préoccupé durant de longues années. Un autre article rapporte la 'découverte' par un ingénieur, lui aussi membre de la TIMS, d'une douzaine de moulins hydrauliques sur le versant abrupt d'une colline en Syrie. Dorénavant, ce pays ne sera plus exclusivement associé aux norias de Hama, quelque intéressants qu'elles soient. En Jordanie - et c'est là le sujet d'un troisième article - des fouilles archéologiques ont révélé l'existence probable d'une scierie hydraulique qui remonterait à l'époque romaine tardive ou aux premiers siècles de la domination byzantine. On en conviendra, c'est là une découverte sensationnelle qui repousse de plusieurs siècles les premières attestations de ce type d'engin.

Les communications sont des nouvelles, des expériences, des appels à l'aide ou des réponses à des articles parus antérieurement. C'est dans cette rubrique que vous trouverez une sélection de cartes postales anciennes de moulins africains disparus, des nouvelles concernant un projet danois cherchant à promouvoir l'énergie hydraulique dans les campagnes de Tanzanie, des notes sur des moulins de Ténériffe rencontrés pendant les vacances, des commentaires sur le moulin-tour tchèque décrit dans IM 62 ainsi que des remarques sur le rapport entre la vitesse de la meule et celle de la roue à eau ou des ailes tel qu'il a été analysé dans IM 63.

L'éditeur demande instamment de lui écrire chaque fois que vous êtes en désaccord avec l'un ou l'autre texte ou que vous avez des informations supplémentaires à communiquer. Le dialogue qui s'établira ainsi entre l'auteur et ses lecteurs profitera à tous.

Les sujets techniques méritent tout autant de figurer au sommaire d'IM qu'au symposium de la TIMS, où la discussion qui suit chaque intervention permet de peaufiner la formulation. L'auteur, qui a appliqué toute son énergie à sa recherche, risque d'interpréter le silence des lecteurs comme une approbation pure et simple à ses points et vue.

Afin de réduire les frais et le travail et afin d'unir autant que possible les quelque 650 membres disséminés un peu partout dans le monde, le règlement de la TIMS prescrit l'anglais comme langue véhiculaire de

l'association. Les membres allemands et français reçoivent, eux, un sommaire des principaux articles dans leur propre langue. Vu la satisfaction qu'ils ont manifestée, nous continuerons à leur rendre ce service. Voici, par exemple, ce qu'écrit un membre français: Faisant suite à la réception du numéro 63 d'International Molinogy, journal très attendu chez les membres de cette vénérable société, tant les articles et les documents présentés sont d'un intérêt exceptionnel, qu'aucun membre n'en saurait contester le contenu. Mais hélas, un sérieux problème existe pour un certain nombre de Français, surtout les anciens, ne sachant lire ou parler la langue anglaise. Etant de ce nombre, j'ai apprécié depuis mon adhésion à la TIMS les résumés traduits très clairement par Annie Candoré puis ensuite par Yves Coutant, concernant les principaux articles publiés dans le journal et de ce fait je reconnais sincèrement l'aide qu'ils ont apportée jusqu'à ce jour à plusieurs d'entre nous. Pour ma part, j'ai le devoir en toute sincérité de les remercier, car sans leur travail, le journal ne serait certainement pas apprécié de la même façon.

Il serait bon, toutefois, que cette pratique s'étende aux autres langues. C'est pourquoi nous aimerions trouver encore quelques volontaires, capables de traduire l'anglais et de nous faire parvenir ponctuellement les résumés des articles.

Nous sommes aussi à la recherche d'un autre volontaire, bien au courant de l'informatique, afin de nous assister dans les publications de la TIMS. A. Bongers, qui assume cette tâche depuis 1994, a décidé de prendre une retraite bien méritée. Il a aidé Ian Scotter dans la réalisation de BM 16, et celui-ci a promis de nous seconder à l'avenir. Il serait sage, cependant, de ne pas faire dépendre d'une seule personne la mise en pages (scanner les illustrations et préparer le lay-out) de toutes nos publications. L'éditeur serait aux anges si quelqu'un parmi vous lui proposait ses services.

Articles Originaux

Les ailes traditionnelles du moulin à vent: forme et puissance

Bien que ce sujet fût d'une importance capitale pour le meunier commercial et le constructeur de moulins, il n'a guère reçu l'attention qu'il mérite dans les publications. En Angleterre, c'est au 19^e siècle que le moulin à vent destiné à la mouture des céréales atteint son apogée, pour décliner bien vite lors du développement des minoteries à vapeur. Cette régression ne se manifesta pas aussi brusquement ailleurs en Europe, où les circonstances économiques n'étaient pas les mêmes. Aux Pays-Bas, par exemple, le moulin à vent traditionnel a survécu plus longtemps et les ailes

ont continué à se développer dans la première moitié du 20e siècle (fig. 1). Un phénomène analogue se remarque à partir de 1891 au Danemark, où le moulin à vent se transforma souvent en générateur d'électricité. Cet article se concentre essentiellement sur les ailes traditionnelles du moulin anglais destiné à la mouture des céréales ou au pompage.

En tenant compte de la grande variété d'ailes, nous nous demanderons dans un premier temps quelle était leur forme la plus performante. Ensuite nous rechercherons la corrélation entre les ailes et la charge. Pour une paire de meules ou une autre charge, cette question se réduit essentiellement à déterminer le rapport d'engrenage entre l'arbre moteur et la charge afin que par une brise 'normale' les ailes produisent la vitesse convenable et, par conséquent, la puissance requise.

Aérodynamisme

En simplifiant à l'extrême, on pourrait concevoir l'aile, telle qu'elle se rencontrait au 19e siècle à travers le Nord-Ouest de l'Europe, comme une surface plane inclinée vers le vent, malgré une certaine torsion et quelques autres imperfections dues à des exigences structurelles et opérationnelles, et malgré une légère courbure en avant des échardolles destinée à guider le vent vers l'aile. On ne chercha pas à lui donner un profil plus aérodynamique. Celui-ci se développa essentiellement lors de la production de surfaces porteuses pour les avions et ne profita au moulin qu'au début du 20e siècle (ailes à la Dekker, par exemple).

1. La torsion

En général il y avait une torsion tout au long de l'aile, qui présentait ainsi vers son extrémité une surface presque perpendiculaire au vent. Dans les ailes les plus anciennes, cependant, cette torsion était négligeable. Elle était même encore absente dans certaines formes d'ailes plus sophistiquées, telles les ailes Berton, où la nécessité de faire chevaucher les volets l'interdisait.

Les origines de cette torsion se perdent dans la nuit des temps. Au milieu du 18e siècle elle constituait un des paramètres dont Smeaton tint compte dans ses recherches en vue d'améliorer le rendement des ailes. Ses expériences révélèrent entre autres que pour un rotor pourvu de quatre ailes à torsion hollandaise (c.-à-d. présentant une surface légèrement concave face au vent), le meilleur rendement était obtenu lorsque les ailes étaient inclinées de $7\frac{1}{2}^\circ$ à leur extrémité et de $22\frac{1}{2}^\circ$ près de la tête de l'arbre. Après avoir allongé les barreaux extérieurs afin de donner à l'aile une surface trapézoïdale, il découvrit que le rendement optimal nécessitait une torsion à accroissement uniforme allant de 10° à l'extrémité jusqu'à 25° près de la tête de l'arbre.

En fait la torsion dérive du mouvement respectif de l'aile et du vent (fig. 3). C'est parce qu'on souhaitait maintenir l'angle d'incidence du vent à peu près constant sur toute la longueur de l'aile qu'on imagina la torsion, qui n'était jamais qu'un compromis, vu que les conditions dans lesquelles le moulin devait opérer variaient constamment. Nous ignorons comment les idées de Smeaton se sont répandues parmi les constructeurs de moulins, mais, sans risque de nous tromper, nous prétendons qu'au 19e siècle ce compromis était essentiellement fondé sur l'expérience, comme nous le révèlent les nombreuses variantes régionales.

Ici l'auteur analyse quelques-unes de ces variantes et précise qu'on a peut-être souhaité des angles de plus de 26° à proximité de la tête de l'arbre, mais qu'à moins d'avoir des ailes extrêmement étroites à cet endroit, on courait le risque de heurter la corps du moulin. Dans le Suffolk, toutefois, plusieurs ailes de moulins sur pivot semblent avoir eu des angles fort aigus près de la tête de l'arbre, comme on le remarque sur la photo 6. Malheureusement aucun moulin de ce type n'a survécu.

L'auteur a l'impression qu'on réduisit l'angle des ailes au fur et à mesure des restaurations successives. Il appelle les propriétaires d'anciens moulins à mesurer avec précision l'angle de leurs ailes et les restaurateurs à respecter scrupuleusement les ailes originales: même si celles-ci ne correspondent plus guère aux normes actuellement en vigueur, elles étaient assurément performantes.

2. Vitesse circonférentielle

La vitesse circonférentielle et le rapport vitesse circonférentielle / vitesse du vent sont aussi des paramètres aérodynamiques importants. Comme le démontre la fig. 3, ce rapport devrait dépasser l'unité quand le moulin fonctionne à vitesse de croisière dans un vent constant. Les turbines modernes sont le plus performantes à un rapport de 6 ou plus, alors que pour les anciens moulins anglais un rapport de 2 ou 2.5 semble avoir été suffisant.

3. Angle d'incidence

Dans le moulin à vent l'angle d'incidence est défini comme dans la fig. 3 (angle a). Pour chaque point situé le long du rayon de l'aile, c'est l'angle entre le barreau de l'aile et la direction du vent mesuré par rapport au mouvement de l'aile¹, notion que nous qualifierons dorénavant de 'vent apparent'.

La force aérodynamique 'utilisable', la poussée, est perpendiculaire par rapport à la direction du vent apparent. La résistance, qui s'oppose au mouvement des ailes, est, elle, dans la direction même du vent apparent. Pour une aile plate la poussée s'accroît jusqu'à un angle d'incidence de 40° , alors que la résistance s'accroît rapidement selon l'incidence.

Bien que la vitesse du vent ait tendance à diminuer légèrement lorsque le vent s'approche du moulin, cet effet de frein s'avère fort réduit pour les moulins traditionnels.

4. Inclinaison de l'arbre moteur

L'inclinaison de l'arbre moteur, qui varie elle aussi selon les régions, se situe le plus souvent entre 10° et 15° . Les avantages? Les extrémités des ailes sont plus éloignées du corps du moulin et le poids des ailes ne repose plus tout entier sur le seul marbre du grand collet. Puisque l'angle d'incidence varie durant chaque révolution des ailes, cette inclinaison doit avoir elle aussi des effets aérodynamiques.

5. Profil aérodynamique

Le développement de l'aviation a fait progresser la science de l'aérodynamisme. On chercha le profil idéal pour les ailes d'avion et bien vite on eut l'idée d'appliquer au moulin les résultats de ces recherches. Comme nous l'avons vu plus haut, cela se fit surtout aux Pays-Bas où les moulins à vent ont joué plus longtemps un rôle économique valable. Le système qui a eu le plus de succès fut celui que proposa l'ingénieur A. J. Dekker de Leyde (voir fig.1). Le seul moulin anglais à avoir profité des inventions du continent, c'est celui d'Over (Cambridgeshire) qui possède deux ailes à la Fauel.

6. Largeur de la voile

Les ailes étaient le plus souvent de forme rectangulaire. Certes, il y eut des exceptions. La fig. 2 prouve qu'il a existé des ailes s'élargissant vers l'extérieur. Mais il y a eu aussi des ailes qui se rétrécissaient à cet endroit (fig. 7)! Pour les moulins encore existants, la largeur des ailes, variable aussi selon la région, va de 1.76m à 2.90m, la moyenne se situant entre 2.18 et 2.27m.

7. Nombre d'ailes

Smeaton croyait que cinq ailes seraient l'idéal pour le moulin

traditionnel. Elles furent introduites dès 1758 sur un moulin de Leeds. Par après on équipa certains moulins de six, voire de huit ailes. A première vue la puissance du moulin ne peut que se développer si on pourvoit l'arbre moteur d'une nouvelle tête et qu'on le transforme en moulin à cinq ailes. Bien qu'en théorie l'effet de frein devrait s'accroître lorsqu'on dépasse ce nombre de cinq ailes, il semble que les moulins à ailes nombreuses aient donné pleine satisfaction.

Mais, comme le prouvent les turbines modernes, qui ne possèdent que trois pales, la vitesse du moulin dépend plutôt de l'angle des ailes que de leur nombre.

Aspects mécaniques

1. Adaptation des ailes à la charge

L'indice de puissance du moulin traditionnel (courbe qu'on obtient en traçant la puissance produite par les ailes en fonction de la vitesse de rotation par vent constant) aura la forme générale que montre la fig. 8. Il permettra ensuite de calculer les courbes de puissance pour les différentes vitesses du vent (fig. 9).

La charge exigera le plus souvent un indice de puissance de forme différente: celui-ci ne correspondra au rendement que pour un petit nombre de vitesses, souvent même une seule vitesse. L'intersection de l'indice de puissance du moulin à vent et celui des meules définit la vitesse opérationnelle du moulin.

Il va sans dire que la puissance nécessaire pour entraîner les meules dépend de nombreux facteurs, tels la qualité du grain, son humidité, la position de la trempure, etc.

En tout cas, si les ailes sont mal connectées à la charge, c'est-à-dire si l'engrenage est mal conçu ou si la charge est trop lourde, les meules tourneront trop lentement ou trop vite, ou ne tourneront pas du tout.

2. Rapports d'engrenage

En Angleterre, la moyenne des rapports d'engrenage était de 1:10: le gros fer y tournait à peu près dix fois plus vite que l'arbre moteur. Les rapports extrêmes étaient de 1:7.80 à Wicken et de 1:12.32 à Theltenham.

Il est clair que les meules peuvent produire une bonne farine à diverses vitesses. Certains auteurs préconisaient des vitesses allant jusqu'à 140 révolutions par minute ou plus pour des meules de 1.22m de diamètre. En général, cependant, les meules des moulins traditionnels tournaient plus lentement: une vitesse de 80 à 100 tours/minute semble avoir été l'idéal pour des meules d' 1.37m.

Dans le reste de l'article, l'auteur s'intéresse plus particulièrement à deux moulins à vent, un moulin à farine et un moulin de pompage. Il y calcule la puissance requise et pour le premier il étudie surtout le rapport qui existe entre cette puissance et l'espace entre les meules, leur diamètre et la vitesse.

Validation

Dans l'état actuel des connaissances nous en sommes réduits aux conjectures si nous voulons calculer d'une manière théorique les performances du moulin traditionnel. Faute de données précises concernant ces moulins, les résultats des calculs nous donnent des indications qui ne sont valables que pour la situation actuelle.

Ce qui est prometteur pour la validation des calculs, c'est que le programme informatique a prédit assez correctement les performances des éoliennes modernes. Du point de vue de l'aérodynamisme, les ailes du moulin traditionnel sont si complexes que nous n'avons aucune garantie, toutefois, que le programme soit tout aussi valable pour le calcul précis de

leurs performances.

La validation définitive ne peut être donnée que par un test exécuté sur un moulin traditionnel. Si les frais d'équipement rendent un tel test aléatoire, il vaut la peine, malgré tout, d'ébaucher comment on parviendrait à mesurer les performances d'un moulin à vent à farine (appendice 4).

Quelques remarques pour conclure

Cet article se base sur l'expérience acquise au cours de plus de vingt-cinq ans consacrés à la construction des moulins. La recherche est évidemment incomplète, puisqu'elle ne fut toujours qu'une activité secondaire par rapport à la réparation des moulins. C'est pourquoi l'auteur accueillera avec joie toute donnée relative à d'autres moulins, de préférence selon le schéma de l'appendice 3.

Est-il nécessaire de préciser que les aspects théoriques de l'article sont sujets à discussion et à retouches? Vu la complexité du sujet, l'auteur s'est naturellement vu contraint à quelques approximations, la plus flagrante étant celle qui consiste à concevoir l'aile comme une surface plane tordue. De nombreux autres facteurs structuraux auraient dû entrer en ligne de compte.

Malgré ces quelques défauts dont l'auteur s'excuse à l'avance, c'est vraisemblablement la toute première fois qu'on essaye de calculer sérieusement l'indice de puissance du moulin traditionnel.

- 1 Le vent mesuré par rapport au mouvement de l'aile correspond en quelque sorte à la vitesse du vent telle que l'éprouverait un observateur chevauchant l'aile.

Une scierie mécanique au 6e siècle

Le réexamen de vestiges exhumés à Jerash (l'antique Gerasa) en Jordanie dans les années '30, évoque la présence d'une scierie hydraulique vieille de 1500 ans. Jusqu'à présent on s'imaginait que cette machine avait été inventée au Moyen Âge. Certes, il y a le fameux poème d'Ausone (367), mais ce texte, qui situe une telle scierie sur les rives de la Ruwer, un affluent de la Moselle, a suscité de vives controverses, d'autant plus qu'aucune trace matérielle d'utilisation de la force hydraulique à des fins de sciage n'a pu être identifiée pour l'Antiquité.

Découverte des années trente

En 1932 ou 1933, les membres des équipes anglo-saxonnes de la British School of Archaeology de Jérusalem et de la Yale University dégagèrent sur le site de Jerash l'extrémité orientale du cryptoportique méridional du sanctuaire d'Artémis. Une des salles souterraines mises au jour abritait les vestiges d'une installation hydraulique restée totalement ignorée en raison de l'arrêt brutal des recherches.

Dans la cour du sanctuaire, un double canal alimentait deux vastes citernes. L'une d'elles servait de bief et probablement de bassin de régulation à un moulin hydraulique établi à plus de trois mètres en contrebas, dans la salle du cryptoportique. Les murs du coursier et du canal de fuite y sont préservés, ainsi que les deux emplacements des paliers de rotation de l'arbre d'une roue hydraulique verticale. Lors des fouilles, les archéologues anglo-saxons découvrirent également dans la même salle deux tambours de colonnes en cours de sciage.

Vestiges du moulin

Les éléments actuellement visibles permettent de restituer une roue à augets à arbre horizontal, large de 50cm et d'un diamètre de 4 à 4.50m.

L'absence de tout fragment de meule et surtout la présence de deux paliers de rotation conservés sur le sommet des murs du coursier, immédiatement de part et d'autre de la roue, permettent d'exclure que celle-ci ait appartenu à une meunerie, où la présence de rouages et d'engrenages oblige à placer les deux paliers à des distances différentes par rapport à la roue. Les stries d'usure circulaires relevées sur les parois extérieures des murs du coursier proviennent vraisemblablement de deux disques de bois verticaux terminant le très court arbre horizontal d'une roue alimentée par le dessus.

Des millefeuilles de colonnes

Chacun des deux tambours de colonnes de calcaire abandonnés dans la salle présente quatre amorces de sciage interrompues au même niveau malgré la courbure des blocs. Ces caractéristiques conduisent à envisager l'emploi de scies à plusieurs lames montées en parallèle. A coup sûr, ces scies, enchâssées dans un cadre de grandes dimensions, s'utilisaient verticalement pour profiter de la pesanteur. De plus, la régularité des traces de débitage prouve que les scies devaient être guidées par des bâtis extérieurs. Enfin, la présence des deux tambours de colonne de plus de deux tonnes chacun révèle qu'ils y furent amenés volontairement, ce qui suggère que leur débitage ne pouvait se faire ailleurs. De tout ce qui précède, l'auteur conclut qu'un lien direct dut exister entre le moulin à eau et les tambours en cours de débitage, en d'autres termes, que nous sommes ici en présence d'une scierie hydraulique où une roue de dessus à augets entraînait deux scies à quatre lames permettant de débiter simultanément huit plaques de pierre dure.

Une scierie vieille de 1500 ans?

Puisque dès le 5^e siècle le sanctuaire d'Artémis servit de carrière de pierre et qu'en 749 le site fut laissé à l'abandon suite à un tremblement de terre, il faut situer l'installation mécanique entre ces deux termes. Il est même possible d'être plus précis: c'est à l'époque de Justinien et de ses successeurs immédiats que Gerasa profita d'une relative prospérité: on construisit alors plus de vingt églises et chapelles ainsi que des thermes, tous bâtiments gros consommateurs de dalles et de plaques de pierre.

Outre l'ancienneté de la datation, le plus extraordinaire réside dans le dispositif mécanique vraisemblablement utilisé pour transformer le mouvement circulaire de la roue à augets en mouvement longitudinal alternatif nécessaire au fonctionnement des scies. L'auteur suppose donc que le disque de bois à chaque extrémité de l'arbre moteur portait un goujon métallique excentré. Le mouvement alternatif aurait été assuré par de longues bielles, fixées et articulées à la fois sur les scies et sur les goujons. L'ensemble aurait été équilibré par l'utilisation simultanée des deux extrémités de l'arbre.

La découverte de Jerash, restée inédite pendant soixante-dix ans, montre que la mise au point du système bielle/manivelle et son utilisation dans une installation mécanique artisanale de sciage remonterait au moins au 6^e siècle en Orient. Il est donc possible qu'Ausone ait bien vu sur les bords de la Moselle, non loin de Trèves, des moulins ... tirant des scies au bruit strident sur des blocs de marbre.

Les moulins à eau de Tell Shihab (Syrie)

Introduction

Les sources littéraires qui évoquent les premiers moulins à eau renvoient au Croissant Fertile, berceau d'anciennes cultures. L'archéologie y a mis au jour des meules tournantes manoeuvrées à la main remontant à 1500 avant notre ère.

Il y a trois ans, l'auteur de l'article entreprit sa quête d'anciens moulins à eau dans le Sud de la Syrie, région que les historiens qualifient volontiers de grenier de l'Empire Romain. C'est ainsi qu'il parvint au site exceptionnel de Tell Shihab, où de nombreux moulins sont concentrés à proximité d'une cascade du Wadi Chaled. Cette vallée rejoint le Yarmouk, qui constitue la frontière avec la Jordanie. Située à quelques kilomètres des territoires occupés par Israël, la contrée semble aujourd'hui perdue et abandonnée.

Jusqu'à une époque assez récente ces moulins à eau furent en activité; ils ont commencé à périr lorsque l'eau fut captée pour l'irrigation et qu'un diesel bon marché et l'électrification amena l'établissement de minoteries dans les agglomérations. Aujourd'hui, il ne reste qu'un petit cours d'eau, juste suffisant pour alimenter la cascade.

Les ruines impressionnantes, qui gardent jalousement le secret de leurs origines, nous lancent un défi: à nous de découvrir comment ces moulins virent le jour et de préserver le site comme preuve tangible d'une culture basée sur la mouture du grain.

Localisation des moulins

La figure 3 et le schéma montrent comment les moulins étaient implantés. On y distingue trois cascades: la cascade occidentale avec les moulins T1, S5, S6, qui cessèrent probablement de fonctionner lorsque l'activité se concentra plutôt vers le centre et l'est; les cascades orientales avec les moulins T2, T3, T4 établis sur le talus au pied de la falaise; la cascade centrale enfin, avec seulement les moulins S2 et S9, qui tournaient grâce à une nappe d'eau intermédiaire au pied de la chute supérieure. Le cours d'eau principal passait vraisemblablement par le moulin T4 pour diverger vers la cascade orientale avec les moulins S10, S11, S12 et, plus loin, les moulins S8 et S9. A leur sortie, les eaux qui avaient alimenté ces différents moulins rejoignaient le fleuve au creux de la vallée. De là trois autres biefs amenaient l'eau aux moulins de la vallée V13 et V14.

Deux types de moulins

Le site regroupe deux sortes de moulins: les moulins que la population locale qualifie de moulins romains - ce sont les moulins *arubah* de la littérature molinologique - et ceux qu'elle nomme moulins ottomans.

Dans les premiers, un aqueduc amène l'eau à une tour-réservoir, d'où un conduit la fait descendre vers le dispositif qui dirige le jet d'eau sur les pales. Les autres sont entraînés par une chute inclinée à ciel ouvert.

Puisque seuls dix des 39 moulins sont du type *arubah* et que ceux-ci se situent dans les meilleurs sites près des chutes, nous supposons qu'ils furent les premiers à être construits.

Description de moulins typiques

Les moulins *arubah* :

Les trois moulins construits sous la nappe d'eau intermédiaire près des chutes sont les plus anciens: ils datent de l'époque romaine. Ils possèdent un aqueduc en pierre qui débouche dans le conduit carré, lui aussi en pierre, d'une tour-réservoir haute de sept à neuf mètres. En bas, à quelque 1.20m au-dessus du niveau de sortie, l'eau pénétrait dans un tuyau coudé d'une longueur d'environ 1.30m qui aboutit dans une pierre creuse de 60 x 80cm à trou central de 20cm de diamètre. Le trou possède une section carrée (30 x 30 cm), d'une profondeur de 11 cm. Bien qu'aucun dispositif en bois ou en acier ne subsiste, nous supposons que c'est à cet endroit que se réglait le jet d'eau.

Après avoir été dirigée vers la roue horizontale, l'eau s'engouffrait dans un tunnel de 1.50m de largeur situé sous le moulin. L'arbre vertical traversait le plancher où quatre pierres marquent l'emplacement de la meule gisante. Le moulin construit en pierre de taille était voûté et possédait deux entrées qui se faisaient face.

Bien que du type *arubah*, le moulin V13 présente quelques différences notoires, dues peut-être à une reconstruction consécutive à un tremblement de terre ou à une crue.

Les moulins ottomans:

Ils sont situés en haut du site. L'eau était conduite vers un point de distribution d'où elle s'écoulait dans quatre chutes à ciel ouvert inclinées d'à peu près 45°. De là elle atteignait la façade arrière du moulin où des tuyaux l'amenaient vers les roues. La décharge par un tunnel y est similaire à celle des moulins *arubah*. Ces moulins possédaient le plus souvent deux paires de meules. Tout porte à croire qu'ils furent construits à une époque plus tardive, lorsque la demande en mouture s'était accrue. Puisque les moulins *arubah* sont en bon état, il faut supposer que les moulins ottomans ne les ont pas remplacés mais que les deux types ont fonctionné simultanément.

L'auteur est conscient qu'il n'a esquissé ici que les caractères généraux de ces moulins et qu'il faudra de nouvelles investigations et de nouvelles fouilles pour lever le voile sur leur origine et les modifications qu'ils subirent au cours des siècles.

L'industrie meulière d'Houlbec-Cocherel (Eure)

Bien que fermées depuis longtemps, les carrières de pierre meulière d'Houlbec-Cocherel jouissaient d'une réputation régionale qui n'était dépassée que par celle des gisements de La Ferté-sous-Jouarre, à quelque 30 km au nord-est de Paris.

La pierre

L'information la plus ancienne concernant ces carrières provient d'un mémoire d'un certain M. Guettard, adressé le 19 avril 1758 à l'Académie des Sciences et intitulé simplement Sur la pierre meulière. Après avoir retracé l'histoire des différentes sortes de pierre ayant servi à fabriquer des meules depuis 1558, Guettard identifiait la *pierre meulière* à 'une sorte de silex semblable à la pierre à fusil, qui pouvait être non poreuse ou poreuse, d'une couleur rougeâtre ou jaunâtre aux teintes variant jusqu'au blanc ou même au bleu'. Il considérait Houlbec-Cocherel et La Ferté-sous-Jouarre comme les deux gisements principaux de *pierre meulière*.

En 1810, Brogniard fit un rapport enthousiaste du site: La couche de *pierre meulière* qu'on exploite a une épaisseur de deux mètres. Elle repose sur de l'argile imperméable et est ensevelie sous un lit de pierre meulière fragmentaire, connue sous le nom de rochard, lui-même recouvert de sable argileux ferrugineux et de cinq à six mètres de gravier.

Le troisième texte dont nous disposons pour cette étude est à peu près contemporain de celui de Brogniard: c'est un rapport dans lequel le préfet du département de l'Eure précise que les carrières, jadis florissantes, ne servent plus qu'à équiper en meules les moulins de son département et que, malgré leur coût plus élevé, les meuniers préfèrent les *meules briardes* de La Ferté-sous-Jouarre, plus dures, plus compactes et d'une durée de vie plus longue.

Les carrières

Houlbec-Cocherel possédait plusieurs carrières. Les détails donnés

par Guettard ressemblent à ceux que nous lisons chez Brogniard. Les couches de *pierre meulière* se présentent sous forme de blocs ayant un pied et demi à deux pieds d'épaisseur, mais à certains endroits cette épaisseur peut atteindre cinq à six pieds. Leur longueur est de sept à huit pieds et leur largeur de cinq pieds.

Les meules

La fabrication des meules différait de celle de la Ferté-sous-Jouarre. Tout d'abord, les meules d'Houlbec-Cocherel étaient composées de quartiers qu'on taillait et assemblait *in situ*. La Ferté-sous-Jouarre produisait elle aussi de petits blocs, mais elle laissait aux destinataires le soin d'en fabriquer des meules. Après l'assemblage à Houlbec-Cocherel, les ouvriers se servaient d'une corde pour déterminer d'une manière plutôt empirique le centre, l'oeil de la meule. C'est de là que dérive le nom du bloc central qualifié d'*oeillard*.

Les meules étaient plutôt larges, mais n'étaient pas toujours bien régulières. Guettard, qui critiquait leur manque de finesse, ajoutait cependant que leur réputation se basait moins sur leur apparence que sur la qualité du matériau.

Les meules produites à Houlbec-Cocherel n'étaient pas rayonnées: la mouture s'y effectuait grâce aux arêtes des pores, qui coupaient le grain plutôt que de le pulvériser. Il fallait donc que ces pores recouvrent toute la surface de la meule. Comme à La Ferté-sous-Jouarre, les meuniers attribuaient différentes qualités aux meules selon leur teinte: ils préféraient toujours la pierre bleue à la pierre blanche ou rouge. Comme à la Ferté-sous-Jouarre aussi, on exportait vers l'Angleterre et les Pays-Bas les blocs que les fabricants de meules locaux jugeaient trop petits, parce que - toujours selon Guettard - là ils servaient encore à la confection de meules.

Les ouvriers

Assez curieusement, les ouvriers ne travaillaient que de la Toussaint jusqu'à la mi-avril ou au début du mois de mai. Ils prétendaient qu'en été la fraîcheur au fond des carrières risquait de leur être fatale.

Emplacement des carrières

Voir le texte anglais.

Distribution des meules à partir d'Houlbec-Cocherel

Dans l'Eure, en 1808, la plupart des meuniers des arrondissements d'Evreux et de Louviers se fournissaient en meules à Houlbec-Cocherel. Les moulins à eau de Bernay, de Pont-Audemer et des Andelys fonctionnaient, quant à eux, avec des meules de La Ferté-sous-Jouarre. Nous trouvons toutefois des meules d'Houlbec-Cocherel dans les quatre moulins à vent des Andelys.

Dans le département de l'Oise, dont les statistiques sont malheureusement insuffisantes, la majorité des meuniers s'approvisionnaient en *meules briardes*. Seul le moulin d'Auchy-en-Bray possédait une meule d'Houlbec-Cocherel.

Les statistiques de 1808 précisent encore qu'on trouvait des meules d'Houlbec-Cocherel dans plusieurs moulins de Seine-et-Oise.

La plupart des moulins équipés de meules d'Houlbec-Cocherel étaient situés sur la Seine, sur un de ses affluents ou à proximité immédiate. Mais là aussi les meules de la Ferté-sous-Jouarre étaient tout aussi présentes. N'oublions pas que même les ouvriers d'Houlbec-Cocherel admettaient la supériorité des pierres de la Ferté-sous-Jouarre...

Fermeture des carrières

Nous ignorons quand les carrières d'Houlbec-Cocherel furent

fermées. A Paris, à l'exposition de 1885 consacrée à l'équipement meunier, il y avait encore un stand où on présentait des meules de cet endroit. En facilitant le transport des blocs provenant des principales entreprises rivales, telle La Ferté-sous-Jouarre, le chemin de fer, dont l'essor se situe vers 1870, a assurément porté un coup fatal aux carrières à vocation régionale. Vers le milieu du 19^e siècle, les gisements d'Épernon, qui étaient situés à peine à 50 km de ceux d'Houlbec-Cocherel et qui produisaient une pierre meulière non poreuse convenant à merveille à la mouture américaine, se développèrent rapidement. Nous supposons que la plupart des carrières d'Épernon furent contrôlées par les grandes entreprises de La Ferté-sous-Jouarre et qu'elles débauchèrent les ouvriers d'Houlbec-Cocherel. Même les carrières de Cinq-Mars-la-Pile en Indre-et-Loire cherchaient à la même époque à recruter les ouvriers spécialisés d'Houlbec-Cocherel.

Moulins à marée en Allemagne

Les côtes allemandes de la mer du Nord n'ont pas connu de moulins à marée, parce qu'elles étaient dépourvues de sites adéquats et peut-être aussi parce que le besoin de sources énergétiques d'appoint ne s'y faisait pas sentir. Toutefois, la marée est encore sensible dans l'estuaire de l'Elbe jusqu'à Hambourg, où le coefficient atteint 2.80m. Grâce à la construction de barrages sur certaines branches du delta, on a pu y établir des moulins à marée plus loin des côtes qu'on ne le fit ailleurs en Europe. Trois facteurs ont favorisé la construction de tels moulins à Hambourg au 16^e siècle. D'une part, le réseau de canalisations de la ville fut amélioré et les canaux approfondis. D'autre part, des écluses plus performantes permirent l'utilisation de ces canaux comme réservoirs pour moulins à marée. Enfin, il semble acquis aujourd'hui que les connaissances relatives au fonctionnement des moulins à marée furent importées à Hambourg par les commerçants qui avaient visité l'Angleterre, la France et les Pays-Bas plutôt que par les immigrants hollandais.

L'installation marémotrice la plus ancienne fut probablement celle de l'écluse de Graskeller, qui date de 1535 (fig. 1, 2). On y adjoignit un moulin à farine qui fonctionna jusqu'en 1859. En 1554 un moulin à fouler à marée fut érigé sur la rive droite de l'Alster sur le Niederdamm près de la Mühlenbrücke, en remplacement d'un simple moulin à eau qui remontait à 1195, mais dès l'année suivante le moulin à fouler fut transformé en moulin à grain. Rénové en 1668, il resta en activité jusqu'en 1839 (fig. 3). Les moulins du Niederdamm possédaient douze paires de meules qui produisaient de la fleur de farine, de la farine et du malt. A l'Oberdamm il y avait quatre moulins à marée qui, en 1725, faisaient tourner quinze paires de meules. Deux autres moulins à marée destinés, eux, au foulage, les Poggenmühlen, étaient implantés à Wandrahm: l'un fut transformé en moulin à farine en 1609, tandis que l'autre servit aux brasseurs dès 1662. Ils possédaient trois paires de meules et ne furent démantelés qu'en 1854. L'un fonctionnait à marée montante, l'autre à marée descendante. A la demande des habitants, l'on construisit encore un moulin à marée au Kleinen Fleet en 1615. Ce moulin à farine fut opérationnel jusqu'à sa démolition en 1832.

A partir de la seconde moitié du 16^e siècle jusqu'au milieu du 19^e siècle et peut-être même plus tard¹, la force marémotrice dispensait de l'énergie à Hambourg. Puisque les canaux en amont de la ville étaient bloqués par des barrages, il n'y avait pas de moulins à marée à cet endroit, mais on a suggéré qu'en aval, à Stade et à Bütsenfleth, on trouvait deux autres moulins de ce type, dont malheureusement nous ne savons presque rien.

1 Un Panstermühle aurait pompé l'eau à Hambourg jusque vers 1880-

Le site web de la TIMS se développe

Depuis 1998 la TIMS s'est présentée elle-même sur Internet sous l'adresse universelle <http://tims.geo.tudelft.nl>. W. Beek de Voorburg (Pays-Bas) et G. Bost de Berlin (Allemagne) en ont toujours été les gestionnaires. Le site web de la TIMS est administré à partir d'un ordinateur situé à l'Université technique de Delft, où W. Beek travaille. Au fur et à mesure que le site se développait, devenant ainsi un moyen essentiel de faire connaître notre association et permettant aux utilisateurs de se connecter à d'autres sites molinologiques, nous sentions qu'il fallait un nom plus simple et plus immédiatement reconnaissable. Malheureusement, le plus évident, avec simplement tims, était déjà utilisé par quelqu'un d'autre. C'est pourquoi, après maintes discussions au Conseil de 2001, W. Beek a opté pour la nouvelle adresse

<http://www.tismills.info>

Cette nouvelle adresse n'aura aucune influence sur la manière d'entrer en contact avec les pages de la TIMS au moyen d'un navigateur. Aussi bien l'ancienne adresse que la nouvelle seront opérationnelles et vous raccorderont au même site aux Pays-Bas. En d'autres termes, si vous avez déjà marqué le site web parmi vos favoris, ne changez rien: vous serez immédiatement dirigé vers le site web de la TIMS, comme vous l'étiez auparavant.

Les gestionnaires du site web de la TIMS veilleront à ce que tous les moteurs de recherche actualisent leurs liens avec les pages de la TIMS.

Les Mill Links constituent indéniablement une des sections les plus populaires de notre site web: ils donnent accès à d'autres sites de moulins à travers le monde. L'un des meilleurs, sinon le meilleur, est Molinos de Viento en la Bibliotheca del Tío Kinke (Moulins à vent dans la bibliothèque de l'oncle Kinke), qu'on trouve sous <http://web.jet.es/plopezp/index.html> et qui est géré par notre membre espagnol P. López-Pintor Díaz-Galliano. Ce site, clairement structuré, est consacré exclusivement aux moulins. Il possède différentes sections fort intéressantes et ouvre un réseau mondial à ceux qui s'intéressent aux moulins dans le sens le plus large du terme. Le site est bilingue: espagnol et anglais. La section Novedades (additions récentes), qui présente chaque mois de nouvelles informations et de nouvelles connexions, mérite toute votre attention. Au cas où vous ne l'auriez pas encore fait, nous vous recommandons d'y jeter un coup d'oeil.

Le Conseil espère utiliser davantage notre site web pour diffuser des informations aux membres de la TIMS. Ceux qui le visitent régulièrement auront déjà noté la nouvelle section Dates for your Diary (A noter dans votre agenda): elle vous informe e.a. des activités à venir tels l'excursion et le prochain symposium.

Dans une autre section Call for Help, nous demandons votre aide pour l'achèvement du Dictionnaire de Molinologie, un projet géré par notre membre du Conseil B. Moog. S'il vous plaît, consacrez y toute votre attention et voyez si vous êtes à même de lui communiquer l'un ou l'autre terme manquant.

Notre membre du Conseil L. Riggs a proposé la mise en vente d'articles se rapportant aux moulins aussi bien au moyen d'une brochure qu'au moyen d'un magasin virtuel localisé sur notre site web, ce qui procurerait quelques ressources financières supplémentaires à la TIMS et permettrait aux amis des moulins d'acquérir des livres et d'autres articles provenant de toutes les parties du monde. Ce projet sera élaboré plus en détail dans un proche avenir.

Quelques membres ont lancé l'idée de composer une banque de données avec description et photo de tous les moulins existants, en

commençant par ceux de pays dont jusqu'à présent nous disposons de peu d'informations. L'idée exige un travail considérable et une colossale infrastructure technique. Avant de démarrer un tel projet, il nous faut l'aide de gens compétents. Si vous êtes intéressé, nous vous serions reconnaissants de vous adresser à l'un des auteurs de cet article. Nous sommes à la recherche de membres capables de mettre en oeuvre d'immenses banques de données (nous pensons utiliser Microsoft IIS et Office) et possédant de préférence une connexion ADSL.

En tout cas, les gestionnaires du site invitent tous les membres à leur envoyer des commentaires et des compléments: le site web appartient à tous les membres de la TIMS.

La Pierre et le Pain: les carrières de pierre meulière de Quaix-en-Chartreuse (XVIe-XVIIIe siècle)

A. Belmont

Histoire et Sociétés Rurales, 16, 2e semestre 2001, pp. 45-79

L'auteur, A. Belmont, se consacre pour le moment à un immense travail de recensement des carrières de pierre meulière en France du 16e au 18e siècle; cet article constitue en quelque sorte un échantillon du résultat final.

L'étude combine les fouilles archéologiques et les témoignages archivistiques. A. Belmont s'est acharné non seulement à dépoussiérer les documents de l'époque mais aussi à déblayer des tonnes de débris et de végétations sur le site même. Il localise avec précision les carrières de Quaix-en-Chartreuse (Isère): on les trouvera sur la carte Michelin 77, pli 5 NO, ou sur la carte IGN 52, à quelque 9 km au nord du centre de Grenoble. Son équipe a dégagé le site et mis en évidence les différentes étapes suivies par les carriers pour extraire et tailler les meules sur le versant de l'aiguille qui domine Quaix et qui se compose d'un conglomérat de quartz.

Aux dires de Belmont, des centaines de carrières comme celle-ci approvisionnaient chacune leur propre localité, mais la qualité des meules de Quaix était telle qu'au 18e siècle, profitant de meilleures routes, l'on se mit à les transporter jusqu'à 70 km à la ronde. Ceci profita à son tour, lentement mais sûrement, à la qualité de la farine et du pain locaux. Cependant, comme les transports par route et par eau se développaient et que les Français se montraient de plus en plus difficiles quant à la qualité de leur pain, le marché des pierres meulières se vit bientôt dominé par les produits de la Ferté-sous-Jouarre et quelques autres carrières qui ravitaillaient les entrepôts de Lyon.

Au fur et à mesure qu'il progresse dans son étude, l'auteur est de plus en plus convaincu qu'en ce qui concerne les meules, le passage de l'approvisionnement local à l'approvisionnement régional voire national a été un phénomène général. Ceux que le sujet intéresse attendent avec impatience la publication de l'oeuvre majeure de Belmont dans le courant de cette année: de toute évidence ce sera une étude claire et vivante de l'industrie meulière telle qu'elle existait en France avant qu'elle ne fût écrasée par les cylindres.

Le Conseil d'Administration de la TIMS

Le Conseil d'Administration de la TIMS tiendra sa réunion annuelle à Amadora, Portugal, les 8 et 9 juin. Outre l'agenda habituel concernant les finances, les affiliations, les publications etc., il examinera les propositions faites par notre Membre du Conseil portugais, Jorge Miranda, relatives au Symposium qui aura lieu au Portugal en 2004. Nous en ferons un rapport détaillé dans *IM 65*.

Publications

1. Nous travaillons momentanément au volume BM de 2002 Les moulins de Béliador.

2. La situation financière de la TIMS s'améliorerait si nous parvenions à vendre plus d'exemplaires de nos publications à des lecteurs qui ne sont pas membres de notre association. Nous avons espéré que les personnes intéressées par l'histoire économique et les développements de la technologie en Flandre seraient nombreuses à vouloir acquérir BM 16, mais malgré la publicité faite dans les médias, le stock ne diminue guère. Si l'un de nos membres a l'habitude de parler en public des moulins et qu'il puisse faire de la publicité et vendre l'une ou l'autre de nos publications, nous lui saurions gré de s'adresser à notre responsable des publications, Leo van der Drift, afin de voir avec lui les possibilités de démonstration et de vente.

3. BM 13 est l'index de tout ce que la TIMS a publié entre 1965 et 1997. Il a été réalisé par notre membre canadien Frans Woons. Nos membres en ont reçu un exemplaire gratuit. Mais depuis 1997, plusieurs centaines de nouveaux articles ont paru et nous nous verrons bientôt dans l'obligation de mettre l'index à jour. F. Woons a continué à noter tout ce qui paraissait, mais il aimerait que vous lui fassiez des propositions en vue d'améliorer la présentation de l'ensemble.

Le dictionnaire TIMS de la molinologie

Une version provisoire du dictionnaire TIMS de la molinologie, due à Berthold Moog et son équipe, a été distribuée à un petit nombre de membres afin qu'ils la testent pendant six mois. Ce dictionnaire est le résultat d'un travail considérable et nous voudrions nous assurer au maximum aussi bien du contenu que de la présentation avant d'en publier la version définitive destinée à tous les membres de la TIMS. Au cas où vous souhaiteriez être impliqué activement dans cette phase de l'élaboration (vos commentaires et votre contribution seront alors essentiels pour nous!), s'il vous plaît, contactez l'éditeur ou Berthold Moog.

Liste des adresses

Aidez-nous à tenir notre banque de données à jour en informant le représentant national de la TIMS ou le secrétariat de tout changement à apporter à votre adresse, e-mail et numéro de téléphone, tels que nous les publions.

Anders Jespersen

Anders Jespersen a quitté son ancienne maison. Il ne se porte pas bien et se fatigue vite. Sa femme demande que ses amis de la TIMS ne lui écrivent plus, car leur répondre lui demande trop d'efforts. Que rien ne trouble sa quiétude et qu'il jouisse encore de la meilleure santé possible pour son âge.

Claude Rivals

C'est avec grande tristesse que nous annonçons le décès, survenu le 27 avril 2002, de Claude Rivals, molinologue des plus distingué et membre de la TIMS depuis fort longtemps. Avec lui, les moulins français ont perdu un grand ami et un de leurs plus fervents avocats. Nous avons adressé nos condoléances à sa famille et préparons une notice nécrologique pour *IM 65*.

Résumé: Yves Coutant