

Transferts technologiques et impératifs sociaux: les machines hydrauliques à usage agricole dans l'Occident musulman (9^e–15^e siècles)

Technological transfers and social imperatives: hydraulic machinery to agricultural usage in the muslim Occident (9th–15th centuries)

Technologischer Transfer und der soziale Imperativ: Der Gebrauch hydraulischer Maschinen im muslimischen Westen (9.–15. Jahrhundert)

André Bazzana

La petite agriculture irriguée fait, plus peut-être que le château ou la mosquée, partie des spécificités des paysages andalous; elle génère un paysage artificiel, le *regadío*, qui se développe à partir de la fin du 9^e siècle (ou peut-être avant, mais nous n'en avons pas de traces archéologiques), avec une accentuation du phénomène à la fin du 10^e siècle et dans le courant du 11^e. Plusieurs facteurs expliquent cette apparition et cet essor: l'installation de la dynastie omeyyade après 750, l'arrivée du *djund* (contingents syriens) au 8^e siècle, mais surtout l'«orientalisation» de la société andalouse (pratiquement achevée, y compris au plan religieux dès le milieu du 10^e siècle), ainsi que les contacts et échanges technologiques tout au long des routes du commerce et du Pèlerinage.

Le débat s'est longtemps – et mal – centré sur les origines des systèmes hydrauliques qui couvrent l'ensemble d'une vallée ou d'une vaste plaine. On a, ainsi, contre toute réalité archéologique, affirmé que ces origines étaient romaines, seul l'Empire et ses ingénieurs étant aptes, pensait-on, à mettre en œuvre des techniques aussi sophistiquées.¹ Car, dans l'histoire du monde occidental, Rome propose à la fois, croit-on, un pouvoir centralisé, autoritaire et efficace, un monde d'ingénieurs capables d'imaginer et de diriger des travaux conçus comme gigantesques, un dirigisme économique qui puisse en assurer ensuite l'exploitation. Ces arguments, qui relèvent de l'*a priori* et portent en eux le refus bien "occidental" de toute originalité ou créativité "orientales", présupposent que seul l'ordre romain antique – bien sûr, on ne pense pas à la Grèce, coupable d'avoir sombré dans les divisions et rivalités d'une démocratie impuissante et dévoyée – pouvait être à l'origine de la création des réseaux irrigués. Pour Miguel Tarradell, la huerta de Valence est à l'évidence de création romaine car elle est due à une «mentalité d'agriculteurs et d'ingénieurs», doués de «sens pratique» et capables de mettre en œuvre «l'organisation collective nécessaire à tous travaux de grande ampleur» (Tarradell 1965, 151–152); car, bien sûr, face à Rome, la civilisée, «la civilisation musulmane ne fut précisément pas une civilisation d'ingénieurs».



Fig. 1. Malba égyptienne: appareil à tambour comprenant six compartiments spiralés, de section carrée conduisant l'eau vers l'axe de la roue; ce type de machine est attesté à Bagdad au 12^e siècle.

Il semble que ce soit là un faux problème... Deux points sont cependant à souligner: d'une part, rien de complexe dans la petite hydraulique rurale, mais un ensemble de solutions pratiques simples à des problèmes qui remontent aux origines de l'humanité, d'autre part, les technologies existent depuis l'Antiquité, ce dont rendent compte aussi bien Vitruve (1^{er} siècle a.C.) qu'Isidore de Séville (7^e siècle) ou, à peine plus tardif, Philon de Byzance (10^e siècle). Un exemple en serait la permanence de la petite roue de bois à petits compartiments récupérant l'eau à faible profondeur: manœuvrée par le *fellah*, c'est la *malba* des oasis égyptiennes (fig. 1) et la *ceña a pie* de Murcie.² En époque romaine, on s'intéresse peu au monde rural, mais davantage à la *ville* ou à la *villa*, au besoin à la mine, où l'exhaure demande des moyens techniques spécifiques. Quant à elle, l'époque musulmane n'apporte pas de nouvelles connaissances fondamentales, mais elle invente des procédés nouveaux, améliore les fonctionnements, et généralise les irrigations paysannes;

¹ Voir la bonne synthèse du problème, publiée par Miquel Barceló dans un ouvrage collectif récent: *Barceló et al. 1996*, 13–47.

² De faible débit, elle est actionnée par le paysan avec les pieds. Dans les oasis égyptienne ou dans le Delta, une amélioration a consisté à monter un système d'engrenages pour l'entraînement de la *malba*.

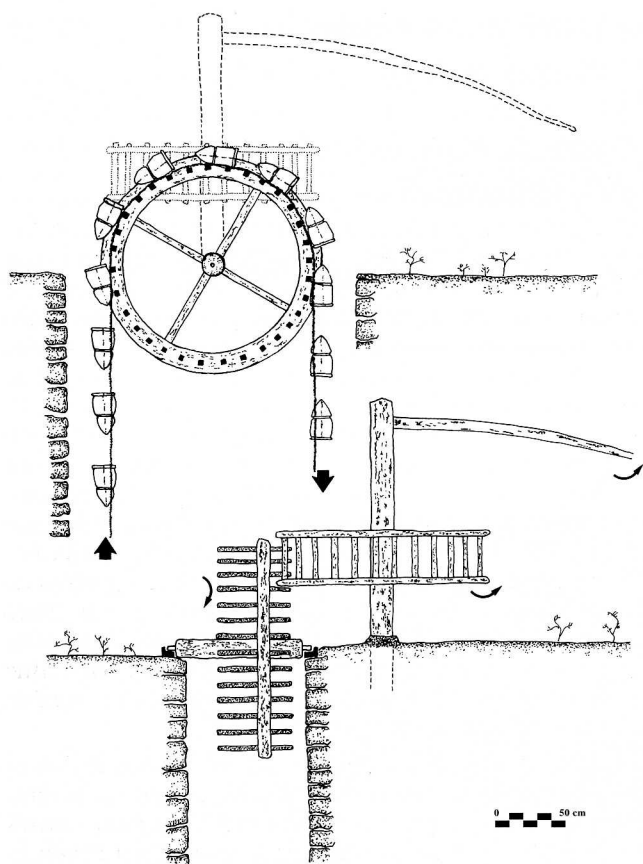


Fig. 2. Essai de reconstitution graphique du mécanisme de la *sâniya* andalouse: puits maçonné, roues imbriquées (formant engrenage), bras d'entraînement et disposition de la chaîne de godets.

elle forge ainsi une nouvelle société et modèle tout un paysage.

Contentons-nous ici de trois exemples techniques: le moulin à roue horizontale, la petite installation à traction animale (*sâniya*) et la grande roue verticale (*nâ'ûra*), sur laquelle on s'étendra davantage grâce aux résultats d'une enquête ethnoarchéologique récente.

1. La *sâniya*, ou machine élémentaire des campagnes andalouses

Elle apparaît sous divers noms et sous des formes diverses; dans tous les cas, c'est une machine bien adaptée à la petite irrigation des jardins. On connaît la description qu'en a donné Ibn Hishâm al-Lajmî (12^e siècle, mort en 1181/H 577), dans laquelle il souligne bien la confusion – toujours actuelle – entre divers types, très différents dans leur mode de fonctionnement, de «machines hydrauliques»:

«[Les gens du peuple] appellent *sâniya* la machine à laquelle on attache les godets (*kizân*), pour tirer l'eau du puits. Quelques-uns appellent *sâniya* le puits lui-même, mais c'est une erreur; pour les Arabes, *sâniya* est uniquement le chameau, le bœuf ou l'âne que l'on attache à la corde portant un seau, de façon qu'il tire le récipient (*garb*) quand celui-ci est très grand et qu'il n'est pas possible de la tirer à la main. *Nâdih*, pluriel *nâwâdih*, est la même chose que *sâniya*. Et l'on appelle aussi *sâniya* l'homme qui extrait le récipient du puits.

«[En revanche], l'appareil est *al-dûlâb* ou *al-dawlâb*, car cela se prononce des deux manières. Le madrier qui se dresse au centre du système giratoire se nomme *al-mandjanun*. Et ces godets [desquels nous parlions au début], on les appelle *al-'asdmîr*. Le commun les connaît sous le nom de *al-qawâdis*, dont le singulier est selon eux *qâdûs*, bien que la correction voudrait que l'on dise *qadas*, pluriel *aqdâs* ou *qudûs*.

«Si la machine est de grande dimension, circulaire, avec de fines palettes contre lesquelles bat le courant des eaux, de manière qu'il suffise de cela pour qu'elle puisse tourner, nous avons *al-nâ'ûra*, qui s'installe seulement au bord d'un fleuve et qui, quand elle tourne, produit un grincement à cause duquel elle se nomme ainsi: *nâ'ûra* [la gémissante]» (*Ibn Hishâm al-Lajmî* 1957, 290–291; *Förneas* 1974).

Si l'on s'en tient, pour l'instant, à la *sâniya*, il s'agit d'un ensemble de deux petites roues, disposées à 90° l'une par rapport à l'autre et constituant un engrenage simple; entraînées par un animal – ou plus rarement par l'homme – elles mettent en mouvement une chaîne de godets, dont la longueur varie selon la profondeur de la nappe phréatique (fig. 2). L'eau est extraite et envoyée soit directement vers les terres à arroser, soit plus généralement vers un petit bassin de rétention; le débit est toujours assez faible. Techniquement, la «*noria*» est composée d'un assemblage de quatre éléments:³ un puits, une «machine», des cordes et un ensemble de godets en bois, en terre cuite ou en métal.

Le puits, maçonné au moins en partie, comme le montre la fouille de Les Jovades, à Oliva (*Bazzana – Climent – Montmessin* 1987; fig. 3) est rectangulaire ou ovale; il est complété par un massif de pierres appareillées ou un ensemble de madriers, qui supportent la machinerie. Celle-ci, selon *Thorikild Schiøler* (1973, 168), comporte deux roues – l'une horizontale, l'autre verticale – dont les bois sont travaillés de manière à former un système d'engrenages capables de transmettre à angle droit le mouvement circulaire de l'animal (ou de l'homme). Une double «chaîne» de cordes repose sur la partie supérieure (l'extrados) de la roue verticale et plonge dans le puits jusqu'à une profondeur qui peut dépasser la dizaine de mètres. Cette chaîne permet l'accrochage, en chapelet, de godets, ou *arcaduces* (*arcaduz* en castillan, *alcaduf* en valencien), de l'arabe *al-qâdûs*, sans doute dérivé du grec *κᾰδοσ*; ceux-ci sont attachés aux deux cordes parallèles par des lanières de cuir ou de chanvre. En complément, un tube de terre cuite peut traverser le chemin muletier et conduire l'eau à un bassin de rétention provisoire, ou *balsa*, duquel partent les *acequias*.

La technique est connue dans le Proche et le Moyen Orient mais, pour al-Andalus, les modifications médiévales (taquet d'arrêt et percement du fond des godets, par exemple) viennent de la Haute Égypte, sans doute par la route de La Mecque et le port de Aydhab. Passée très tôt (vers le 11^e siècle) en Catalogne, la *sâniya* touche ensuite le Midi français et se répand sur le nord-ouest de la péninsule Ibérique, le maximum d'extension se situant au 19^e siècle (*Caro Baroja* 1954).

³ Il est fort probable que l'origine et l'évolution technologique de ces éléments, aient été différents.



Fig. 3. Puits de *sâniya* en cours de fouille dans la plaine littorale au sud de Valence (Espagne), à Les Jovades; le mobilier céramique retrouvé date la construction du puits – dont l'intérieur, comme on le voit, est soigneusement maçonné – de la seconde moitié du 10^e siècle; son abandon et son comblement remonteraient au milieu du 15^e siècle.

J'ai choisi de présenter à ce colloque *Ruralia V* des «machines hydrauliques», comme s'il existait une catégorie, bien claire et cohérente, d'appareils élévatoires. Il n'en est rien... En bonne approche technologique, on devrait au contraire séparer nettement la *sâniya*, dont nous venons de parler, qui élève l'eau grâce à une force extérieure – homme ou animal – des autres «machines» où c'est la force tranquille de l'eau courante – d'une rivière, d'un fleuve ou d'un canal – qui met en marche un mécanisme à mouvement circulaire. Deux exemples, donc, le moulin et la «grande noria».

2. Le moulin à roue horizontale

Dans la péninsule Ibérique, les études de moulins sont restées longtemps dépendantes des seules méthodes ethnographiques. Or, pour saisir l'originalité des équipements andalous, le recours aux textes médiévaux – voir, en annexe, un exemple d'analyse des textes du début de l'époque chrétienne – et à l'archéologie sont nécessaires.

Le problème des moulins

Les moulins de l'Antiquité romaine sont signalés par Pline l'Ancien, qui parle de roues hydrauliques installées sur des rivières italiennes, tandis que Vitruve décrit assez précisément cette «roue» verticale, à aubes, qui transmet à un arbre métallique le mouvement qui vient actionner une meule volante (Bloch 1962, 801).⁴ Pour l'Espagne, les lois wisigothiques attestent que moulin à eau est connu depuis les premiers siècles du Moyen Âge, tandis que d'autres mentions textuelles concernent ces *presores* qui venaient, au 9^e siècle, prendre possession des terres vides du Duero et de l'Èbre supérieur (Gautier-Dalché 1982, 337–349); cependant, pour ces régions, la grande diffusion du moulin est plus tardive et ne commence vraiment qu'aux 10^e et 11^e siècles, sous l'influence de l'émigration mozarabe venant des terres andalouses (Aguadé Nieto 1988, 153–156): en effet, ce sont des mots dérivés de l'arabe qui désignent les techniques agraires de l'hydraulique des vallées aragonaises (Aguadé Nieto 1988, 156). La progression et l'amélioration du moulin à eau sont en revanche plus précoces dans le domaine islamique, où l'essentiel de la technologie semble acquis dès le 9^e siècle.

Le Moyen Âge ibérique a connu, en dehors du moulin à main (de tradition néolithique), le moulin à vent, venu d'Orient et qui touche d'abord al-Andalus avant de pénétrer en terre chrétienne à la fin du 12^e siècle. On emploie aussi le *molino de sangre*, ou moulin à manège, dont le principe de fonctionnement est tout à fait semblable à celui de la *sâniya*,⁵ dont nous venons de parler: mis en mouvement par l'homme ou l'animal, il est appelé *tâhûna* par les textes arabes. Mais, les moulins les plus fréquents sont mus par l'énergie hydraulique: certains, disposant d'une roue verticale à aube – semblable à la *nâ'ûra*, dont nous parlerons plus bas – s'installent sur des bateaux ancrés dans le lit d'un fleuve (Al-Idrîsî 1974, 185; Lévi-Provençal 1953, 65, 76, 83 et 96), ainsi à Cordoue et à Murcie, ou sur ses rives comme en Estrémadure ou au Portugal;⁶ quelques-uns fonctionnent sur le principe des «moulins de marée», par exemple à São Julião do Tojal (Portugal) ou près de Tarragone (Lagardère 1991, 100); les plus nombreux occupent les fonds de vallées et les pentes basses (Al-Idrîsî 1974, 178): c'est le *rahâ* (pluriel *arha'*) des documents. Partout, semble-t-il, l'essor médiéval du moulin est lié au développement des cultures céréalières, même si d'autres travaux – battage du cuir, préparation du henné, fragmentation des

⁴ «Dans quelque obscurité que ces témoignages (...) laissent l'acte de naissance de l'invention, du moins la densité de leur groupement chronologique ne saurait-elle être l'effet du hasard. Tout nous ramène à une période étroitement limitée, le dernier siècle avant l'ère chrétienne, et comme berceau, selon toute apparence, à l'Ouest méditerranéen», cité par Lagardère 1991, 59.

⁵ Autre exemple de confusion terminologique et lexicale: les textes arabes utilisent volontiers ce terme, qui normalement désigne la roue hydraulique employée dans les irrigations agraires, pour parler du moulin à eau.

⁶ À la condition que le cours ait un débit convenable et régulier, ce qui n'est guère possible que dans l'ouest de la péninsule; voir Lagardère 1991, 98–99.

minerais... – commencent très tôt à être effectués grâce au moulin à eau.

Mais de quel moulin s'agit-il? Car, un problème se pose: la technique vitruvienne met en œuvre une roue «pourvue d'aubes [qui] emprunte son mouvement à la rivière pour devenir roue de moulins» (Lagardère 1991, 60). Or, ce n'est pas là le modèle technologique dont on constate la présence dans l'Occident méditerranéen.⁷ Là, en effet, le type d'installation le plus fréquent offre quelques caractères originaux: il s'agit d'une petite installation, de technologie simple, à roue horizontale, et intégrée à un système hydraulique agraire complexe – donc, à un paysage – qu'elle ne doit en aucun cas contribuer à affaiblir, priorité restant dans tous les cas de figure aux irrigations agraires (Glick 1990, 20; 1992, 49-51; Selma 1993, 53).

En époque musulmane, le type d'installation meunière le plus habituel est de petite taille, de technologie simple, à roue horizontale et contrôlé par des communautés rurales disposant d'une certaine autonomie face aux appareils d'État. Il est lié structurellement à l'irrigation et reflète un mode d'utilisation de l'eau qui donne priorité à l'agriculture sur l'artisanat meunier. Il est installé généralement en fin de réseau, là où le canal (*séguia*, *acequia*) rejoint la rivière ou le fleuve, et son emplacement topographique en «fermeture du système» est un élément déterminant; le moulin, qu'il soit d'appartenance individuelle ou communautaire, est donc logiquement, installé en l'aval des systèmes. Que l'on soit dans al-Andalus ou dans les vallées du Maroc, de nombreux exemples archéologiques corroborent cette affirmation. Par parenthèse, j'ajouterais que, au contraire, en époque féodale, la priorité va au moulin (qui appartient au roi, aux seigneurs ou aux Ordres Militaires), au détriment des agricultures paysannes; le moulin, générateur de rentes, se trouve dès lors en tête du système, en amont des irrigations, de manière à bénéficier, lui qui est prioritaire sur les cultures, du meilleur débit des eaux.

Le mécanisme et son fonctionnement

Les textes nous renseignent peu sur l'installation proprement dite; il arrive cependant que la documentation juridique – essentiellement, les *fatawâ* – nous mentionne la terminologie employée et nous procure des informations techniques. Exceptionnellement, certains contrats sont plus précis. C'est ainsi qu'un long document cité par Vincent Lagardère, rapporte un avis de Ibn Rushd concernant la reprise par plusieurs asso-

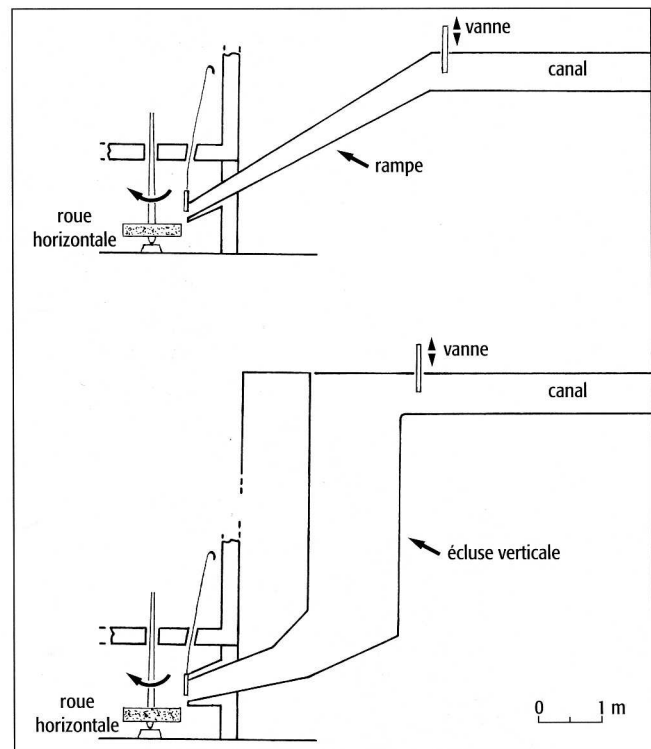


Fig. 4. Deux systèmes différents d'amenée d'eau à la roue horizontale: la rampe et le cubo.

ciés, dans la région de Jaén, d'un moulin en ruine, qu'ils s'engagent à remettre à remettre en état de fonctionner (Lagardère 1991, 108-109 /Ibn Rushd, 1203 à 1206, n° 386/); l'intérêt du document vient de ce qu'il précise les matériaux à employer et les dimensions qu'il convient de donner aux éléments principaux: «quatre meules meunières qui sont plates, dont (...) chaque pierre à une épaisseur d'un empan un tiers; sa largeur est de quatre empan et demi en empan moyen; leurs roues hydrauliques (*dawâlib*) sont en chêne, avec des anilles de fer, des axes, des cercles, des sacs et des gaines; la conduite d'eau (*masabb*) de la salle du moulin est de quatre banchées».⁸

Le dispositif de meunerie comprend trois parties distinctes, l'une juxtaposée en amont (alimentation en eau), les deux autres superposées (le moulin proprement dit): le bassin de rétention des eaux, la «fosse» ou est installée la roue – dans la partie basse d'une construction protégeant l'ensemble – et la salle des meules, en haut.

1 – L'alimentation. L'eau provient soit d'une rivière ou d'un canal, dont le débit est suffisant, soit d'un bassin qui récupère et accumule les eaux en un volume suffisant pour alimenter l'installation. Techniquement, deux dispositifs sont employés pour «apporter de l'eau au moulin»: il s'agit de la rampe et du *cubo* (fig. 4). Le dispositif le plus simple consiste à aménager une rampe oblique, maçonnée, simple canal à l'air libre le plus souvent ou, parfois, conduite aveugle, conduisant

⁷ L'*Encyclopedia Universalis*, tome X, résume ainsi le débat: «L'existence du moulin à eau est attestée, peu avant l'ère chrétienne, en Illyrie. Sa roue à palettes, en position horizontale dans le courant qui l'entraîne, est surmontée d'un axe vertical. Ce dernier, soumis à un mouvement de rotation, traverse une meule inférieure gisante et fait tourner la meule supérieure dont il est solidaire. Les Romains devaient adopter un moulin à eau dont le mécanisme, décrit par Vitruve, est tout différent: la roue hydraulique, disposée verticalement, tourne sur un arbre horizontal portant une roue à chevilles; celles-ci, perpendiculaires au plan de la roue, s'égrènent sur la lanterne d'un axe vertical actionnant la meule extérieure...».

⁸ *Masabb*, ou «conduite d'eau»; c'est le *cubo*; je m'écarte ici de la traduction donnée par Vincent Lagardère. Dans cet exemple, la hauteur de chute d'eau serait de l'ordre de 3,70 m.

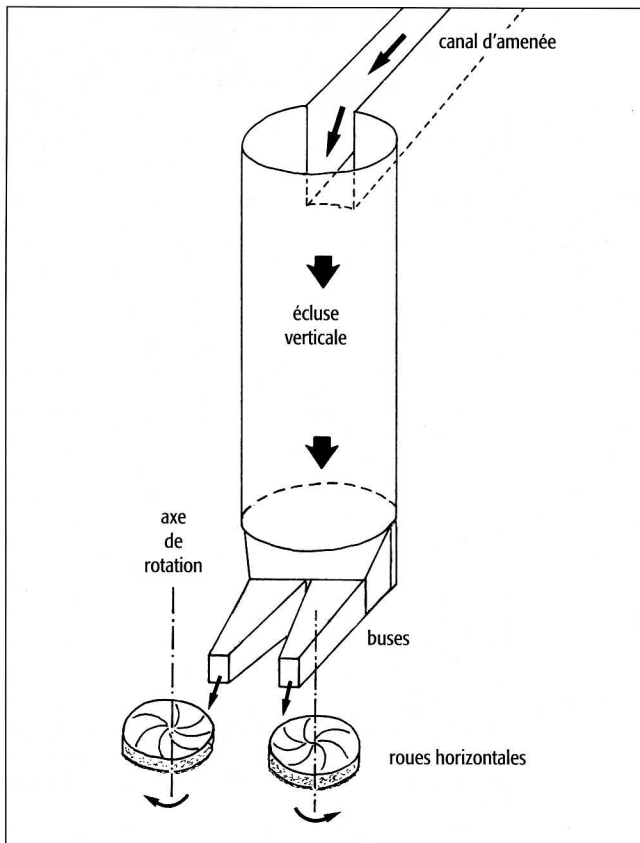


Fig. 5. Système d'alimentation verticale d'un moulin à deux roues.

les eaux vers la "fosse" (Selma 1993, 59). Plus complexe, mais plus efficace semble-t-il – surtout quand le débit du canal ou de la source sont insuffisants ou intermittents – le *cubo* (en castillan; c'est le *cup* en valencien) est une sorte de tour d'eau ou de puits vertical (Selma 1993, 52)⁹ qui, parfois, peut faire tourner plusieurs roues (fig. 5); de plan interne circulaire, il s'adosse au terrain voisin dont il met à profit le dénivelé; il est parfois élevé d'à peine deux mètres.

2 – La fosse est la partie inférieure du bâtiment abritant le moulin; elle est nécessairement située sous le niveau d'arrivée – par gravité – de l'eau; sa hauteur peut être très limitée et l'on sait que, dans la fosse de certains moulins marocains, on ne peut pénétrer qu'accroupi (fig. 6). L'élément essentiel est la roue horizontale, disposée à plat, comme une turbine moderne et présentant, comme elle, des ailettes verticales; parfois, les pièces sont organisées obliquement autour d'un axe vertical et montées sur une sorte de pivot fiché dans le sol (fig. 7, n° 1).

3 – La salle des meules, au-dessus de la fosse, reçoit verticalement le mouvement circulaire qu'elle transmet aux meules. Celles-ci – dormant et volant – sont disposées horizontalement dans un bâti de bois qui maintient aussi la trémie de distribution du grain (fig. 7, n° 2). Dans les modèles les moins sophistiqués, il arrive qu'il n'y ait qu'une seule meule (un volant); le grain est

⁹La traduction logique de *cup* serait écluse, mais ce terme n'est guère employé pour définir une structure disposée verticalement.

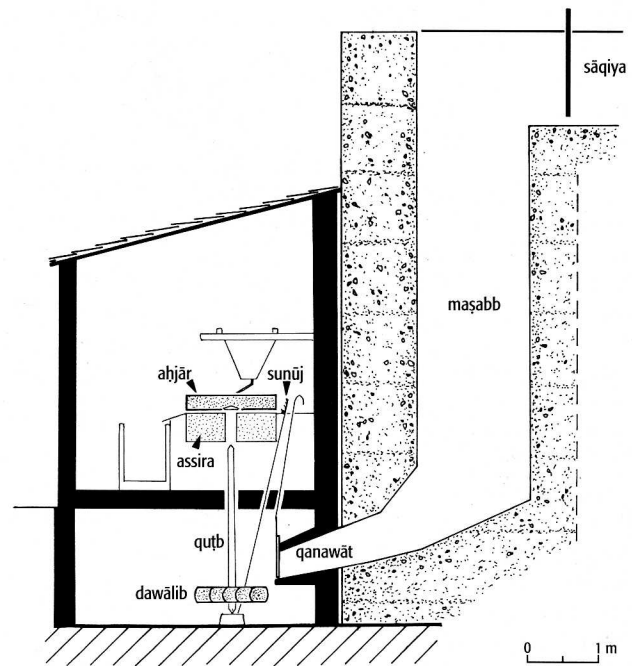


Fig. 6. Fosse et salle haute d'un moulin andalou.

alors écrasé entre celle-ci et le sol de la salle. Un récipient (de bois) recueille la mouture. Entre la fosse et la salle supérieure, des tringles de métal ou de bois commandent (verticalement, là encore) la trappe d'arrivée d'eau et la vitesse (il s'agit d'une sorte de frein) de la roue.

Ce type de moulin ne consomme pas d'eau: il rend au bief aval du canal ou au lit naturel du ruisseau ou du torrent l'intégralité de ce qu'il a pris en amont, exception faite des pertes par écoulement incontrôlé ou infiltration, si le système n'est pas étanche; il permet donc l'irrigation en aval. En revanche, il ne peut fonctionner que si l'eau n'est pas utilisée, en amont, pour une irrigation qui reste prioritaire. Pour autant, on n'imagine pas une installation attendant le bon vouloir des agriculteurs de l'amont..., ce qui impose le respect d'une réglementation; s'il y a un conflit, il est d'ordre fonctionnel (manque d'eau, par exemple, ou fuite sur le canal principal) et non d'ordre structurel, rappelle à juste titre Sergi Selma (1993, 71; voir Lagardère 1991, 106). Au total, si le moulin requiert des connaissances technologiques et un savoir-faire pratique minutieux – on pourrait presque parler de "bricolage" (voir fig. 7) –, il n'implique ni appareillage complexe, ni matériaux rares, ni procédés sophistiqués. L'ensemble du système peut fonctionner à l'aide de pièces de bois soigneusement ajustées,¹⁰ ce qui est le cas, aussi, des autres machines hydrauliques; l'emploi du métal – travaillé par des forgerons locaux et, plus rarement comme

¹⁰Au Maroc et en Espagne, les bois considérés comme les plus résistants à la pression de l'eau et au pourrissement sont ceux du pistachier, du caroubier et du chêne vert mais l'olivier et l'amandier peuvent aussi être employés (voir Bouderbail – Chiche – Herzenni – Pascon 1984, 300); les quantités nécessaires sont toujours faibles.

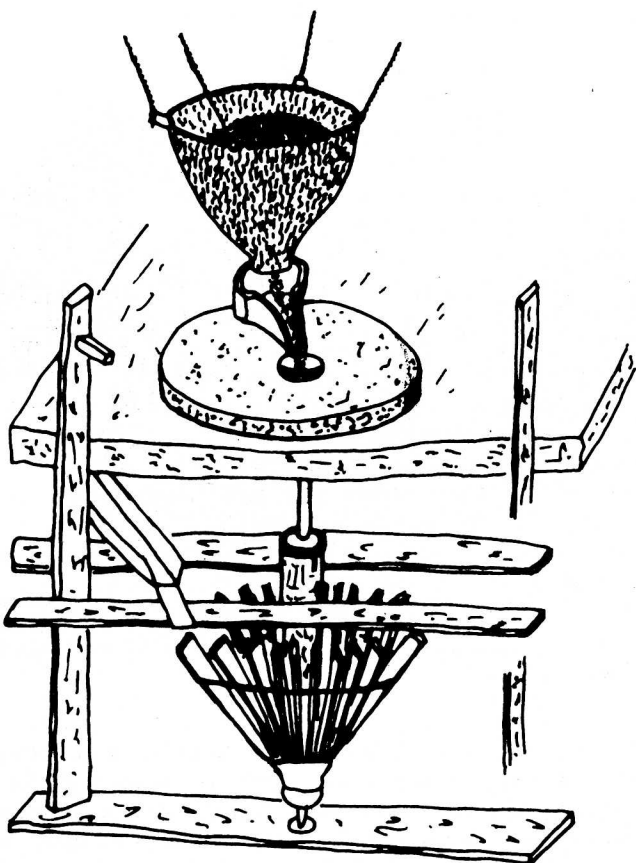
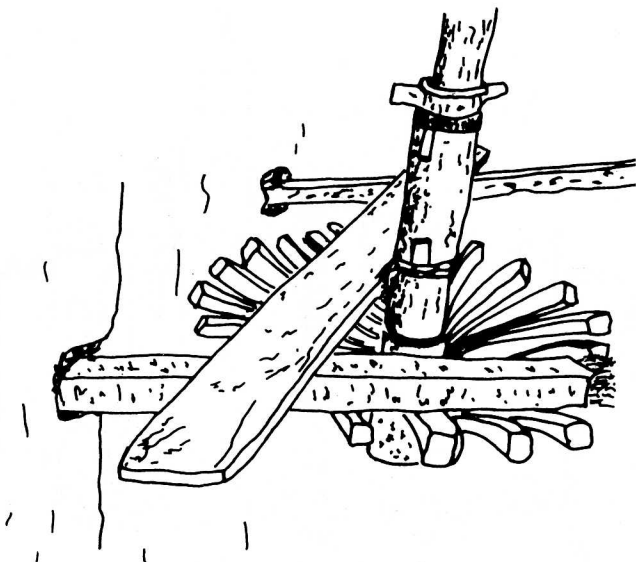


Fig. 7. Moulins à roue horizontale, de fabrication artisanale, au Maroc subactuel, d'après Bouderbai et al. 1984: 290 (fig. 92) et 284 (fig. 89).

à Taroudannt dans le Sud marocain, acheté au marché régional – se limite aux pivots, tenons, cerclages, pesons et *lavijas*¹¹ (fig. 8); ces dernières elles-mêmes peuvent être en bois dur. Ce n'est, en aucun cas, un engin coûteux; le plus difficile, cependant, peut être de se procurer des pierres de qualité (Bouderbai et al. 1984, 300).

3. La *nâ'ûra* à grande roue verticale

C'est une machine, généralement de grande taille, actionnée par le courant d'un fleuve ou, plus rarement, d'un canal – comme c'est le cas à Alcantarilla, près de Murcie – qui assure une triple fonction: permettre la rotation du dispositif – dans son fonctionnement moteur, la *nâ'ûra* est autonome – grâce à des palettes que l'eau vient frapper perpendiculairement, recueillir l'eau dans des compartiments (de bois) ou des godets installés dans la couronne extérieure de la roue, enfin élever cette eau jusqu'à la hauteur souhaitée.¹² Par ses dimensions imposantes, par la complexité apparente de son mécanisme, la *nâ'ûra* paraissait réservée à un usage en milieu urbain – comme le rapporte *al-Idrîsî* (voir plus bas) –, pour l'alimentation des villes: dès lors, il n'est pas étonnant que des machines de ce type figurent encore, en époque chrétienne, sur le sceau de Mursiya (Murcie) ou sur celui de Cordoue (fig. 9). Mais on reconnaissait aussi à la *nâ'ûra* un emploi pour des irrigations "de loisir" et d'agrément dans les palais émiraux ou les jardins de résidences princières; la poésie elle-même s'en mêla et l'on comprend aisément que le chant – un simple grincement, il est vrai, mais troublant – de la *nâ'ûra* puisse accompagner, au bord de l'eau, les rêves – et les pleurs... – des amants de l'*Histoire de Bayâd et Riyâd*, que nous transmet un manuscrit occidental du 13^e siècle (fig. 10).

Une approche incomplète du problème

Dans sa sixième *Crónica arqueológica de la España musulmana*, (Leopoldo Torres Balbás 1940) avait donné un inventaire des «norias fluviales» connues en Espagne. Certaines étaient attestées par les textes, d'autres, plus modestes, étaient parvenues jusqu'au 20^e siècle et, parfois, fonctionnaient encore il y a peu de temps (Torres Balbás 1940, 205-208); ajoutons à l'exemple murcien d'Alcantarilla, déjà cité et que l'on peut toujours admirer à quelques kilomètres au sud de Murcie, celui de la Ñora (Fernández Ávilés 1946 avec une photo, prise en février 1936), où la roue fut détruite en 1936 et celui de Camarasa, à Lérida, où la destruction remonte à 1912. À travers ces exemples, il apparaît que ces *norias de corriente*, installées soit sur un grand fleuve (Guadalquivir, Genil, Èbre), soit sur une *acequia* (canal d'adduction), servaient principalement pour l'alimentation urbaine ou pour l'irrigation des jardins péri-urbains. Elles étaient rarement utilisées en milieu purement agricole; c'est ce que confirme indirectement al-Himyarî lorsque, à propos de la huerta du bas Segura, il signale la présence de deux *norias de corriente*, implantées sur deux *acequias* différentes, en ajoutant: «en dehors de ces deux canaux, on n'irriguait pas avec

¹¹ Il s'agit de cette pièce, métallique le plus souvent, comme l'atteste la découverte de Liétor, à Albacete (voir Navarro Palazón – Robles Fernández 1996, 59-60), qui permet le mouvement circulaire de la roue.

¹² La hauteur de l'exhaure dépend, à l'évidence, de la longueur des rayons de la roue, qui doit toujours être supérieure de quelque 15 à 20 cm à la moitié de la hauteur que l'on souhaite atteindre.

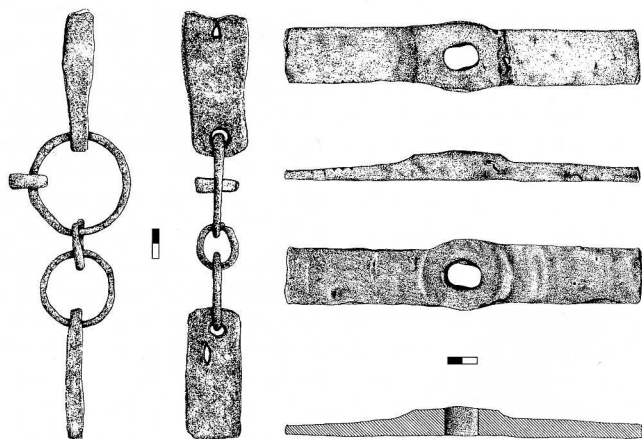


Fig. 8. Anillos de metal y lavija (247 x 50 x 21 cm, poids 0,990 kg), début du 11^e siècle en fer acieré forgé retrouvées dans la cache de Los Infernos (Albacete, d'après Navarro – Robles 1996: fig. 16.

de l'eau du fleuve de Murcie, mais avec des roues élévatoires» (AL-Himyarî 1938; Garcia-Tornel 1982, 138-139); par l'emploi de cette expression, il entend qu'il s'agit non pas de *nâ'ûra/s* mais de *sâniya/s*, ces dernières étant constituées, comme on l'a vu, d'un puits et d'une machinerie à godets.

Les grandes roues verticales – *nâ'ûra/s* – sont connues depuis longtemps, ainsi à Hama (Syrie), sur l'Oronte et, le plus souvent, dans un contexte urbain.¹³ En Espagne, les textes arabes médiévaux signalent la noria fluviale de Tolède, dont al-Idrisî souligne la dimension exceptionnelle (Al-Idrisî, *Description... 1866*, 268; Pavón Maldonado, 1990, 281), elle aurait élevé les eaux de quatre-vingt dix coudées (soit environ 43 mètres, ce qui dépasse à l'évidence les possibilités techniques de l'époque), et celle qui, près de Cordoue, aurait été édifée par 'Abd al-Rahmân III pour irriguer les jardins d'une agréable «maison de champs», désormais appelée *muniyat al-nâ'ûra*; une autre est encore signalée à Valence, près de Bâb al-Hanash (La porte des Serpents), où elle était installée non sur un fleuve, mais sur un large canal d'irrigation (Al-Idrisî, *Description... 1866*, 262-263 et 288; Bayan II: 226 et 233; Qala'id, 82).¹⁴ Il s'agit donc d'une roue de grande taille (6 à 15 m souvent), actionnée par le courant – il convient qu'il soit le plus régulier possible – d'un fleuve ou d'un canal.

On s'est trop limité aux appareils attestés en milieu urbain, en négligeant *de facto* de rechercher les procédés employés dans les campagnes. Il en a été ainsi aussi bien en Espagne qu'au Maroc où, lorsque l'on a – et fort bien – étudié les mécanismes d'élévation des eaux, on s'en est tenu trop longtemps aux appareils attestés en ville; dans le même temps, même le remarquable travail de Paul

¹³ Le lecteur qui souhaiterait davantage de précisions techniques sur les grandes roues syriennes est invité à se reporter à l'ouvrage récent consacré aux machines hydrauliques de l'Oronte: Delpech et al. 1997. Beaucoup plus élaborées et de construction plus complexe, les *nâ'ûra/s* de Syrie sont construites sur des principes identiques: elles sont le modèle direct – et médiéval – des norias marocaines.

¹⁴ Voir l'état de la question que donne Pavón Maldonado 1990, 281-287.

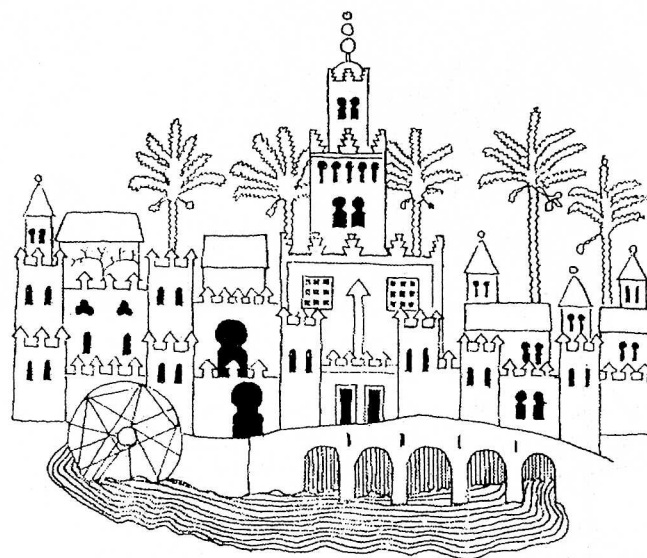
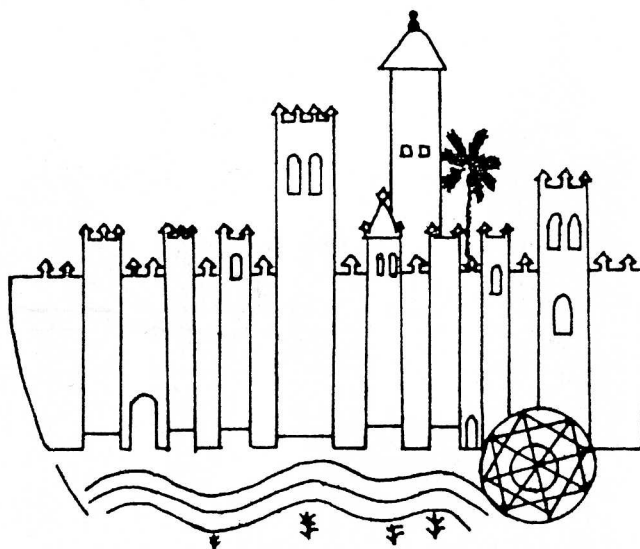


Fig. 9. Motifs figurant sur les sceaux de Cordoue et de Murcie, et représentant, en avant des murailles de la ville, une roue hydraulique verticale; sur le sceau de Cordoue figurent le pont émiral et le minaret de la grande mosquée.

Pascon et de ses collaborateurs (Bouderbal et al. 1984) n'a pas pris en compte, sans doute par manque d'informations fiables, la totalité des procédés utilisés dans les campagnes. Aujourd'hui, en archéologie agraire, le recours à l'ethnoarchéologie permet de remplacer par une observation actuelle l'objet ancien, trop fragile et trop vite détruit, et – comme on va le voir – de reprendre et d'éclairer le problème. Mais, auparavant, encore un mot sur ces problèmes de transmission technologique.

Les grandes roues élévatoires de rivières seraient, pour leur part, attestées au Maroc dès la seconde moitié du 13^e siècle (Colin 1933, 156-157), par exemple à Fès. En effet, si l'on tente de rechercher des mentions textuelles de ces machines, on pense alors à ces étonnantes norias urbaines, comme celles qui, en 1526, attirent l'attention de Jean-Léon l'Africain, le voyageur: «ces rouës ont esté faites de notre temps, c'est à savoir

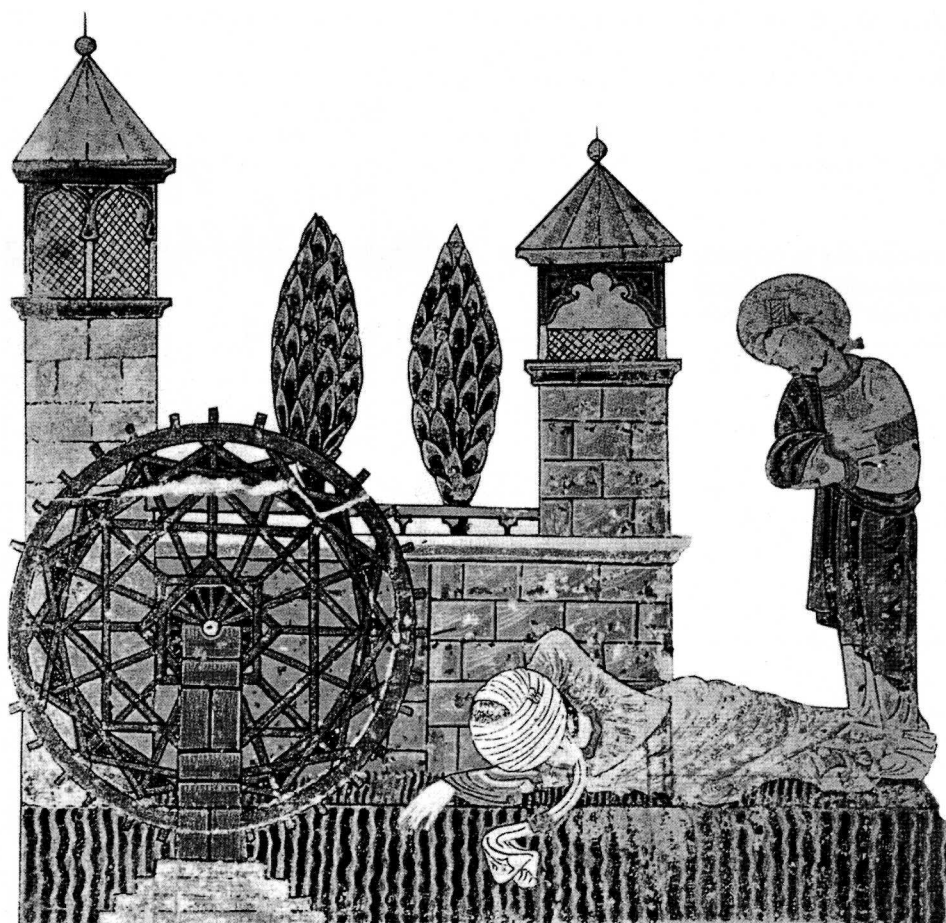


Fig. 10. Histoire de Bayâd et Riyâd, manuscrit occidental (al-Andalus ou Maghreb) du 13^e siècle, conservé à la Bibliothèque apostolique du Vatican (ms.ar. 368, f^o 19r): Bayâd évanoui au bord d'un fleuve. Dans ce récit, qui s'apparente aux contes des Mille et une nuits, l'action se passe en Mésopotamie, au bord du fleuve Tharthâr. Bayâd – héros et poète – est un marchand de Damas qui tombe amoureux de Riyâd, fille d'un dignitaire du palais; des difficultés sans nombre assaillent les deux jeunes gens qui échangent des lettres, se séparent, se retrouvent, chantent et soupirent... parfois perdent connaissance. Les miniatures représentant les scènes principales ont pour cadre le palais, son jardin et les rives du fleuve où l'on découvre l'une de ces grandes norias élevant les eaux jusqu'au niveau du jardin.

depuis cent ans en ça; [...] et les rouës furent faites par un Espagnol» (*Jean Léon l'Africain* 1956, éd. Schefer: II, 178). Ce texte soulève trois questions (voir *Colin* 1932, 42): de quelles "machines" s'agit-il, qu'elle est leur origine et existe-t-il en milieu rural, autour de Fès, d'autres machines qui seraient, elles, à vocation agricole? Nous apporterons quelques éléments de réponse à ces questions. Mais, d'autres textes éclairent notre première interrogation: d'une part, comme le rapporte Georges S. Colin, al-'Umarî signale, sur renseignement d'un habitant de la ville, une roue élévatoire dans la première moitié du 14^e siècle, d'autre part, un assez long passage d'Ibn al-Khatib reporte un peu plus haut encore – jusqu'à la seconde moitié du 13^e siècle – la construction de la noria fassie et donne un ensemble de précisions utiles. Le texte dit ceci: «Ibn al-Hadjdj, dont l'aïeul était originaire de Séville, comptait parmi ceux qui connaissent bien les appareils mécaniques [...]; il se transporta à Fès sous le règne d'Abû Yûsuf al-Mansûr, fils de 'Abd al Haqq, et construisit pour lui la roue hydraulique – *dûlâb* – telle qu'elle existe aujourd'hui¹⁵ à la Nouvelle-Ville de Fès, siège du gouvernement. Elle est d'un grand diamètre et sa portée comme sa circonférence sont considérables; elle comporte un grand nombre d'augets (*akwâb*) et son mouvement est mystérieux» (*Ibn al-Khatib* 1982 /rééd./, éd. du Caire: II, p. 99–100). Pour Georges S. Colin, il est clair que «cet ingénieur musulman d'Espagne» n'avait pu «prendre l'idée de construire une semblable roue»

(*Colin* 1933, 157) qu'à l'examen des modèles existant dans la péninsule Ibérique, à Tolède par exemple¹⁶. C'était peut-être trop vite dit, car c'était oublier qu'en Méditerranée, comme le rappelle avec insistance Fernand Braudel, la transmission des techniques ne passe ni par les ingénieurs ou les "savants", mais par les paysans et les artisans.

C'est dans ce contexte que la récente "re"découverte de machines hydrauliques¹⁷ dans la vallée moyenne de l'Oued Sebou permet de poser d'une manière nouvelle, dans le cadre des études en cours sur l'hydraulique médiévale, le problème des norias à usage agricole. Car, pour intéressants qu'ils soient, les cas connus dans l'espace andalou – ainsi ceux que l'on peut étudier dans la vallée du Río Segura, à Murcie, ou dans

¹⁵ C'est-à-dire avant 1380, date de la mort d'Ibn al-Khatib.

¹⁶ On connaît la mention que fait *al-Idrîsî* (*Description...*, 288) de la grande noria qui, à Tolède, élevant les eaux de 90 coudées (soit environ 43 m); au sommet, les eaux étaient conduites vers un aqueduc qui pénétrait en ville. On peut penser que, au-dessus d'une première *nâ'ûra* d'assez grandes dimensions et qui prenait les eaux dans le lit du Tage, plusieurs autres (plus petites) formaient une sorte d'escalier d'eau permettant d'arriver au niveau de la ville; voir la reconstitution qu'en donne *Pavón Maldonado* 1990, 280.

¹⁷ On réserve l'appellation de "machine hydraulique" aux instruments élaborés, bien que construits de manière simple et à l'aide de matériaux communs, essentiellement le bois, qui permettent l'exhaure des eaux des nappes ou des fleuves et rivières.

celle du Río Genil, à Grenade (*Córdoba de la Llave 1996; Bazzana – De Meulemeester 1998*) – ne parvient pas à donner une vision exacte des campagnes médiévales. L'exemple de Fès démontre que c'est au Maroc plus que dans la péninsule Ibérique qu'il faut trouver les traces d'une permanence des installations médiévales réalisées en milieu rural. En Espagne, en effet, à la suite du changement de société qui suit la conquête chrétienne de 1238 (Valence) ou 1492 (Grenade), l'intervention des pouvoirs royaux ou locaux (nouveaux seigneurs, Ordres Militaires) conduit à rechercher des améliorations techniques, en vue d'une productivité accrue.¹⁸ C'est ce que note Ricardo Córdoba, dans un article consacré à la «tradition islamique» dans la construction des norias:

«depuis les 15^e et 16^e siècles, les norias fluviales hispaniques, bien que continuant à être en bois pour la totalité de leurs éléments, modifièrent partiellement leur technologie; au lieu de suivre le modèle arabe, avec des traverses inscrites dans la circonférence, elles suivirent un schéma plus semblable aux modèles connus d'époque romaine, consistant à utiliser moins de traverses internes et à mettre en place, en revanche, un plus grand nombre de rayons, c'est-à-dire de barres de bois qui convergent depuis la couronne – là où se disposent les pales et les godets – vers l'axe sur lequel elles sont fixées et étayées par d'autres traverses disposées circulairement» (*Córdoba de la Llave 1996*, 301–302).

La noria échappe alors à ses origines rurales, ou ce qu'elle était dans un monde rural ancien; elle entre dans le monde des ingénieurs, retrouvant ainsi la situation qui était la sienne dans l'Antiquité. Mais, il devient clair aussi que l'on se trouve en présence de deux types différents qui, pour un même objectif, emploient des dispositifs techniques distincts. La modification essentielle du modèle vient de la manière d'accrocher les rayons sur l'arbre:

- dans un cas – et l'on qualifiera sa technologie d'élaborée – un montage à tenons et mortaises¹⁹ demande le recours à un véritable travail de charpentier;
- dans l'autre – de technologie simple, dirons-nous on se contente d'une juxtaposition et d'un assemblage de l'extrémité des rayons sur les côtés de l'axe (qui peut donc être de dimensions plus réduites), sans que celui-ci soit mortaisé.

C'est ce second modèle qui perdure dans les campagnes marocaines et que l'enquête ethnoarchéologique nous permet d'approcher afin de mieux éclairer les réalités médiévales.

Les norias de la vallée moyenne du Sebou

À quelque 15 km en aval de Fès, la vallée du Sebou s'ouvre assez largement, limitée cependant et des deux côtés par un ensemble de collines là se succèdent, en

¹⁸ C'est ce que l'on constate à Murcie, sur le Segura, où des constructions ou reconstructions de norias sont datées par les textes des 14^e–15^e siècles, voire très précisément du règne d'Isabelle-la-Catholique, à la fin du 15^e siècle.

¹⁹ L'axe, dans ce cas, doit être constitué d'une fort madrier de bois résistant, ou, plus tard, d'une pièce de métal.

moyenne tous les 200 à 300 m et dans une sorte de paysage relique, des norias et des jardins potagers (occupant les terres fertiles de la vallée), dont Jean-Léon l'Africain – encore lui, mais il est vrai que ses descriptions sont d'une précision remarquable – mentionnait déjà l'existence à la fin du Moyen Âge (on peut penser qu'il en était sans doute de même pendant les deux siècles antérieurs). Et il ajoutait:

«Presque tous les gentilshommes de Fès ont une vigne dans le Zalag. Au pied de la montagne, vers le nord également, il y a de très belles plaines et des jardins potagers, parce que le Subû irrigue ces plaines vers le sud. Les maraîchers font construire, avec les moyens dont ils disposent, des roues hydrauliques qui puisent l'eau du fleuve et arrosent les terrains en culture» (*Jean Léon l'Africain 1956*, éd. Épaulard: II, 243).

Encore utilisées aujourd'hui, mais réparées ou reconstruites après chaque crue du fleuve, elles ne jouent plus tout à fait le même rôle qu'au Moyen Âge dans la mesure où l'époque du Protectorat a modifié sérieusement les cadres de la propriété agricole.

Ces *nā'ūra/s* du Sebou comprennent essentiellement trois parties constitutives (*fig. 11 et 12*): les piliers de soutènement du mécanisme, la roue proprement dite, le moyeu enfin, formé de l'axe et de la pièce – ou coussinet – sur laquelle il repose.

a) Les piliers

Le terme est, sans doute, abusif, s'agissant de simples supports de bois. On ne relève, en effet, aucune trace de maçonnerie: il s'agit seulement de perches longues de moins de 2,20 m (en moyenne) en bois de petites et moyennes sections (de 5 mm à 12 mm environ), et formant deux cages verticales de plan carré (environ 60 à 65 cm de côté) ou rectangulaire (environ 60 à 65 cm sur 80 à 85 cm), s'accrochant aux piquets du barrage; les quatre perches verticales de chaque pilier sont reliées entre elles, verticalement et horizontalement, par des dispositifs «en X» de branches de plus faible section. La longueur des perches disponibles ne permettant pas d'assurer la hauteur totale d'un pilier, on les relie entre elles à l'aide de liens végétaux: ces liens sont traditionnellement en cordelette de chanvre mais aussi, aujourd'hui, en lanière de vieille chambre à air!

b) La roue

La roue proprement dite est, et de loin, l'élément le plus complexe de toute l'installation: elle comprend la couronne, le cadre de maintien et les rayons de consolidation, enfin le moyeu, que l'on étudiera à part. La couronne – d'un diamètre variant, selon les cas, de 3,50 à environ 5 m – porte les pales assurant le mouvement de la machine²⁰ et les augets de sa périphérie;

²⁰ Les pales sont en bois (éclats équarris à l'herminette, ou fragments de planches), d'une épaisseur de 22 mm, d'une hauteur de 12 à 15 cm (assemblées à mi-bois sur le grand cercle de la couronne) et d'une largeur de 48 cm, soit une coudée.

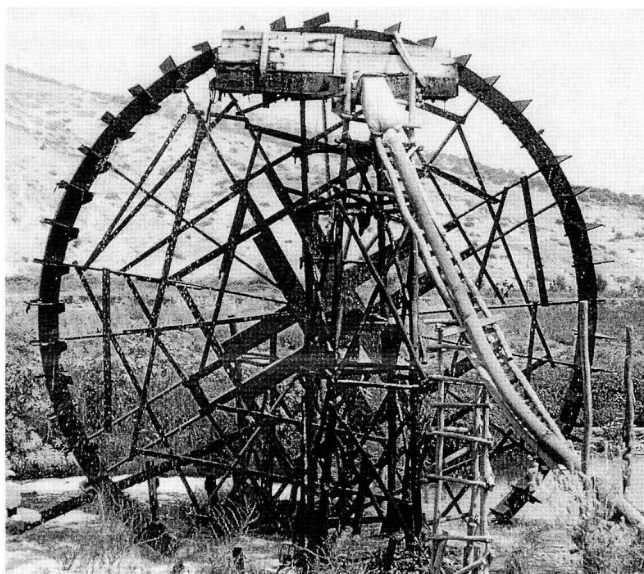


Fig. 11. Une nâ'ûra à usage agricole, dans la vallée moyenne du Sebou (Maroc).

c'est, en fait, une sorte de caisson circulaire, compartimenté pour constituer les augets qui récupéreront l'eau du fleuve grâce à la présence d'orifices carrés (disposés sur l'extrados) facilitant le remplissage, et latéralement (d'un seul côté, mais il existe des norias à double déversement, à droite et à gauche), pour verser les eaux vers le bac récepteur. Le cadre de maintien est une structure géométrique centrée, de plan carré, comprenant huit bras principaux et un nombre variable de bras secondaires;²¹ en fait, les bras s'organisant par deux, sont disposés parallèlement et forment ainsi une grande croix comportant un encadrement plus léger; l'espace – d'une quinzaine de centimètres de côté – qui est ainsi déterminé au centre servira de passage à l'arbre horizontal qui, comme nous le verrons, devra être maintenu à l'aide de petites cales entrées à force. Des renforts multiples frappent les bras et dessinent de façon aléatoire des polygones incomplets et assez irréguliers.

c) Le moyeu et ses supports

Il est composé de deux éléments complémentaires: l'arbre proprement dit et son support. Disposé, comme on l'a vu, dans un espace central carré, de 12 à 15 cm de côté, c'est l'élément essentiel du dispositif: il s'agit d'une forte pièce de bois, de section carrée dans sa partie centrale, comprenant deux embouts cylindriques pour faciliter le mouvement tournant sur les points d'appui du support (fig. 13a). Reste à solidariser l'arbre horizontal et le bâti de la roue, ce qui peut être fait à

²¹ Les bras secondaires sont en nombre variable selon les machines ou, plus précisément, selon le nombre de pales que porte la couronne; sur notre exemple d'une nâ'ûra de 48 pales, la couronne est maintenue et consolidée par un total de 20 bras (ou faux rayons); 8 prolongent, comme on l'a dit, les larges planches du bâti central, les 12 autres venant s'intercaler 3 par 3 entre les bras principaux.

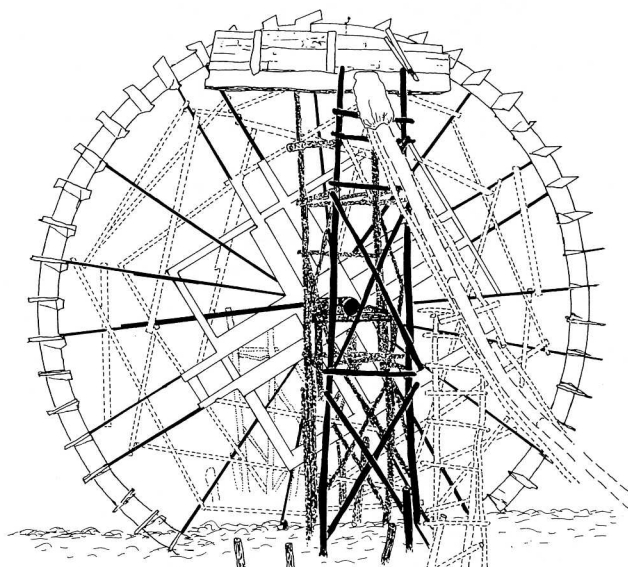


Fig. 12. Restitution dessinée d'une nâ'ûra du Sebou.

l'aide de petites cales de bois, entrées à force (voir Delpech et al. 1997, 51–52).²² Enfin, deux coussinets (fig. 13b), fixés solidement sur les perches verticales, de part et d'autre de la roue, servent de support à l'arbre. Sur le Sebou, ils sont formés d'une semelle horizontale, de forme rectangulaire et épaisse d'environ 5 cm, légèrement entaillée en arc de cercle (dans sa partie centrale), et de deux butées latérales (fig. 13c) qui bloquent l'arbre latéralement et facilitent les réparations.

La nâ'ûra résulte ainsi d'un assemblage minutieux, à l'aide d'un jeu de pièces sans doute préfabriquées et testées lors d'un montage d'essai effectué sur le sol. Sa bonne mise en œuvre implique que soient résolus de difficiles problèmes physiques: citons principalement la circularité parfaite de la roue et son bon équilibre (répartition des masses et forces internes), la rigidité, donc la cohérence que doit présenter l'ensemble, enfin l'équilibre général de la machine, indispensable pour limiter les phénomènes d'usure et pour lui donner un mouvement qui ne soit pas trop saccadé ou ralenti. Si la construction est délicate, l'entretien ne l'est pas moins. Mais, «entre noria des villes» et «noria des champs» le problème n'est pas de même nature: les principes de construction sont les mêmes, mais la technologie mise en œuvre est différente. En milieu urbain, on sait par la documentation textuelle qu'existaient des corporations de spécialistes, ou *nwâ'riyya*; c'est du moins ce que rapporte Georges Colin et que complète Tariq Madani, qui signale l'existence, à Fès, près du quartier Zkâk al-Rummân d'une «Rue des fabricants de norias» (Colin 1932, 42; Madani 2003, II, 83); en Syrie, on sait que fonctionnait une corporation de «menuisiers es norias» (*nighârat al-nâwâ'ir*) et que des équipes d'artisans parcouraient les campagnes, au moins de façon saisonnière, pour assurer l'entretien des nâ'ûra/s et, parfois mais plus rarement, leur construction (Delpech et al. 1997, 128–129). Les petites roues maghrébines et andalouses nécessitent la taille attentive d'éléments constitutifs nombreux (plus de

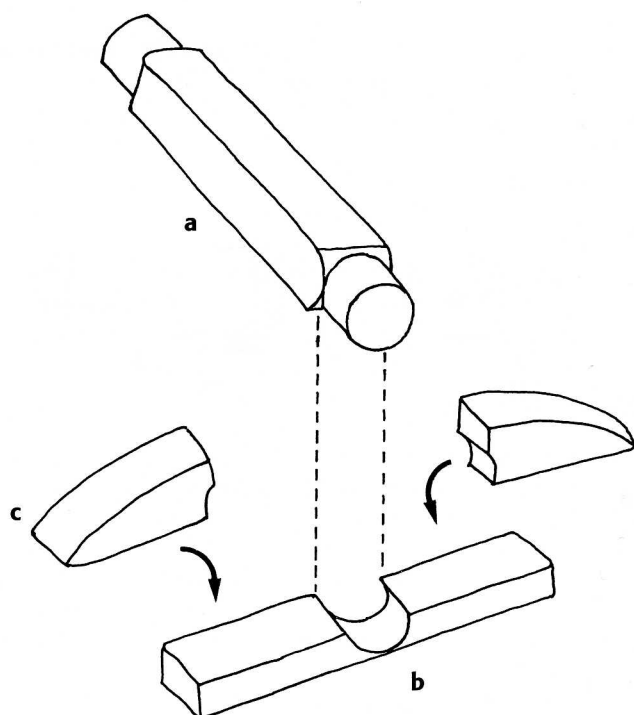


Fig. 13. Schéma des pièces du moyeu: arbre (a), coussinet (b) et butées latérales (c).

200 pièces) en vue d'assemblages très précis. Ces machines requièrent un savoir-faire qui ne demande peut-être pas l'intervention d'un lointain spécialiste mais suppose la présence, au village, d'un *mu'alle* compétent. La technique relève, on en conviendra, d'un véritable bricolage, sans nuance péjorative, réalisé avec des matériaux communs (et faciles à trouver) et un outillage simplifié: herminettes et marteaux dits «de charpentiers», comme ceux qui ont été retrouvés dans la fouille d'Oliva (Bazzana – Climent – Montmessin 1987, 114–115).

Les irrigations andalouses se sont principalement développées entre le 9^e et le 13^e siècle, et révèlent un choix de société: le résultat en est une transformation complète du paysage, un abandon de la classique «triade méditerranéenne» – le blé, la vigne et l'olivier – et l'essor d'une agriculture de jardinage intensif permettant jusqu'à trois ou quatre récoltes par an de produits, en grande partie, nouveaux: aubergine, artichaut, oranger... Cette mutation des mœurs alimentaires se marque fortement, dans la péninsule Ibérique, à partir du milieu du 10^e siècle; on la retrouve dans une évolution parallèle des formes céramiques, qui voient diminuer, relativement, le nombre des marmites pour cuissons lentes au profit de plats à tajin (dans lesquels les viandes ne servent qu'à compléter les parfums des légumes) et de coupes largement ouvertes servant à la présentation des fruits et des salades. De ce point de vue, l'irrigation est bien un fait social, dont les présupposés techniques et les modalités juridiques viennent directement de la conquête arabo-berbère de 711–713; avec celle-ci, on assiste à un premier transfert de connaissances déjà appliquées en d'autres régions, en

Méditerranée orientale bien sûr mais aussi, par exemple, en Ifriqiya (et ceci bien avant la conquête romaine) pour l'irrigation des terrasses artificielles; ces transferts de connaissances sont renforcés par les mouvements tribaux du 10^e siècle et les déplacements de population des 12^e et 13^e siècles. Mais à cela, bien sûr, il convient d'ajouter le poids des apports venant du Proche Orient: sans doute, rien n'aurait été possible sans l'existence antérieure d'un ensemble de connaissances techniques, appliquées depuis des siècles dans les agricultures de jardinage de Syrie-Palestine ou de Basse-Égypte. Enfin, il faut aussi compter, d'une part avec la forte «orientalisation» des terres musulmanes d'Occident, d'autre part sur le poids culturel de l'Islam; enfin, s'il s'agit de transferts technologiques, sans doute faut-il attribuer quelque importance aux routes du commerce et du Pèlerinage, qui facilitent les échanges.

Annexe

Les moulins médiévaux dans les sources écrites chrétiennes:

l'exemple du *Repartimiento* de Valence (13^e siècle), d'après Selma 1993, 75–76.

«On utilise fondamentalement les mentions latines: or, les expressions *molendinum* ou *casale molendinorum* ne sont pas accompagnées de quelque information qui puisse permettre d'identifier la force motrice employée.²² Cependant, on doit considérer qu'il s'agit (...) de moulins hydrauliques, c'est-à-dire de mécanismes de broyage qui, pour fonctionner, emploient l'eau. En effet, de telles mentions apparaissent fréquemment, soit associés à d'autres éléments, soit localisées en des emplacements qui sont en relation avec l'eau: rivières, canaux, jardins irrigués.²³ Ce n'est que dans le meilleur des cas que l'on précise l'élément moteur: *molendina aquarum*, ou *molendini aque*;²⁴ parfois (...) on donne une description rapide: *omnia molendina que sunt vel fuerint infra terminus castri de Ares cum sus aquis et cuis et capud cequius...* (Cabanes Pecourt – Ferrer Navarró 1979, III, 187–189). [Dans d'autres cas] mais assez rarement, on rencontre le terme arabe *rahā*, qui fait référence à un moulin hydraulique, latinisé et associé à un mot définissant le type de mouture qu'on y produisait: ainsi le texte latin *...illud casale molendinorum... quod vocatur rahal Henna...* (Cabanes Pecourt – Ferrer Navarró 1979, I, 1800 et II, 111) rapporte la forme – *rahā Henna* – sous laquelle était connue et identifiée cette installation par les musulmans. En clair, le moulin utilisait la force hydraulique et s'employait à moudre, au moins, olives ou henné (*hinnā*) (...). Une donation concernant le territoire de Sagonte parle d'un *casale dicitur Raphalmagzem...*, c'est-à-dire d'un moulin hydraulique du *makhzen* (Cabanes Pecourt – Ferrer Navarró 1979, II, 495 (administration étatique); à Onteniente, on signale aussi un *rahā Petrapol* (Cabanes Pecourt – Ferrer Navarró 1979, II, 808). Il est certain que de telles expressions sont exception-

²² Une exception toutefois, avec la mention d'un moulin à vent à Chivert (Selma 1993, 76).

²³ *Libre del Repartiment*: II, 310, 280, 793 et 801 (rivières); II, 381 et 933 (canaux); II, 119 (jardins).

²⁴ *Colección...*: LXXXV (Alcalá de Chivert).

nelles mais, par chance, on peut les rapprocher d'une donation faite dans le Val de Marinyén, où l'on utilise souvent le mot arabe *arhâ* (au singulier *rahâ*). Le texte dit: *duo casalia molendinorum...* et *dicuntur molendina Arreha (Araha) Fulli...* (Cabanès Pecourt – Ferrer Navarró 1979, II, 1068 et II, 1357); ces moulins peuvent avoir moulu le *foul* (*fûla*), c'est-à-dire des fèves et faire ainsi de la farine de fève.

Bibliographie

Sources

Al-Ahwâni, A. 1957:

Alfâz magribiyya min kitâb Ibn Hishâm al-Lamji fi lahn al-'amma, Mayallat Ma'had al-majtûât al-'arabiyya = Revue des Manuscrits de la Ligue arabe, III/1957, 127–157 et 285–321.

Bayan:

voir *Ibn Idhârî*.

Beti, M. 1957:

Colección de cartas pueblas..., Boletín de la Sociedad castellonense de cultura (Castellón de la Plana), XIII/1932, p. 190–192; LXXXV/1957, p. 253–256.

Cabanès Pecourt, M. D. – Ferrer Navarró, R. 1979:

Libre del Repartment del Regne de Valenciá, Saragosse, 2 vol.

Colección de cartas pueblas...:

voir *Beti, M.*

Description...

voir *Al-Idrîsî 1968*.

Ibn Hishâm al-Lajmî:

Radd 'ala l-Zubaydî fi lahn al-'amma, Bibliothèque de l'Escurial, ms. 46 et 99; voir *Al-Ahwâni, A.*

Al-Himyarî:

Kitâb al-Rawd... = La péninsule ibérique au Moyen-Âge, d'après le «Kitâb al-rawd al-mit'âr», texte arabe des notices relatives à l'Espagne, au Portugal et au Sud-Ouest de la France, traduction par É. Lévi-Provençal. Leyde, 1938.

Ibn Idhârî:

Kitâb al-Bayân al-mughrib fi akhbar muluk al-Andalus wa l-Maghrib, texte arabe édité par R. Dozy, Leyde, 1848–1851, 2 vol.; traduction d'après R. Dozy par E. Fagnan: *Histoire de l'Afrique et de l'Espagne intitulée al bayano'l-Moghrib*. Alger, 1901–1904, 2 vol.

Al-Idrîsî:

Nuzhat al-mushtak fi ikhtirak al-afak, éd. et trad. par Dozy, R. et de Goeje, M.-J.: Description de l'Afrique et de l'Espagne par al-Idrîsî (1^{ère} éd., 1866), réimpression anastatique, Leyde, 1968.

Al-Idrîsî:

Geografía de España, trad. espagnole par Saavedra, E. et Blásquez A., commentaire de A. Ubieto Arteta, Valence (Textos medievales, 37), 1974.

L'Africain, Jean Léon 1956:

Description de l'Afrique, trad. par Épaulard et Adrien, Paris (Institut des Hautes études marocaines, LXI), Paris.

Ibn al-Khatîb:

Descripción del Reino de Granada bajo la dominación de los Naseritas, sacada de los autores árabes, Madrid, 1982 (rééd.).

Lévi-Provençal, (E.) 1953:

La «Description de l'Espagne» d'Ahmad al-Razî (traduction française), *Al-Andalus*, XVIII/1953, p. 51–108.

Libre del Repartment,

voir *Cabanès Pecourt, M. D. – Ferrer Navarró, R.*

Pérès, H. 1957:

Qala'id al iqyân d'al-Fath b. Khâqân, Mélanges d'histoire et d'archéologie de l'Occident musulman, II.

Qala'id:

voir *Pérès, H.*

Al-Razî:

voir *Lévi-Provençal, E.*

Vitruve:

De architectura. Les dix livres d'architecture, traduction intégrale de Claude Perrault, 1673, revue et corrigée sur les textes latins et présentée par André Delmas, Paris, 1979.

Études et travaux

Aguadé Nieto, S. 1988:

De la sociedad arcáica a la sociedad campesina en la Asturias medieval, Alcalá de Henares.

Barceló, M. et al. 1986:

Barceló, M. – Carbonero, M. A. – Martí, R. – Rosselló-Bordoy, G.: Les aigües cercades. Els qanat(s) de l'illa de Mallorca. 2 vol (texte et illustration) et une pochette (planches). Palma de Majorque.

Bazzana, A. – De Meulemeester, J. 1998:

«Les irrigations médiévales du moyen Segura (Murcie, Espagne)», VI^e Congrès international d'archéologie médiévale. L'innovation technique au Moyen Âge (Dijon, 1^{er}–5^e octobre 1996), Paris, p. 51–56.

Bazzana, A. – Climent, S. – Montmessin, Y. 1987:

El yacimiento medieval de "Les Jovades". Oliva.

Bloch, M. 1962:

Avènement et conquête du moulin à eau. Mélanges historiques, Paris, p. 801 (repris des Annales d'histoire économique et sociale, 36, 1935, p. 543).

Bouderbal, N. – Chiche, J. – Herzenni, A. – Pascon, P. 1984:

La question hydraulique. Petite et moyenne hydraulique au Maroc. Casablanca.

Caro Baroja, J. 1954:

Norias, azudas, aceñas, Revista de dialectología y tradiciones populares, X, p. 29–160.

Colin, G.-S. 1932:

La noria marocaine et les machines hydrauliques dans le monde arabe, Hespéris, XIV, p. 22–60.

Colin, G.-S. 1933:

L'origine des norias de Fés, Hespéris, XVI, p. 156–157.

Córdoba de la Llave 1996:

Tecnología de las norias fluviales de tradición islámica en la provincia de Córdoba, II Coloquio "Historia y Medio físico". Agricultura y regadío en al-Andalus. Almería, p. 301–316.

Delpéch, A. – Girard, F. – Robine, G. – Roumi, M. 1997:

Les norias de l'Oronte: analyse technologique d'un élément du patrimoine syrien. Damas (IFEAD).

Fernández Avilés, A. 1946:

Noticias de antigüedades murcianas en un texto árabe. In: Crónica del II Congreso arqueológico..., Boletín arqueológico del Sudeste español, 4–7, janvier–décembre 1946, p. 358–364 et pl. XXXII–XXXIII.

Fórneas, J. Ma 1974:

Un texto de Ibn Hishâm al-Lajmî sobre las maquinas hidráulicas y su terminología técnica, Miscelanea de Estudios árabes y hebraicos (Grenade), XXIII, fasc. 1, p. 53–62.

- Garcia-Tornel, F. C. 1982:*
Continuidad y cambio en la huerta de Murcia, Murcia (Academia Alfonso X El Sabio).
- Gautier-Dalché, J. 1982:*
Moulin à eau, seigneurie, communautés rurales dans le nord de l'Espagne, Économie et société dans les pays de la Couronne de Castille. Londres, p. 337-349.
- Glick, Th. 1990:*
Molins d'aigua a l'Horta medieval de València: observacions a un article de Vicenç M. Rosselló, Afers. Fulls de recerca y pensament, 9, p. 9-22.
- Glick, Th. 1992:*
Tecnología, ciencia y cultura en la España medieval. Madrid, I, p. 49-51; II, p. 83.
- Lagardère, V. 1991:*
Moulins d'Occident musulman au Moyen Âge (IX^e au XV^e siècles): al-Andalus. Al-Qantara, XII/1991, p. 59-118.
- Madani, T. 2003:*
L'eau dans le monde musulman médiéval. L'exemple de Fès (Maroc) et de sa région. Thèse de doctorat sous la direction d'André Bazzana, Lyon, 4 vol.
- Navarro Palazón, J. - Robles Fernández, A. 1996:*
Liétor. Formas de vida rurales en Sharq al-Andalus a través de una ocultación de los siglos X-XI. Murcia.
- Pavón Maldonado, B. 1990:*
Tratado de arquitectura hispano-musulmana. I - Agua. Madrid (C.S.I.C.).
- Schiøler, Th. 1973:*
Roman and islamic water-lifting wheels. Copenhagen (Odense University Press, Biblioteca Universitatis Hauniensis, vol. 28).
- Selma, S. 1993:*
Els molins d'aigua medievals a Sharq al-Andalus. Aproximació a través de la documentació escrita dels segles X-XIII. Onda.
- Tarradell Mateu, M. 1965:*
Prehistoria i Antiguitat, Historia del País Valencià. Valence, I, p. 16-206.
- Torres Balbás, L. 1940:*
Las norias fluviales en España, Al-Andalus, V, p. 192-208 (Obra dispersa I, Madrid, 1981, p. 209-222).