



Syria
Archéologie, art et histoire

84 | 2007
Varia

Le développement du moulin hydraulique à roue horizontale à l'époque omeyyade : à propos d'un moulin sur l'aqueduc de Bosra (Syrie du Sud)

Pierre-Marie Blanc et Denis Genequand



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/syria/372>
DOI : 10.4000/syria.372
ISSN : 2076-8435

Éditeur

IFPO - Institut français du Proche-Orient

Édition imprimée

Date de publication : 1 janvier 2007
Pagination : 295-306
ISSN : 0039-7946

Référence électronique

Pierre-Marie Blanc et Denis Genequand, « Le développement du moulin hydraulique à roue horizontale à l'époque omeyyade : à propos d'un moulin sur l'aqueduc de Bosra (Syrie du Sud) », *Syria* [En ligne], 84 | 2007, mis en ligne le 01 juillet 2016, consulté le 07 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/syria/372> ; DOI : 10.4000/syria.372

**LE DÉVELOPPEMENT DU MOULIN HYDRAULIQUE À ROUE HORIZONTALE
À L'ÉPOQUE OMEYYADE : À PROPOS D'UN MOULIN
SUR L'AQUEDUC DE BOSRA (SYRIE DU SUD)**

Pierre-Marie BLANC
Institut français du Proche-Orient, Damas
Denis GENEQUAND
Council for British Research in the Levant, Amman
et Service cantonal d'archéologie, Genève

Résumé – En 2005 et 2006, en marge de l'étude de l'aqueduc de Bosra par la Mission archéologique française en Syrie du Sud, un moulin hydraulique a été fouillé et daté de l'époque omeyyade. Il s'agit d'un moulin hydraulique double placé en aval d'un réservoir situé sur l'aqueduc. Deux chutes d'eau obliques permettaient de faire tourner deux roues horizontales qui actionnaient les meules par un système de transmission directe. Ce moulin hydraulique s'inscrit dans une petite série de moulins récemment étudiés et bien datés au Proche-Orient. Ils tendent à démontrer que la roue horizontale, bien que plus simple à mettre en œuvre que la roue verticale, n'a pas été utilisée au Proche-Orient avant le début de l'époque islamique. Dans l'état actuel de la recherche, on peut dire que la roue horizontale a été introduite à l'époque omeyyade et utilisée d'abord avec des chutes d'eau obliques, avant l'introduction du système de la chute d'eau verticale et conduite forcée qui s'est généralisé à l'époque médiévale.

Abstract – In 2005 and 2006, while studying the aqueduct of Bosra, the French archaeological mission in Southern Syria excavated a water mill that was dated to the Umayyad period. It is a double water mill situated downstream from a reservoir built on the aqueduct. Two horizontal wheels were powered by two oblique water chutes. Millstones were then rotated by direct transmission. This water mill belongs to a small series of Near Eastern mills that were recently studied and well dated. They tend to demonstrate that the horizontal-wheeled mill, even if easier to conceive than the vertical-wheeled mill, was not used in the Near East before the early Islamic period. Considering the data presently at hand, the horizontal-wheeled mill was introduced in the Umayyad period and was first used with oblique water chutes, before the later introduction of the so-called drop-tower, which was in general use during the Medieval period.

خلاصة – في عامي ٢٠٠٥ و ٢٠٠٦، وعلى هامش دراسة قناة بصرى من قبل البعثة الأثرية الفرنسية في سورية الجنوبية، تم تنقيب طاحونة مائية وتاريخها من العصر الأموي. وهي عبارة عن طاحونة مائية مزدوجة قائمة عند سافلة خزان يقع على القناة. وكان مسقطان للمياه بشكل مائل يسمحان بدوران عجلتين أفقيتين كانتا تحركان حجري الرحى بواسطة نظام نقل مباشر. وتندرج هذه الطاحونة المائية ضمن سلسلة صغيرة من الطواحين المدروسة حديثاً والمؤرخة جيداً في الشرق الأدنى. وهي تميل إلى البرهان على أن العجلة الأفقية، على الرغم من كونها أبسط من العمودية في التشغيل، لم تستخدم في الشرق الأدنى قبل بداية العصر الإسلامي. وضمن الوضع الحالي للأبحاث فإن العجلة الأفقية كانت قد أدخلت خلال العصر الأموي واستخدمت أولاً في مساقط المياه المائلة، قبل إدخال نظام سقوط المياه العمودية والمسار الإجباري الأمر الذي تعمم خلال العصور الوسطى.

Les travaux de la mission archéologique française en Syrie du Sud¹ s'inscrivent dans une perspective scientifique centrée sur l'étude des modes de peuplement et de mise en valeur du Sud syrien dans des contextes ruraux ou urbains². C'est une zone géologiquement homogène et dotée d'une riche histoire depuis le Chalcolithique jusqu'à l'avènement de l'Islam. Au sein de cette zone basaltique, la ville de Bosra permet d'étudier le développement de son urbanisme en rapport avec le vaste territoire qu'elle contrôle et dont elle capte les productions. Les ressources en eau nécessaires à l'alimentation de la ville ont été l'objet de soins particuliers dès lors que la capacité de la source pérenne locale n'a plus été en mesure d'assurer les besoins grandissants. Dérivations des *wadis* encadrant le site et stockage dans de grands réservoirs à ciel ouvert, puis captages de sources et transfert à longue distance par aqueducs ont été les solutions successives, mais aussi concomitantes, développées pour garantir un approvisionnement en eau de qualité aux fontaines et aux bains. Des inscriptions attestent certains de ces épisodes, mais seule l'investigation archéologique a permis de retrouver la trace de ces installations sophistiquées montrant l'ingéniosité des différentes solutions techniques mises en œuvre pour transporter ou utiliser la force motrice de cette eau. Grâce à l'étude des cartes et à des prospections pédestres menées par Jacques Leblanc, un site à 6 km à l'est de Bosra, à proximité du wadi al-Zaydi, a été choisi en 2004 pour des investigations plus poussées³. Il s'agit du site de Khirbet al-Khawam, qui comprend un tronçon de l'aqueduc de Bosra, trois moulins hydrauliques médiévaux, ainsi qu'un réservoir et un moulin hydraulique double omeyyades (**fig. 1**). Il est situé dans la plaine qui s'étend avec un léger pendage naturel entre le Jabal al-'Arab et la ville de Bosra.



Figure 1 : Vue aérienne du site (Yves Guichard, cerf-volant). De haut en bas : le moulin double omeyyade, les trois moulins médiévaux, le réservoir et l'aqueduc (le nord est à droite).

1. Mission initiée par Jean-Marie Dentzer et actuellement dirigée par Frank Braemer ; à Bosra, il s'agit d'une mission conjointe avec Mme Waffa al-Hawdah puis M. Faez ed-Doss, à Suweida' avec M. Wassim Shaarani. La mission est soutenue par le ministère français des Affaires étrangères et l'ACI « Eau » du CNRS. Son programme de recherche est intégré à celui de l'équipe Histoire et Archéologie du Proche-Orient Hellénistique et Romain (Jacqueline Dentzer-Feydy) de l'UMR 7041 à Nanterre dirigée par Anne-Marie Guimier-Sorbets.

2. Ces programmes sont développés en accord avec la Direction générale des Antiquités et des Musées de Syrie et avec les directions régionales de Deraa, Bosra et Suweida'. Il nous est agréable de souligner ici la qualité des relations avec Messieurs les docteurs Bassam Jamous et Michel Al-Maqdissi ainsi que leur constant soutien. Ces lignes sont également le fruit d'un travail collectif de terrain auquel ont participé, outre les signataires : Jacques Leblanc, Arnaud Chevalier, Cécile Dumond-Maridat, Damien Gazagne, Pierre Wech, Odile Dussart (verre), Paul Courbon (topographie), Laurent Baqué (architecte et topographe), Pierre Dubœuf (dessin, IFPO), Yves Guichard (photographies au cerf-volant), 'Alaa Salah, Yasser Sha'ar, 'Alaa al-Maaz, Salma al-Basat, Uissama Kiwan et Hanadi Shami. Pour les transcriptions de noms et mots arabes, on utilisera dans cet article le système de l'*Encyclopédie de l'Islam* (2nde édition) simplifié, sauf pour quelques noms qui ont déjà une transcription bien établie en français, comme Bosra, ou habituelle dans la revue *Syria*, comme Suweida'.

3. Le chantier est situé sur le territoire de l'actuel muhafazat de Suweida'.

L'AQUEDUC DE BOSRA

La campagne de 2005 a mis en évidence la présence d'une canalisation maçonnée enterrée provenant de la direction du village d'al-Afina, sur les piémonts sud-ouest du Jabal al-'Arab, et se dirigeant par tronçons réguliers vers Bosra selon un tracé est-ouest (**fig. 2**). Des sondages ont été effectués en plusieurs points de son tracé. La largeur moyenne du cuvelage de l'aqueduc est de 0,45 m pour une hauteur variant de 0,90 à 1,10 m. Celui-ci est soit maçonné, soit taillé au travers de la roche basaltique en place. Un enduit de mortier pauvre en tuileaux recouvre la surface interne. La couverture est assurée par des dalles soigneusement jointoyées avant d'être recouvertes d'une épaisseur de terre variant avec la topographie du terrain. La pente calculée à partir des éléments mis au jour est d'environ 3 %. La datation proposée se situe à la période byzantine, entre la fin du v^e et le début du vi^e siècle, sur la base des tessons récoltés dans les mortiers ou les remplissages des tranchées.

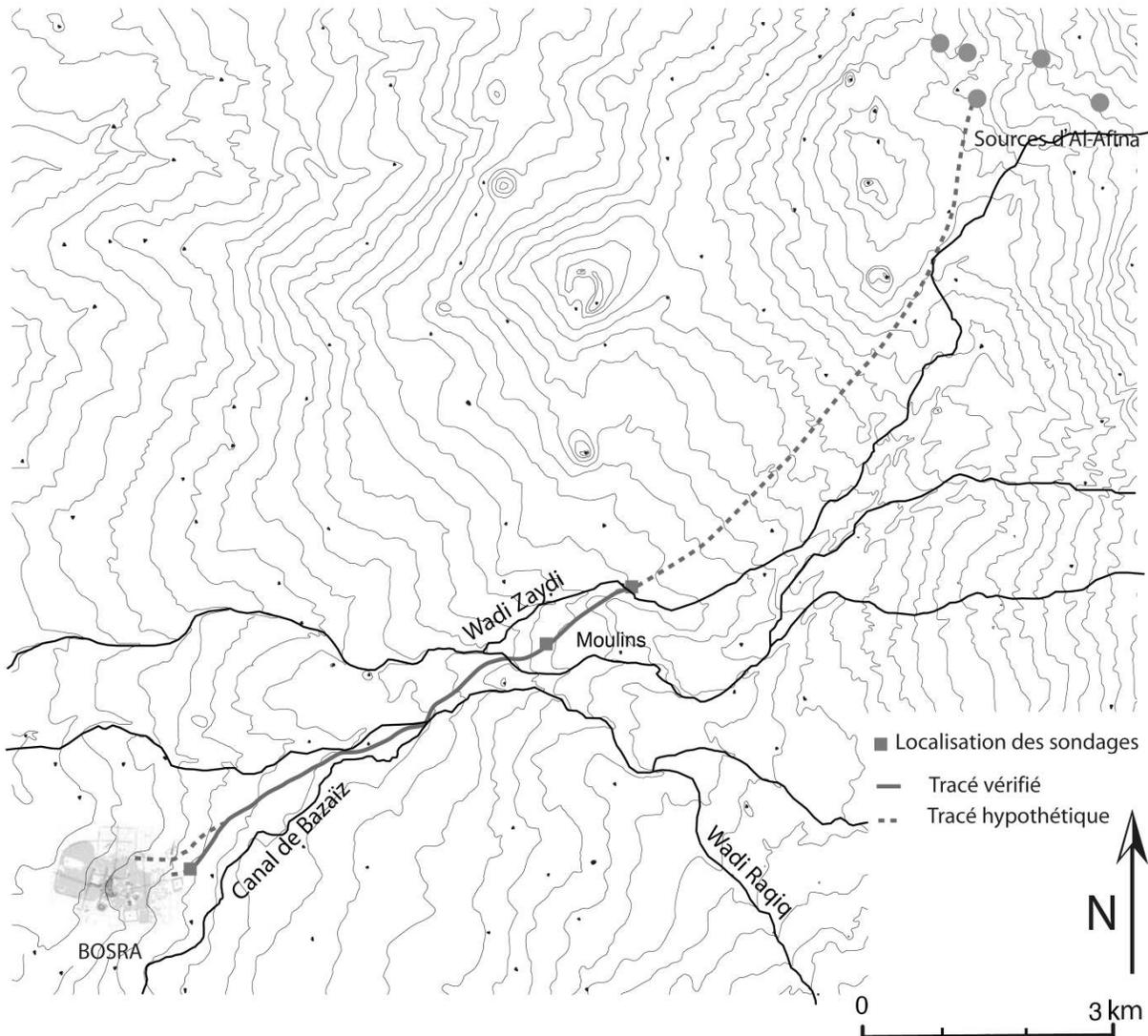


Figure 2 : Carte de l'aqueduc d'al-Afina à Bosra. (Damien Gazagne et Laurent Baqué).

LES MOULINS MÉDIÉVAUX DE KHIRBET AL-KHAWAM

De puissants massifs maçonnés enserrant un puits vertical cylindrique soigneusement construit sont répartis le long de l'aqueduc. Ils ont été interprétés d'abord comme de possibles dispositifs destinés à freiner le courant de l'eau en créant des ruptures, mais se sont révélés être des moulins hydrauliques. L'enquête orale a permis de préciser que certains d'entre eux, situés à l'est du village d'al-Qrayya, fonctionnèrent jusqu'au milieu du ^{xx}e siècle. Sur le site même de Khirbet al-Khawam, trois puits verticaux conservés au sud-ouest du réservoir attestent la succession de plusieurs moulins et leur fonctionnement depuis la période ayyoubide jusqu'à la période mamelouke. Un quatrième moulin, détruit et réemployé, a été identifié dans la construction du dernier moulin. Les éléments de meule présents dans les niveaux de destruction, ainsi que le dégagement de la crapaudine d'un arbre vertical ont définitivement assuré l'interprétation de ces vestiges comme moulins hydrauliques à roue horizontale. Ces constructions reposaient sur et réutilisaient partiellement un état antérieur constitué, pour sa partie visible, d'un vaste réservoir carré au fond recouvert d'un mortier de chaux lissé.

LE RÉSERVOIR ET SES INSTALLATIONS ANNEXES

Le réservoir forme un carré de 25 m de côté dans l'œuvre. Son mur périphérique, identifié sur plus des trois quarts de son tracé, se présente sous la forme d'un massif épais de 2,65 m. Le cœur de l'ouvrage est constitué de blocs arrondis de basalte ainsi que de quelques éléments en remploi noyés dans un mortier assez maigre d'une couleur variant du gris au beige banché entre deux parements dressés en assises régulières. La paroi interne est enduite d'un mortier fin recouvrant une couche d'accrochage caractérisée par sa rugosité et par des traces de truelle en chevrons. Un enduit de forte épaisseur noyant un *rudus* d'éclats et de petits blocs arrondis de basalte forme le fond de ce bassin. Les joints du parement externe sont soulignés par un mortier jaunâtre dur à texture végétale. La paroi ouest est constituée de deux tronçons formant un dièdre qui doit indiquer le point de sortie de l'eau. La hauteur conservée du parement interne est de 1,20 m et permet de restituer un volume minimal d'environ 750 m³, mais une capacité double est sans doute possible au vu de la puissance des murs du bassin. Un mur perpendiculaire de même technique, greffé sur sa partie est, devait soutenir le conduit apportant l'eau depuis les sources situées en amont vers al-Afina. L'eau tombait dans le réservoir en chutant sur un brise-jet constitué par un énorme bloc de basalte brut incorporé au mortier du fond.

Une série de cuves maçonnées constituées de blocs de basalte est appuyée contre le parement de la partie nord de la façade ouest du réservoir. Du mortier recouvre les blocs et noie leur base. Il forme un sol vers le côté occidental. Une quinzaine de ces cuves ont été reconnues ou sont restituables jusqu'à l'extrémité du mur. L'hypothèse d'abreuvoirs semble devoir être écartée au profit d'un dispositif destiné au lavage des grains avant les opérations de mouture ou de broyage. Cette opération se nomme *maswal* en arabe. Il s'agit d'un nettoyage par lévigation des impuretés surtout pondéreuses, puis du séchage des grains. Nous serions ainsi en présence d'une zone de préparation du grain avant sa transformation dans le moulin situé en aval du réservoir. Ces installations devaient être associées à des espaces de stockage qui n'ont pas été identifiés.

LE MOULIN HYDRAULIQUE OMEYYADE

Le moulin hydraulique se trouve à 8 m en contrebas du réservoir carré (**fig. 3**). Il présente deux états distincts : un état principal qui comprend un double système de mouture et un état secondaire qui témoigne de l'installation d'un nouveau moulin d'un type tout à fait différent dans et par-dessus le premier. À ceci s'ajoute un état antérieur, principalement matérialisé par l'aqueduc byzantin préexistant, mais dans lequel on ne peut exclure l'existence d'un premier moulin entièrement détruit. C'est surtout la dénivellation rapide de l'aqueduc préexistant qui laisse penser à une première installation de ce type à la place du moulin encore conservé. Trop peu d'éléments permettent de confirmer cette hypothèse et nous n'y reviendrons pas dans les lignes qui suivent.

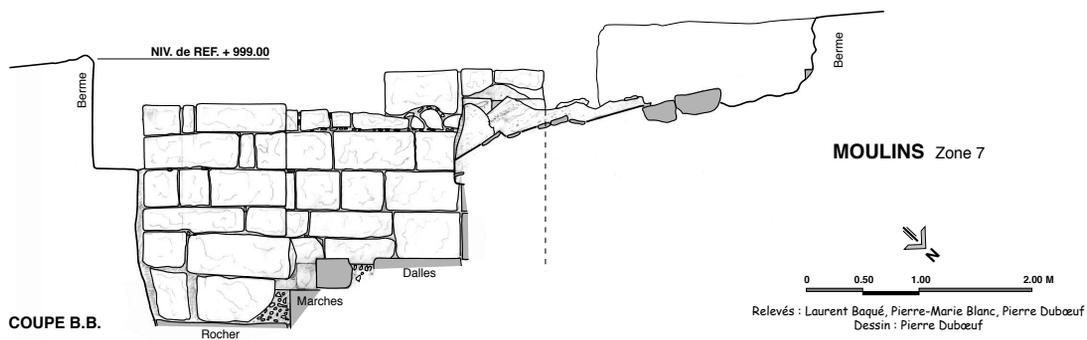
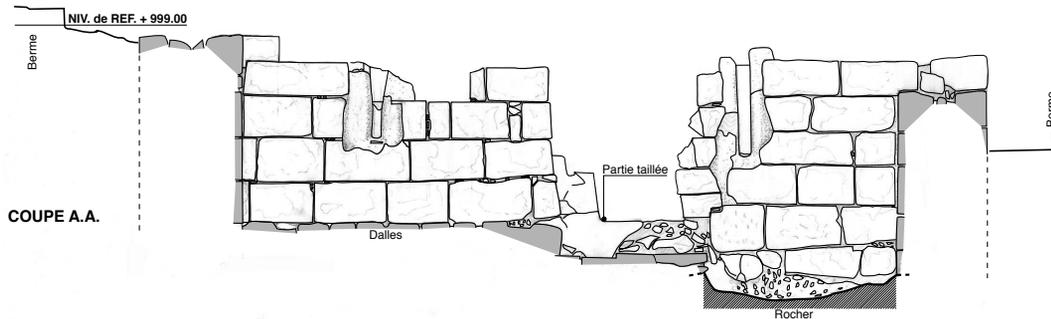
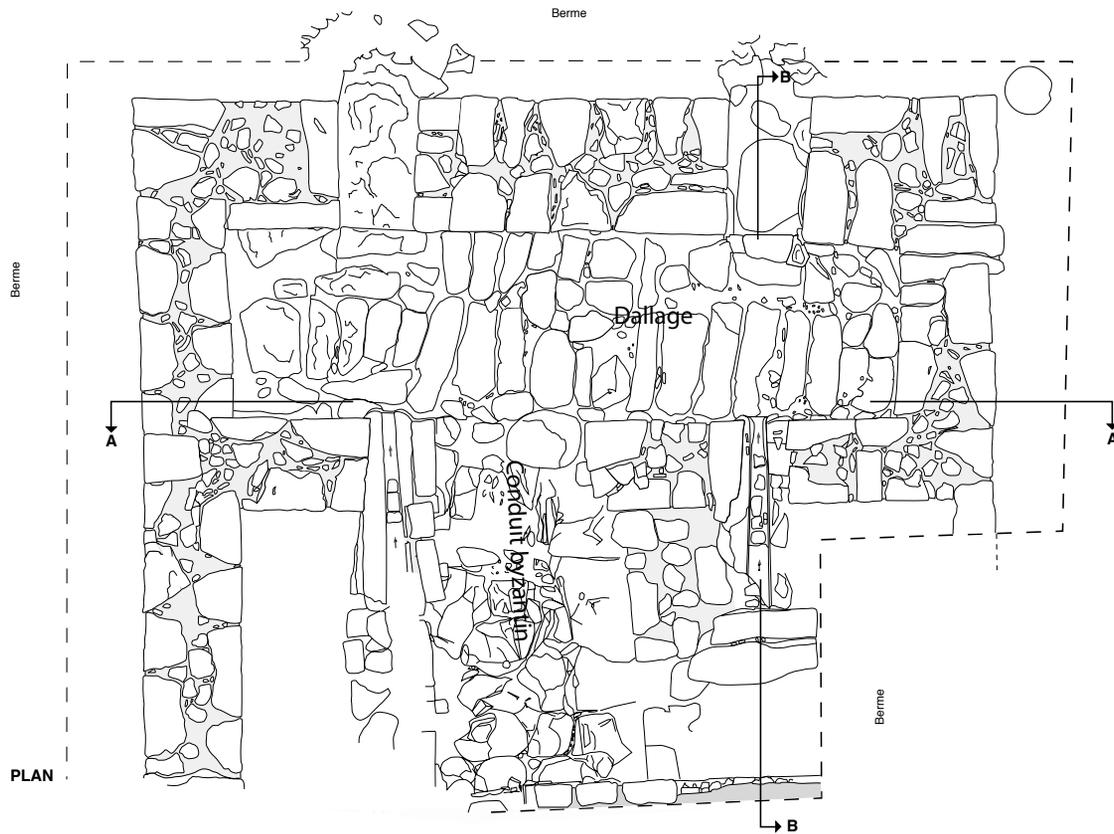


Figure 3 : Plan et coupe du moulin hydraulique omeyyade (relevés : Laurent Baqué, Pierre Dubœuf et Pierre-Marie Blanc ; compléments et DAO : Pierre Dubœuf).

État principal

L'état principal du moulin est composé de deux parties. Il y a, en amont, l'arrivée d'eau et les chutes pour créer la force motrice nécessaire à son fonctionnement. En aval, se trouve la chambre des roues, à laquelle était superposée la chambre de mouture (**fig. 4**).

Les chutes obliques

L'arrivée d'eau du moulin se fait depuis le réservoir carré situé en amont. On peut restituer une prise d'eau au fond ou près du fond du réservoir, probablement par un canal unique et de faible pente sur quelques mètres. À un endroit indéterminé⁴, le canal se sépare en deux et amorce une pente oblique marquée, de manière à former deux chutes d'eau longues d'au moins 6 m, pour une hauteur de 2,2 m (soit une pente de 33 %). Ces dernières sont caractérisées par un resserrement progressif de leurs parois afin de donner un maximum de force à l'eau. Les deux chutes obliques reposent sur de longues dalles posées transversalement et calées elles-mêmes sur un blocage comblant un espace délimité par trois ou quatre murs. Les parois des chutes sont faites de murets de petits blocs liés avec un abondant mortier de chaux grisâtre contenant de la cendre et du sable basaltique ; elles étaient ensuite enduites par un mortier blanc lissé. C'est par d'étroites ouvertures verticales, renforcées par des boudins de mortier, que les deux chutes se déversent dans la chambre des roues (**fig. 5 : 1 et 2**).



Figure 4 : Vue générale du moulin hydraulique omeyyade depuis l'aval (ouest) ; au premier plan, la chambre des roues, puis les chutes obliques et le moulin secondaire.

4. Les travaux nécessaires à la construction des moulins médiévaux ont arraché la majorité des matériaux de construction récupérables à cet endroit.

La chambre des roues

La chambre des roues est de forme oblongue (7,60 x 3,60 m hors œuvre) ; elle est délimitée par des murs à double parement de moyen appareil en basalte (blocs taillés en coin, bruts de taille ou équarris, ainsi que quelques remplois). Le mur occidental (en aval) est beaucoup plus épais que les autres (1,2 m au lieu de 0,75 m), peut-être en raison de la pression exercée par l'eau arrivant des chutes. Les murs n'étaient pas enduits, mais tous les joints entre les blocs et les assises ont été remplis avec un mortier de chaux blanc légèrement débordant (**fig. 6**).



Deux dallages de basalte successifs et plutôt irréguliers ont été mis en évidence à l'intérieur de la pièce, mais aucun d'entre eux ne présente un quelconque élément lié à l'ancrage des roues. Un bloc isolé issu des couches de démolition présente en revanche trois crapaudines sur deux de ses faces. Les traces d'usure à l'intérieur des crapaudines sont très marquées et permettent de supposer que c'est dans ce bloc qu'était fiché l'arbre vertical de l'une des roues. Le bloc n'était visiblement pas ancré dans le sol et sa masse était suffisante pour assurer sa stabilité, renforcée par quelques blocs de calage de part et d'autre.



Figure 5 (1 et 2) : Détails de la chute oblique nord du moulin hydraulique omeyyade.

Avec les données issues de la fouille et de l'architecture, il est aisé de comprendre comment a fonctionné le système de force motrice du moulin. L'eau se déversait sur les pales de deux roues motrices horizontales placées directement sous les chutes et entraînait leur rotation. La force développée dépendait donc uniquement de la vitesse de l'eau. Les roues horizontales avaient un petit diamètre et étaient probablement en bois (de nombreux clous et éléments métalliques ont été retrouvés à la base du niveau de démolition). Elles tournaient sur un arbre vertical qui servait aussi à la transmission directe de la force motrice vers les meules. Après avoir frappé les pales des roues, l'eau s'écoulait hors de la chambre par deux ouvertures ménagées dans le mur occidental. Les deux ouvertures étaient suivies par des canaux en partie construits et en partie taillés dans le socle rocheux. En aval du moulin, les deux canaux devaient se rejoindre et retrouver l'aqueduc préexistant, dont le tracé est à peu près dans l'axe de l'ouverture sud.

Restitution de la chambre de mouture

Rien ne subsiste de la chambre de mouture qui se trouvait directement au-dessus de la chambre des roues. On peut cependant lui restituer le même plan oblong et la hauteur conservée des élévations de la chambre de mouture nous donne une indication du niveau minimum où se trouvaient les corbeaux supportant son plancher. Ce dernier devait nécessairement être percé de deux ouvertures laissant passer les arbres verticaux pour la transmission de la force motrice aux meules. De nombreux fragments d'un épais mortier de chaux à la surface bien lissée – certains possèdent une légère inflexion vers le haut indiquant la proximité de la paroi – ont été retrouvés dans la couche de destruction. Ils devaient former un niveau de sol qui était apte à recevoir la farine dans la chambre de mouture et qui reposait sur les poutres de basalte transversales.

La rotation des meules était assurée par un système de transmission directe, l'arbre vertical des roues servant aussi à entraîner les meules par l'intermédiaire d'une anille ou de crampons. On remarquera que, de manière générale, les moulins à roue horizontale ont toujours recours à la transmission directe.

Les meules

Plusieurs fragments de meules ont été retrouvés au cours de la fouille, mais aucun ne peut être attribué pour le moment avec certitude à l'état principal ou à l'état secondaire. Tous se rapportent néanmoins à des meules de basalte dormantes ou volantes, relativement plates, circulaires, avec un grand diamètre (80 à 120 cm) et une épaisseur variant de 2,5 à plus de 12 cm, assurant ainsi leur destination à des moulins hydrauliques.

Les deux dispositifs de mouture ont pu être semblables et destinés à produire de la farine. Mais le fait que le moulin soit double offre aussi la possibilité de deux dispositifs distincts, par exemple un moulin pour la farine et un broyeur pour le blé concassé et la séparation du blé de son enveloppe, selon



Figure 6 : Vue latérale de la chambre des roues du moulin hydraulique omeyyade depuis le nord.

un schéma que l'on trouve dans certains moulins hydrauliques traditionnels⁵ ou dans la boulangerie omeyyade d'Umm al-Rasas (Jordanie)⁶. Aucun vestige de broyeur n'a toutefois été retrouvé durant la fouille.

État secondaire

L'état secondaire voit l'implantation d'un nouveau moulin à l'intérieur du moulin de l'état principal. Il n'est cependant pas possible de savoir si cela s'est fait après un temps d'abandon du premier moulin ou si c'est la nouvelle construction qui a causé l'abandon de la première. Il s'agit d'un moulin d'un type différent, dont la chute d'eau n'est plus oblique mais verticale et à conduite forcée (« *arubah* » *penstock mill*).

Le choix de l'emplacement de ce nouveau moulin implique que le réservoir devait encore être en fonction. Un nouveau canal reliait aussi les deux structures. La chute et le moulin à proprement parler sont implantés dans l'espace comblé de blocage qui supportait les chutes obliques de l'état précédent et viennent se poser sur les derniers vestiges de l'aqueduc byzantin.

La chute est constituée d'un puits cylindrique vertical construit avec de petits blocs. Il a un diamètre de 48 cm pour une hauteur conservée d'au moins 1,4 m. À sa base, une conduite horizontale, longue de 1,1 m et dont l'orifice de sortie est très réduit (carré de 9,5 cm) (**fig. 7**), permettait d'évacuer l'eau et surtout de lui donner la force nécessaire pour actionner les pales d'une petite roue qui était aussi horizontale. Des éléments métalliques de renforcement de l'arbre vertical ont été trouvés autour de l'une des crapaudines dans le sol. L'eau s'écoulait ensuite par une ouverture pratiquée dans le mur oriental du moulin de l'état principal, puis elle rejoignait les mêmes ouvertures et canaux. La chute et le massif de maçonnerie qui l'entoure sont aménagés pour l'essentiel dans le sol et dans des maçonneries antérieures et n'ont été que grossièrement parementés sur leurs façades visibles.

Comme pour l'état principal, la chambre de mouture n'est pas conservée, mais peut être en partie restituée sur la base des élévations de la chambre de la roue. La présence de très nombreux fragments de pouzzolane, dont certains sont enrobés de mortier gris, atteste un mode de couverture faisant certainement appel à une voûte en berceau pour la chambre de la roue ou la chambre de mouture.

Datation

Plusieurs éléments concordent pour fournir les datations des différentes composantes de l'ensemble formé par l'aqueduc, le réservoir et les moulins. La datation à l'époque byzantine de l'aqueduc préexistant au réservoir et aux moulins est proposée sur la base des tessons pris dans le mortier qui lie ses parois, ainsi que dans le remplissage de leurs tranchées d'implantation. La datation du réservoir et du moulin double de l'état principal est suggérée, d'une part, par quelques caractères techniques, comme le recours à des chutes obliques qui trouvent de bons parallèles sur plusieurs moulins omeyyades ou les enduits d'accrochage marqués par des lignes verticales de



Figure 7 : Vue de la base et de l'orifice de sortie de l'eau du moulin hydraulique secondaire à chute verticale.

5. AURENCHÉ, BAZIN & SADLER 1997, p. 254-256.

6. GENEQUAND, observations personnelles et publication en préparation.

chevrons, assez typiques des VII^e et VIII^e siècles après J.-C. en Syrie du Sud et dans le nord et le centre de la Jordanie. D'autre part, le mobilier retrouvé en fouille atteste de manière indiscutable que le moulin double a été construit à l'époque omeyyade et plus précisément dans la première moitié du VIII^e siècle après J.-C. Cinq *fulūs* omeyyades postérieurs à la réforme monétaire de 'Abd al-Malik ont été trouvés entre les deux dallages du moulin (fig. 8 : 1 et 2). De plus, un fragment de lampe inscrite provient du même contexte : ces lampes signées en caractères arabes et parfois datées ont été produites à Jerash à la fin de l'époque omeyyade et au tout début de l'époque abbasside. Celle-ci est signée par Ibn Hudaij/ Ibn Khurayj (fig. 8 : 3), potier déjà attesté par plusieurs lampes trouvées à Jerash et ailleurs, mais dont aucune n'est datée⁷.

La datation de l'état secondaire du moulin est plus délicate. D'un point de vue technique, ce nouveau moulin appartient pleinement à la série des moulins médiévaux qui ont été construits plus au sud. Cependant, l'épaisse couche de démolition qui est venue combler les chambres des roues des deux états successifs ne contient pas de mobilier médiéval, mais un mobilier que l'on datera provisoirement du VIII^e et du début du IX^e siècle après J.-C. Évidemment, il ne s'agit pas d'un niveau scellé fournissant un *terminus* sûr et les tessons ont pu avoir été apportés d'ailleurs au cours du processus de démolition et de comblement. Deux éléments laissent cependant penser à une date de construction plutôt haute : le remploi du même emplacement et des mêmes niveaux, mais surtout l'utilisation vraisemblable du réservoir. Tout cela va dans le sens d'une construction qui intervient rapidement après l'abandon du moulin double omeyyade, voire qui lui succède immédiatement. On retiendra, avec toutes les précautions nécessaires, une datation possible au IX^e siècle après J.-C., peut-être même dans sa première moitié.

CONCLUSION

Bien conservé, bien fouillé et bien daté, le moulin hydraulique omeyyade – ou plus exactement la succession de moulins hydrauliques – de l'aqueduc de Bosra s'inscrit dans une recherche renouvelée sur l'usage de la force hydraulique, sa diffusion et ses changements technologiques entre Antiquité tardive, haut Islam et époque médiévale.

Longtemps, l'expansion et l'usage massif du moulin hydraulique ont été considérés comme un développement technologique médiéval, bien que son origine antique soit reconnue. Récemment, cette vision des choses a été remise en cause et les études archéologiques ont montré que les provinces occidentales de l'Empire romain avaient, dès le I^{er} siècle après J.-C., abondamment recouru à cette technologie, vraisemblablement mise au point en Méditerranée orientale entre le III^e et le I^{er} siècle avant J.-C.⁸



Figure 8 : 1 : *fals* omeyyade (droit).



Figure 8 : 2 : *fals* omeyyade (revers).

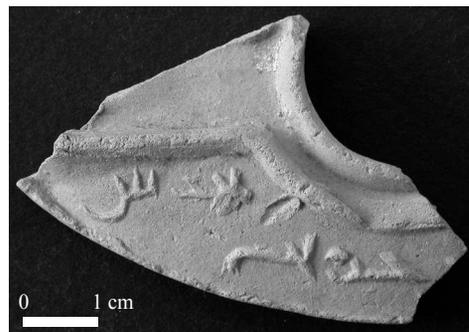


Figure 8 : 3 : Lampe inscrite de Jerash.

7. GAWLIKOWSKI 1995, p. 669-670 ; WATSON 2004, p. 104-105 (n° LNS 796 C).

8. WIKANDER 2000, p. 394-397 ; les opinions divergent quant à un lieu et une date exacte : Égypte ptolémaïque au III^e siècle avant J.-C. pour certains, Méditerranée orientale à la fin du II^e-début du I^{er} siècle avant J.-C. pour d'autres.

Si la diffusion du moulin hydraulique est maintenant connue de manière satisfaisante dans la partie occidentale de l'Empire romain, il n'en est pas de même dans la zone proche-orientale. En effet, de très nombreux moulins hydrauliques y sont connus, mais la plupart, lorsqu'ils sont correctement datés, remontent aux époques médiévale et ottomane. Les moulins hydrauliques bien datés de l'époque romaine au Proche-Orient sont très rares, pour ne pas dire inexistantes, et c'est durant l'Antiquité tardive et surtout le haut Islam que les recherches archéologiques récentes tendent à placer l'essor de leur diffusion. Aux époques médiévale et ottomane, les moulins hydrauliques sont extrêmement fréquents dans tout le Proche-Orient⁹. Cet état des connaissances est évidemment susceptible d'être modifié grâce à la poursuite des recherches et à de nouvelles découvertes.

Depuis peu, un petit groupe de structures bien datées est venu compléter un maigre dossier archéologique qui ne comptait guère que le moulin hydraulique omeyyade de Qasr al-Hayr al-Gharbi (Palmyrène)¹⁰. Il s'agit d'un groupe de six moulins hydrauliques datés de l'époque byzantine près de Césarée de Palestine¹¹, d'un moulin-scie hydraulique également daté de l'époque byzantine découvert à Jerash (Jordanie)¹² et de deux moulins hydrauliques omeyyades respectivement fouillés à Qasr al-Hayr al-Sharqi (Palmyrène)¹³ et étudié en prospection à Ma'an (sud de la Jordanie)¹⁴. Les moulins de Césarée, situés sur une rivière, ont des roues verticales et des meules biconiques. La roue verticale les rattache pleinement, tout comme celui de Jerash, à la série des moulins hydrauliques datés de l'époque romaine et de l'Antiquité tardive dans le reste du bassin méditerranéen, série qui semble ignorer la roue horizontale pourtant plus simple à mettre en œuvre¹⁵. Seuls les moulins hydrauliques de Chemtou et peut-être Testour en Tunisie, datés de la fin du III^e-début du IV^e siècle après J.-C., ont recours à la roue horizontale, mais dans un système beaucoup plus développé et complexe puisqu'il s'agit de turbines¹⁶. En revanche, tous les moulins proche-orientaux d'époque omeyyade ont de petites roues horizontales sous des chutes d'eau obliques et des meules circulaires plates ou légèrement coniques. Tous sont aussi placés sur des aqueducs ou des dérivations d'aqueducs ; en amont d'un réservoir si l'aqueduc arrive de sources pérennes (Qasr al-Hayr al-Sharqi et Ma'an) ; en aval d'un réservoir si celui-ci est nécessaire à l'approvisionnement en eau du moulin (Qasr al-Hayr al-Gharbi). Il s'agit évidemment de s'adapter aux conditions locales et de maximiser les possibilités de fonctionnement du moulin.

C'est dans cette série qu'il faut replacer les moulins successifs de l'aqueduc de Bosra. Ces derniers présentent non seulement un état bien documenté d'un moulin double à chute oblique d'époque omeyyade, mais aussi la possibilité d'un moulin byzantin plus ancien et celle, unique, d'illustrer le passage technologique de la chute oblique à la chute verticale durant la haute époque islamique. L'époque omeyyade verrait donc l'adoption et la généralisation de l'usage de la roue horizontale au Proche-Orient, en lien avec des chutes d'eau obliques. L'étape suivante sera l'adoption de la chute d'eau verticale et conduite forcée (« *arubah* » *penstock mill*), tout en maintenant l'usage de la roue horizontale. Cette technologie transforme le poids de l'eau compressée en vitesse. Elle est plus adaptée à des régions pauvres en ressources hydriques et a de meilleurs rendements. Elle s'est généralisée à l'époque médiévale, a été très utilisée à l'époque ottomane et s'est maintenue jusqu'au XX^e siècle¹⁷. Mais, comme tendrait à le montrer le moulin de Bosra, il est possible qu'elle ait commencé à être utilisée dès l'époque abbasside. On retiendra en définitive, pour le Proche-Orient et avec la documentation

9. McQUITTY 1995.

10. SCHLUMBERGER 1986, p. 4. D'autres exemples, comme les moulins de Lajjun en Jordanie, qui ont longtemps été considérés comme romains, sont maintenant datés sans ambiguïté de l'époque ottomane tardive (DE VRIES 2006). La discussion qui suit est basée uniquement sur des moulins hydrauliques qui ont été datés de manière fiable.

11. AD, SA'ID & FRANKEL 2005.

12. SEIGNE 2002.

13. GENEQUAND, KÜHN & DE REYNIER 2006, p. 175-179 ; GENEQUAND, HULL & STUDER 2007, p. 131-135.

14. GENEQUAND 2003, p. 28.

15. WIKANDER 2000, p. 373-378 ; cf. aussi WIKANDER 1984.

16. WILSON 1995, p. 499-504.

17. McQUITTY 1995, p. 749 ; AL-MAQDISSI & TRAK AL-MAQDISSI 2006.

actuellement disponible, que c'est à l'époque islamique et plus précisément à l'époque omeyyade que l'on doit le véritable développement du moulin hydraulique à roue horizontale.

Les moulins de Bosra s'inscrivent donc dans une double problématique de diffusion puis de modification technologique entre l'Antiquité et le Moyen Âge, problématique importante pour la compréhension et l'étude de l'économie rurale. À cela s'ajoute aussi le problème du développement de Bosra à l'époque omeyyade, et celui du rattachement de ce moulin double à son contexte socio-économique. En effet, dans l'état actuel des connaissances, tous les autres moulins hydrauliques contemporains de la zone syro-jordanienne se rattachent à des implantations aristocratiques liées à un palais ou à une importante résidence. Ce ne semble pas être le cas à Bosra, où le moulin paraît plutôt être lié à la cité et se trouve sur l'aqueduc principal d'approvisionnement de l'un des grands réservoirs de la ville. S'agit-il dès lors d'une initiative d'une collectivité ? Est-on en présence d'une modification des structures économiques, qui verrait les activités de mouture passer d'un cadre domestique – que l'archéologie atteste dans une écrasante majorité de cas – à un cadre public et collectif du ressort de la communauté ou d'un entrepreneur individuel ? La poursuite de l'étude du moulin de Bosra et de son contexte devrait permettre de répondre en partie à ces questions.

BIBLIOGRAPHIE

- AD (A.), A.S. SA'ID & R. FRANKEL
2005 « Water-Mills with Pompeian-Type Millstones at Nahal Tanninim », *Israel Exploration Journal*, 55/2, p. 156-171.
- AURENCHÉ (O.), M. BAZIN & S. SADLER
1997 *Villages engloutis. Enquête ethnoarchéologique à Cafer Höyük*, Lyon.
- DE VRIES (B.)
2006 « The Water-Mills in Wadi Lejjun », dans S. T. PARKER éd., *The Roman Frontier in Central Jordan. Final Report on the Limes Arabicus Project, 1980-1989*, Washington, Vol. 1, p. 271-272.
- GAWLIKOWSKI (M.)
1995 « Arab Lamp-Makers in Jarash, Christian and Muslim », *Studies in the History and Archaeology of Jordan*, V, Amman, p. 669-672.
- GENEQUAND (D.)
2003 « Ma'an, an Early Islamic Settlement in Southern Jordan: Preliminary Report on a Survey in 2002 », *Annual of the Department of Antiquities of Jordan*, 47, p. 25-35.
- GENEQUAND (D.), M. KÜHN & C. DE REYNIER
2006 « Rapport préliminaire des travaux de la mission archéologique syro-suisse à Qasr al-Hayr al-Sharqi (Syrie) en 2005 », *Schweizerisch-Liechtensteinische Stiftung für Archäologische Forschungen im Ausland (SLSA/FSLA/SLFA) – Jahresbericht 2005*, Zürich, p. 161-203.
- GENEQUAND (D.), D. HULL & J. STUDER
2007 « Rapport préliminaire des travaux de la mission archéologique syro-suisse à Qasr al-Hayr al-Sharqi (Syrie) en 2006 », *Schweizerisch-Liechtensteinische Stiftung für Archäologische Forschungen im Ausland (SLSA/FSLA/SLFA) – Jahresbericht 2006*, Zürich, p. 123-156.
- AL-MAQDISSI (M.) & J. TRAK AL-MAQDISSI
2006 « Une mission ethnoarchéologique dans le Qalamoun : le moulin à eau M2 de Yabroud », dans P. CANIVET & J.-P. REY-COQUAIS éd., *Mémorial Monseigneur Joseph Nasrallah*, IFPO, Damas, p. 23-36.
- MCQUITTY (A.)
1995 « Water-Mills in Jordan: Technology, Typology, Dating and Development », *Studies in the History and Archaeology of Jordan*, V, Amman, p. 745-751.
- SCHLUMBERGER (D.)
1986 *Qasr el-Heir el-Gharbi*, Paris.
- SEIGNE (J.)
2002 « A Sixth Century Water-Powered Sawmill at Jarash », *Annual of the Department of Antiquities of Jordan*, 46, p. 205-213.
- WATSON (O.)
2004 *Ceramics from Islamic Lands*, Londres.
- WIKANDER (Ö.)
1984 *Exploitation of Water-Power or Technological Stagnation? A Reappraisal of the Productive Forces in the Roman Empire*, Lund.
- 2000 « The Water-Mill », dans Ö. WIKANDER éd., *Handbook of Ancient Water Technology*, Leyde, p. 371-400.
- WILSON (A.)
1995 « Water-Power in North Africa and the Development of the horizontal Water-Wheel », *Journal of Roman Studies*, 85, p. 499-510.