

Le moulin hydraulique gallo-romain des Tourbières à Avenches/Aventicum

Autor(en): **Blanc, Pierre / Castella, Daniel**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de l'Association Pro Aventico**

Band (Jahr): **53 (2011)**

PDF erstellt am: **14.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-391572>

Nutzungsbedingungen

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

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

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

Haftungsausschluss

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

Le moulin hydraulique gallo-romain des *Tourbières* à Avenches/Aventicum

Pierre Blanc

Daniel Castella

Avec des contributions d'Anika Duvauchelle, Nathalie Jacot et Isabella Liggi Asperoni

Résumé

Découvert et fouillé en 2007, le moulin hydraulique des *Tourbières* est la deuxième installation de ce type mise au jour à la périphérie nord d'Avenches. Comme celui d'*En Chaplix*, il se situe dans la plaine comprise entre la ville antique et le lac de Morat, non loin de la voie dite du Nord-Est, dans un secteur qui connaît une intense activité au II^e s. ap. J.-C., concrétisée notamment par l'aménagement d'un canal navigable et la présence d'un grand domaine foncier suburbain.

Un volet de la première partie de l'article rappelle la découverte du moulin néronien d'*En Chaplix*, l'un des plus anciens connus à ce jour. Les fouilles réalisées en 1990/1991 ont mis au jour les vestiges boisés de son infrastructure et de deux canaux de fuite successifs, ainsi que de nombreux fragments de meules en lave vacuolaire importées du Massif Central.

Implanté à quelques mètres du canal susmentionné, le moulin des *Tourbières* se signale également par une infrastructure en bois, beaucoup plus puissante toutefois que celle de l'installation découverte précédemment. Sa plateforme et ses mécanismes reposent en effet sur des montants de chêne de gros calibre, profondément implantés. L'une des particularités de l'installation réside en outre dans la présence d'un canal à double conduit à l'emplacement présumé de la roue hydraulique. Si aucun élément de cette dernière et du mécanisme d'engrenage n'est conservé, la fouille a livré un lot de fragments de meules de grand format du même type que celles d'*En Chaplix*, pour la plupart en lave vacuolaire.

La date de construction du moulin a pu être située par la dendrochronologie aux environs de 160 ap. J.-C. Aucune phase de réfection majeure n'a été mise en évidence et l'abandon de l'installation peut être situé sans précision avant la fin du II^e s.

La question de l'alimentation en eau du moulin n'est pas totalement éclaircie, mais la mise en corrélation de certains vestiges observés dans le secteur en 1990/1991 avec cette installation permet de proposer l'existence d'une conduite d'amenée aérienne longue de plus de 200 m.

Zusammenfassung

Die im Jahr 2007 entdeckte und freigelegte Wassermühle von *Les Tourbières* ist die zweite Anlage dieser Art, die am nördlichen Stadtrand von Avenches zu Tage kam. Wie jene von *En Chaplix* befindet sie sich in der Ebene zwischen der antiken Stadt und dem Murtensee, in der Nähe der sogenannten Nordoststrasse. In diesem Bereich, in dem auch ein grosses Landgut lag, fanden im 2. Jh. n. Chr. zahlreiche Bautätigkeiten statt, unter anderem wurde ein schiffbarer Kanal angelegt.

Ein Abschnitt im ersten Teil des Artikels fasst sich mit der Entdeckung einer der ältesten bisher bekannten Mühlen, der neronischen Mühle von *En Chaplix*. Bei den 1990/1991 durchgeführten Grabungen wurden Holzreste von deren Unterbau und von zwei verschiedenen Abflusskanälen gefunden sowie zahlreiche Fragmente von Mühlsteinen aus poröser Lava, die aus dem Massif Central importiert wurden.

Die Mühle von *Les Tourbières* liegt nur einige Meter vom oben erwähnten Kanal entfernt. Sie war ebenfalls mit einem hölzernen Unterbau ausgestattet, der allerdings viel massiver war als bei der zuvor entdeckten Anlage. Der Mühlenbau und der -antrieb ruhten auf mächtigen, tief im Boden verankerten Eichenstämmen. Eine weitere Besonderheit dieser Anlage ist der aus zwei Gräben bestehende Kanal, an der Stelle, wo sich ursprünglich wohl das Wasserrad befand. Davon sowie vom Mechanismus in Form von Zahnrädern wurden keine Reste gefunden. Bei der Grabung kamen jedoch eine Reihe von Fragmenten von grossen Mühlsteinen desselben Typs wie in *En Chaplix* zu Tage, die zumeist aus poröser Lava bestanden.

Die Errichtung der Mühle konnte dendrochronologisch um 160 n. Chr. datiert werden. Es ergaben sich keine Hinweise auf grössere Renovierungsmassnahmen; die Anlage wurde vermutlich noch vor dem Ende des 2. Jhs. aufgegeben.

Die Frage der Wasserzufuhr zur Mühle ist noch nicht völlig geklärt, aber der Vergleich einiger Befunde aus dem Grabungsareal von 1990/1991 mit der Anlage von *Les Tourbières* legt die Annahme einer oberirdischen Wasserzuleitung von über 200 m Länge nahe.

Mots-clés

Avenches
Aventicum
moulin hydraulique
meules
agriculture
artisanat

Stichwörter

Avenches
Aventicum
Wassermühle
Mühlsteine
Landwirtschaft
Handwerk

Übersetzung: Silvia Hirsch

Introduction*

Meules et moulins hydrauliques antiques

Depuis l'entre-deux-guerres jusqu'à la fin du siècle dernier, le débat autour de l'utilisation des technologies et plus spécialement de l'énergie hydraulique dans l'Antiquité a fait couler beaucoup d'encre¹. Les historiens n'étaient certes pas sans savoir que la technologie du moulin à eau, précisément décrite par Vitruve vers le tournant de notre ère, était connue des Anciens. Pourtant, on a longtemps considéré que les installations de ce type n'avaient connu qu'un développement limité durant la période romaine en raison de la disponibilité de la main-d'œuvre servile et qu'elles n'avaient été largement diffusées qu'à partir du Moyen Âge. Certains chercheurs, au premier rang desquels figure Ø. Wikander², ont certes tenté de contrer cet *a priori* idéologique, en s'appuyant sur la documentation archéologique existante, mais celle-ci s'avérait souvent difficile à exploiter, faute de publications récentes et détaillées.

En 1990-1991, les fouilles archéologiques liées à la construction de l'autoroute A1 livrèrent les vestiges du premier moulin hydraulique antique d'Avenches, à la périphérie nord de la ville. Publiée en 1994³, cette découverte sensationnelle fut l'occasion de ranimer ce vieux débat. Dès lors, les recherches archéologiques se sont multipliées, principalement dans les provinces gauloises et germaniques⁴. Plusieurs moulins antiques ont été mis au jour ou ont pu être réinterprétés ou réétudiés, à l'image de la fameuse meunerie de Barbegal (Bouches-du-Rhône F), dont la construction, longtemps datée de la fin de l'Antiquité, est désormais fixée au début du II^e s.⁵. Parallèlement, des travaux ont porté sur les meules rotatives de grand format, découvertes en contexte de fouille ou dans les collections des musées, et que l'on peut désormais en grande partie attribuer à des moulins à eau⁶. Bien qu'il soit encore impossible d'évaluer la densité de l'implantation des meuneries hydrauliques antiques, il ne fait désormais guère de doute qu'au moins dans les provinces susmentionnées⁷, chaque agglomération et chaque grand domaine foncier disposait de telles installations.

Entre ville et lac: le paysage antique

Les deux moulins hydrauliques d'*En Chaplix* et des *Tourbières* se situent dans le secteur de plaine compris entre l'agglomération antique d'Avenches et la rive sud du lac de Morat (fig. 1). Depuis près de trente ans, ce secteur a fait l'objet de plusieurs fouilles de grande ampleur, en particulier entre 1987 et 1994 à l'occasion de la construction de l'autoroute A1 puis, plus récemment, sur le chantier de l'usine Nespresso (2007-2008).

Dès la période augustéenne, *Aventicum* possède son port sur le lac (fig. 1, 3), dont la rive est alors bien plus proche de la ville qu'aujourd'hui (fig. 1, 2). On y accède par une route rectiligne de près d'un kilomètre (fig. 1, 5). D'autres voies quittent la ville en direction du nord et de l'est. Vers 125 ap. J.-C., les aménagements portuaires sont en quelque sorte «doublés» par un canal navigable long de 600 m (fig. 1, 4), permettant de remonter les barges jusqu'à la route dite du Nord-Est (fig. 1, 6).

Un autre ensemble exceptionnel a été mis au jour dans ce secteur, le long de cette même voie. Il s'agit d'un spectaculaire ensemble cultuel et funéraire, comprenant deux monuments tibéro-claudiens dans leurs enclos accolés, un riche cimetière et un sanctuaire (fig. 1, 7)⁸.

Un certain nombre d'indices permettent de relier cet ensemble monumental et le canal du II^e s. à une vaste propriété foncière établie aux portes mêmes de la ville, la *villa suburbana* dite du *Russalet*. De cet établissement, on ne connaît à vrai dire pas grand chose: seules quelques bribes de son plan ont été révélées par des photographies aériennes (fig. 1, 8). Sa *pars urbana* se situe vraisemblablement sur le coteau bordant la plaine au sud. Dans la plaine elle-même, on n'en connaît guère que quelques tronçons de murs d'enclos, dont l'un longeant la route du Nord-Est sur près de 280 m et un autre présentant un alignement de grands «locaux» rectangulaires.

* Nous remercions tout particulièrement Jean-Pierre Brun, professeur au Collège de France, et Marie-France Meylan Krause, directrice du Site et Musée romains d'Avenches, de leur relecture avisée. Merci également aux dessinateurs Philip Bürli et Laurent Francey, en particulier pour les travaux de restitution du moulin hydraulique.

1 Cf. en particulier Bloch 1935; Amouretti 1987; Castella 1994, p. 18-29; Wilson 2002; Brun 2006.

2 Wikander 1979; 1981; 1984; 1985; 2000.

3 Castella 1994.

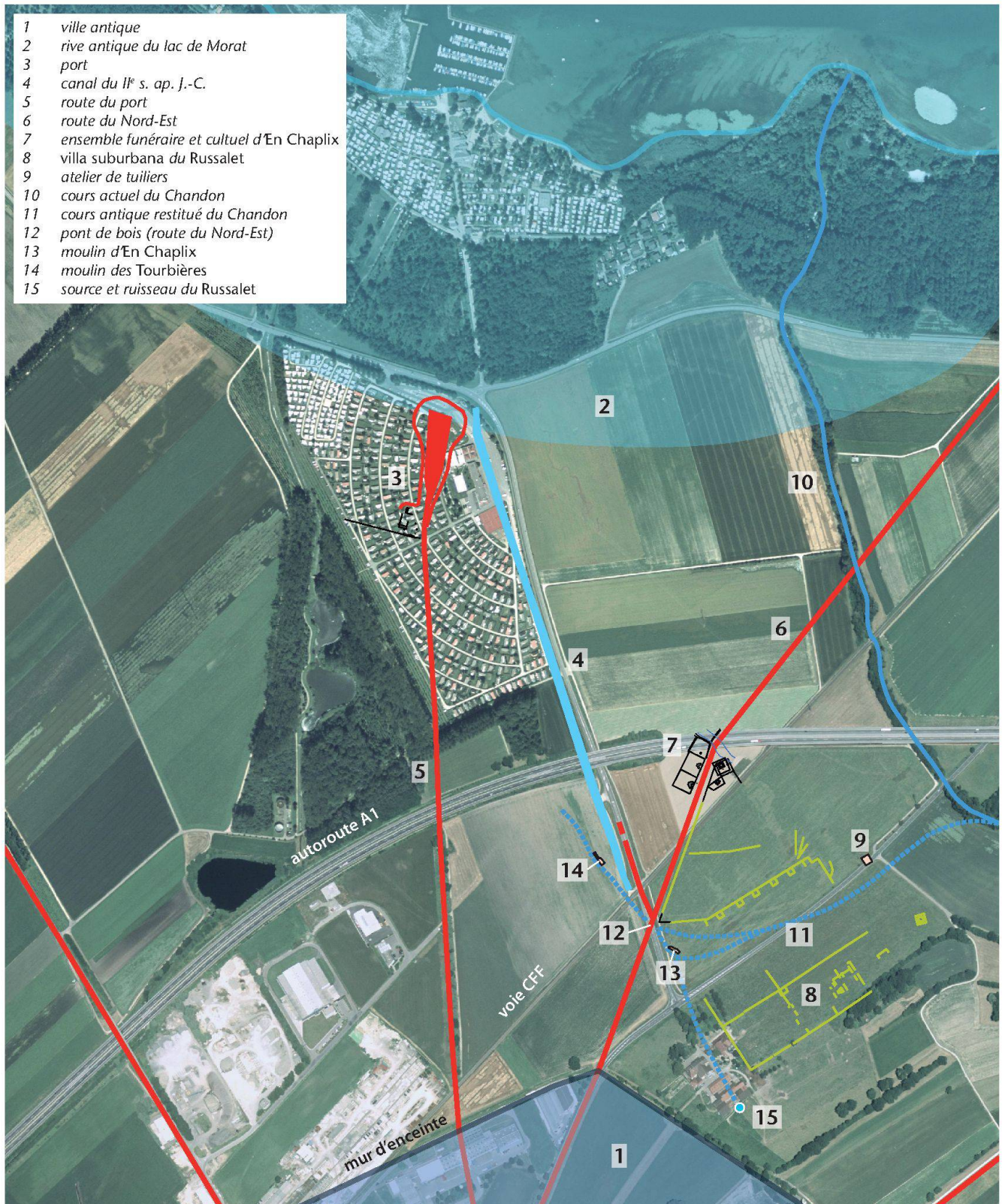
4 P. ex. Brun/Fiches (éd.) 2007, *passim*; Brun/Borréani 2008; Jaccottet/Labeaune 2010. Voir également les Actes du colloque international «Archéologie des moulins hydrauliques, à traction animale et à vent des origines à l'époque médiévale», Lons-le-Saunier, 2-5 novembre 2011 (à paraître). Les deux auteurs principaux de cet article y ont présenté une contribution intitulée «Les moulins hydrauliques d'*En Chaplix* et des *Tourbières* à Avenches (Suisse)».

5 Leveau 1995; Leveau 2007.

6 Anderson *et al.* 2004; Castella/Anderson 2004; Longepierre 2007; Longepierre 2011.

7 En Italie et dans les provinces méditerranéennes, les témoins archéologiques de la meunerie hydraulique sont encore assez rares, mais l'état des recherches dans ce domaine est peu avancé. Cf. toutefois Brun 2007 (Italie). Pour la diffusion des moulins hydrauliques antiques, cf. p. ex. la carte publiée par Brun/Fiches (éd.) 2007, p. 2.

8 Cf. en dernier lieu Castella 2008.



Parmi les activités artisanales attestées dans cette propriété, on peut mentionner celles d'un atelier de tuiliers du II^e s. ap. J.-C. (fig. 1, 9)⁹.

⁹ Eschbach/Castella 1995.

Dans ce paysage, le Chandon, rivière aujourd'hui canalisée dans la plaine (fig. 1, 10), joue un rôle capital. Dans l'Antiquité et plus tard, son lit s'est déplacé à plusieurs reprises, comme en témoignent les traces relevées sur les photographies aériennes et les constats opérés çà et là par les fouilleurs. À l'époque romaine, la rivière

Fig. 1
 Vue aérienne du secteur compris entre la ville antique d'Aventicum et la rive sud du lac de Morat, avec la surimpression des principaux aménagements antiques.

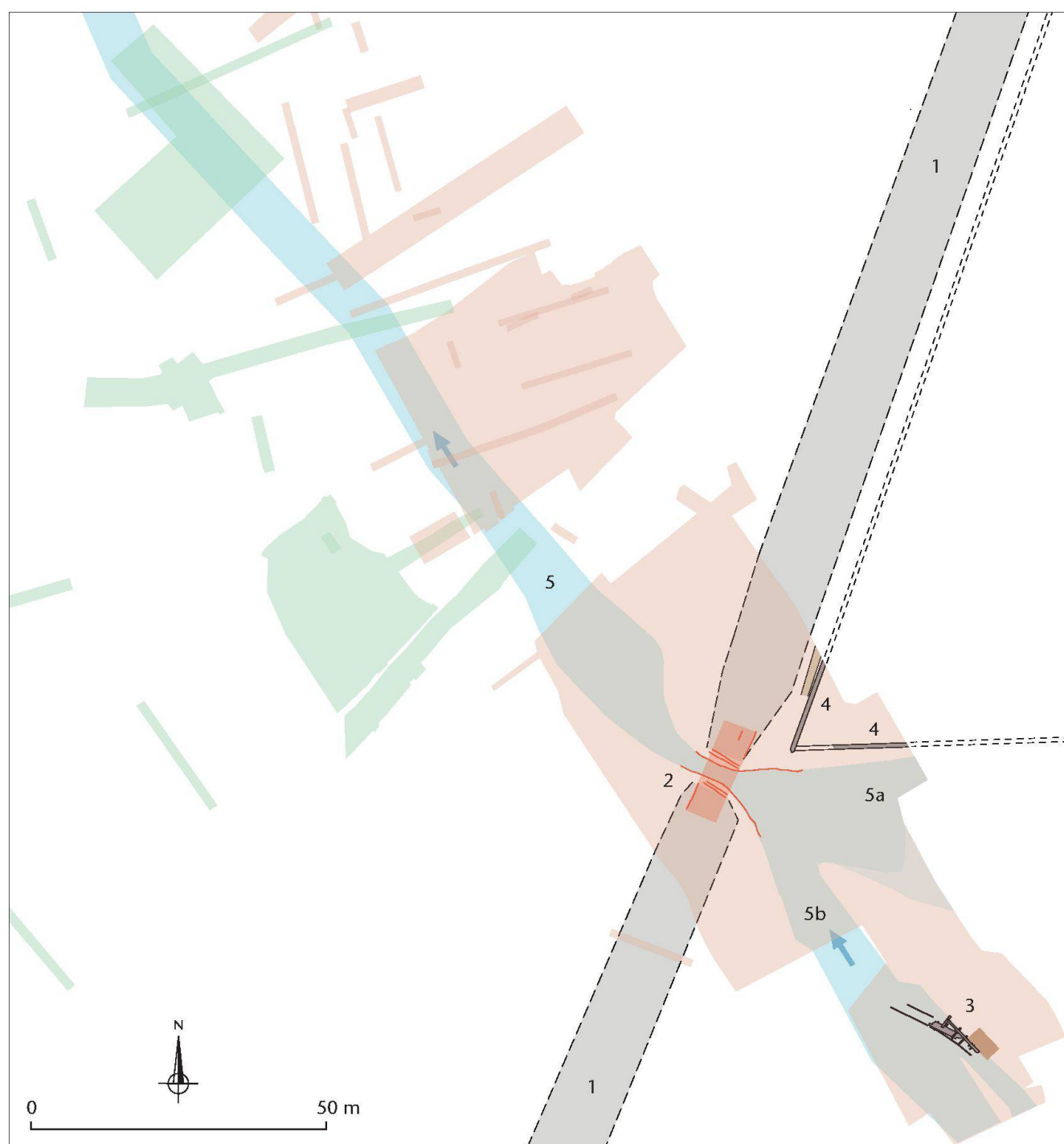


Fig. 2

Plan du secteur d'En Chaplix et des Tourbières au I^{er} s. ap. J.-C. et localisation des surfaces fouillées entre 1985 et 2008. La datation des murs d'enclos de la villa du Russalet (4) n'est pas établie avec certitude.

- fouilles 1985-1991
- fouilles 2007-2008
- 1 route du Nord-Est (emprise maximale)
- 2 pont
- 3 moulin d'En Chaplix
- 4 murs d'enclos de la villa du Russalet
- 5 (a-b) lits de rivière (tracés approximatifs)

(fig. 1, 11) traversait le domaine de la villa du Russalet et, tout au moins à certaines périodes, la route du Nord-Est le franchissait sur un pont de bois (fig. 1, 12; cf. aussi fig. 55). La domestication de ce cours d'eau capricieux a sans aucun doute été, pour les propriétaires du domaine, une préoccupation majeure, mais aussi une aubaine, puisqu'elle leur a offert un contexte propice à l'installation des deux moulins hydrauliques d'En Chaplix (fig. 1, 13) et des Tourbières (fig. 1, 14).

**Fig. 3**

Vue partielle de l'infrastructure du moulin d'En Chaplix (1990). Une meule en lave (meta) est visible au premier plan à gauche.

Le moulin d'En Chaplix: bref rappel

Le moulin d'En Chaplix (fig. 2, 3) se situe à environ 50 m de la route du Nord-Est (fig. 2, 1), en amont d'un pont de bois (fig. 2, 2), entre deux bras de rivière peut-être contemporains (fig. 2, 5a et 5b) et qui, apparemment, se rejoignent à une quarantaine de mètres en aval de la meunerie, juste avant le passage du cours d'eau sous le pont. Le moulin est aménagé sur la berge d'un étroit chenal secondaire du cours 5b, à l'extérieur du domaine délimité par les murs d'enclos de la villa du Russalet (fig. 2, 4). Ces murs, dont la datation précise n'est pas établie, pourraient toutefois être postérieurs à la période de fonctionnement de la meunerie.

Le moulin est une installation intégralement construite en bois, dont l'infrastructure est partiellement conservée (fig. 3 et 4). Plusieurs dizaines de pieux de chêne, des poutres et traverses horizontales de chêne et plusieurs planches de résineux dessinent un plan où l'on peut identifier aisément la plateforme rectangulaire du moulin (env. 4,70 x 2,40 m) installée sur la berge et deux états successifs du canal de fuite, avec leurs planches de fond reposant sur des poutres transversales (fig. 6). Les berges du premier canal de fuite sont étayées par des planches de résineux, retenues par des pieux de chêne plantés à intervalles assez réguliers. Son tracé est légèrement

curviligne et désaxé, alors que le second court parallèlement au moulin proprement dit.

La dendrochronologie situe la construction du moulin et du premier état du canal de fuite en 57/58 ap. J.-C. et l'aménagement du deuxième état du canal de fuite entre 63 et 70 (fig. 5). L'abondant mobilier recueilli dans les niveaux d'utilisation et de comblement de la meunerie permet de situer son abandon vers 80 ap. J.-C.

Si l'on excepte les meules, le mécanisme du moulin lui-même n'a pas laissé de trace. Tout au plus peut-on restituer l'emplacement de la roue dans l'espace, *grosso modo* rectangulaire, libre de tout pieu vertical, en avant de la façade présumée du moulin (fig. 5, A). Un gros élément vertical en chêne (fig. 5, B) pourrait bien avoir appartenu au support de l'arbre horizontal de la roue hydraulique.

La question de l'amenée d'eau est problématique. On ne peut que constater qu'aucune infrastructure en bois, aucun pieu vertical n'est signalé en amont de la meunerie. Dans un premier temps, nous avons donc pensé que l'eau arrivait au moulin dans un chenal non boisé et que la roue hydraulique était entraînée par en-dessous. C'est ainsi que nous avons proposé de la restituer sur la représentation «bucolique» à l'aquarelle réalisée peu après la découverte (fig. 7).

On verra toutefois plus loin que l'absence de toute trace aménagée d'amenée d'eau, immédiatement en amont de l'installation, est aussi une caractéristique du moulin des *Tourbières* et que, dans ce cas, l'existence d'un bief d'amenée creusé dans le terrain peut être exclue. Dans le cas de notre moulin, il se pourrait donc très bien que l'arrivée de l'eau¹⁰ se soit faite dans un canal aménagé en hauteur, par exemple sur un remblai de terre. Une

¹⁰ L'eau a pu être captée dans le coude du Chandon au sud-est du moulin, voire dans le petit ruisseau du Russalet s'écoulant du coteau en direction du moulin. Sur cette question, cf. *infra*, p. 50-51.

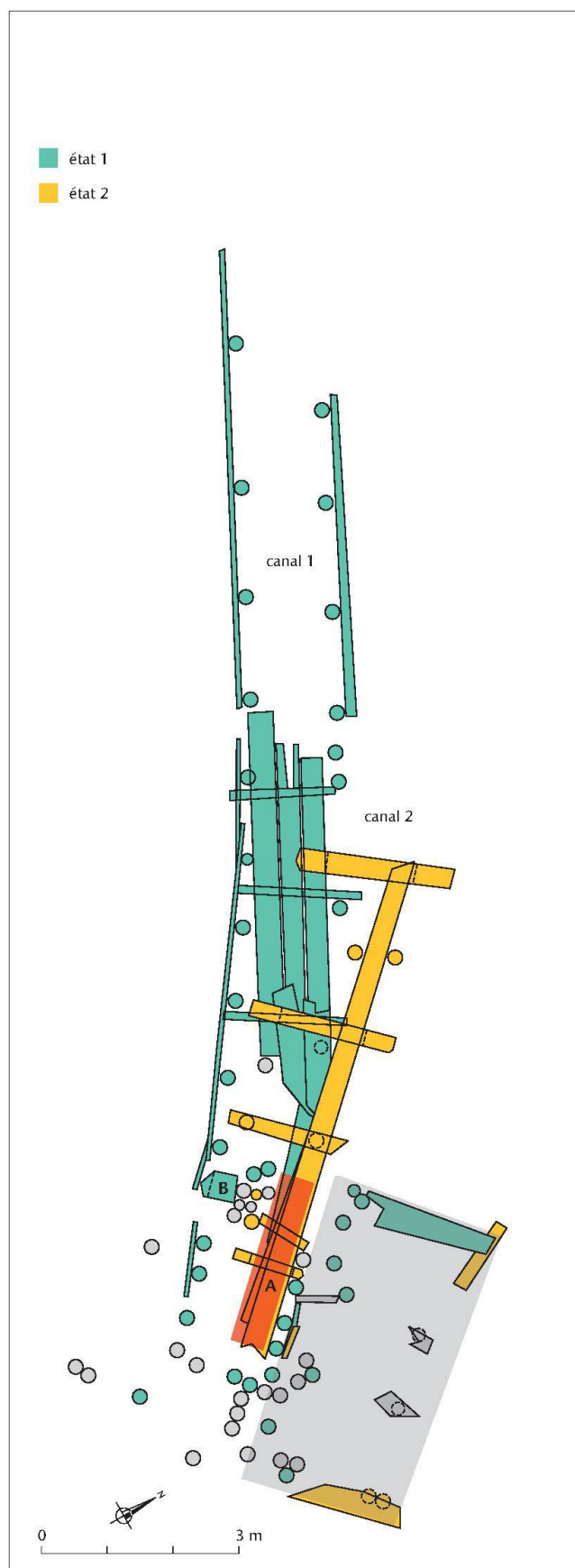
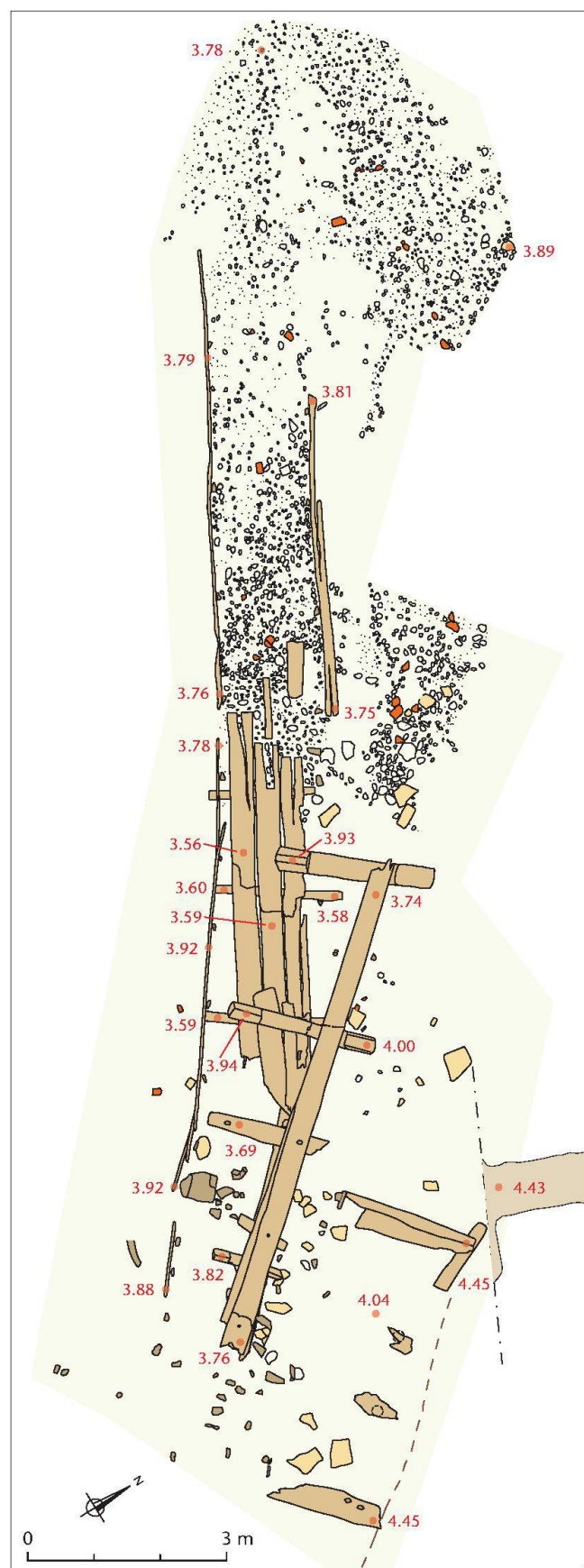
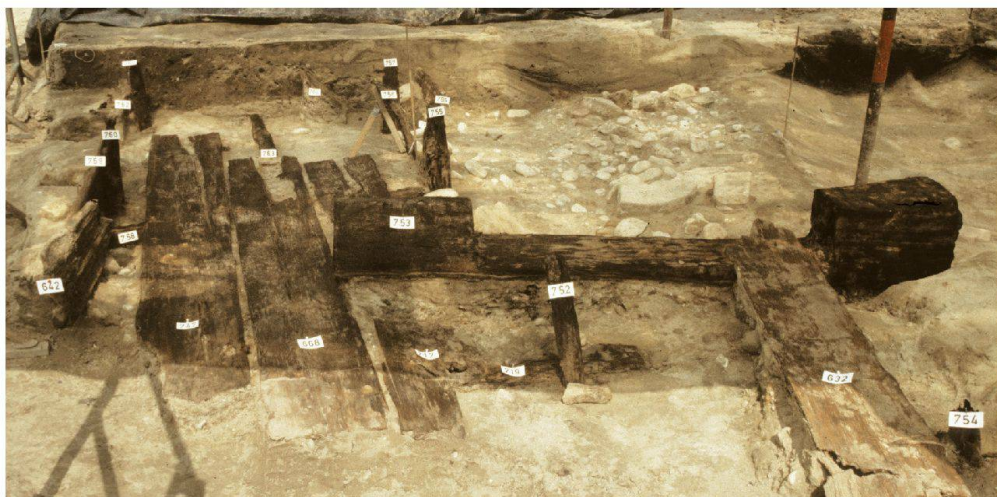


Fig. 4 et 5

Plan détaillé et plan schématique du moulin d'En Chaplix, avec situation présumée de la roue hydraulique (A) et d'un élément de support présumé de son arbre horizontal (B). En rouge, les altitudes (+ 430 m).

**Fig. 6**

Vue partielle de l'infrastructure du moulin d'En Chaplix, en direction du nord-ouest (1991). Deux tronçons des canaux de fuite du premier et du second état sont visibles, respectivement à gauche et à droite de l'image.

arrivée d'eau en hauteur pourrait correspondre à une roue dite «de côté» (l'eau arrivant au-dessous de l'axe de la roue) ou une roue dite «de poitrine» (l'eau arrivant au-dessus de l'axe de la roue) (fig. 8). La restitution d'une roue «en-dessus» est moins vraisemblable en raison de la faible déclivité du terrain en amont du moulin¹¹.

Plusieurs dizaines de fragments de meules ont été mis au jour, appartenant à une vingtaine de pièces (environ 6 *metae* et 15 *catilli*)¹². Il s'agit exclusivement de meules en lave vacuolaire d'un diamètre compris entre 60 et 73 cm (65 cm en moyenne), caractérisées par un profil général assez conique et une surface de mouture à inclinaison marquée, suggérant une vitesse de rotation peu élevée (fig. 9). Aucune des meules tournantes ne présente de logement inférieur destiné à l'ancrage d'une anille. Elles se caractérisent par la présence de deux paires de logements de part et d'autre de l'œil, reliés par des rainures peu profondes. Ce dispositif témoigne d'un système d'entraînement par en-dessus, au moyen de crampons reliés au gros fer. On retrouvera ce même système d'entraînement dans le moulin plus tardif des *Tourbières*. Aucun élément métallique découvert sur le site ne peut malheureusement être mis en relation avec ce dispositif.

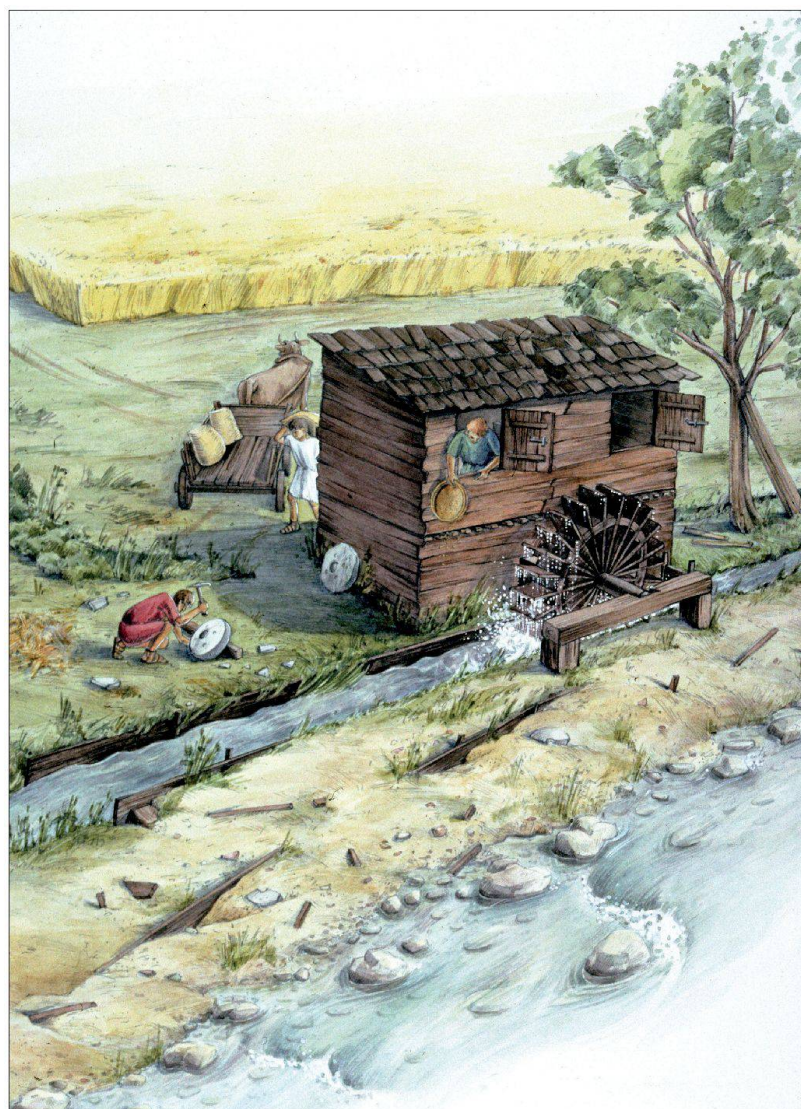
Réalisée par V. Serneels¹³, l'analyse pétrographique et géochimique des meules en lave d'En Chaplix a permis de proposer une provenance du Massif Central français, corroborée par des travaux plus récents¹⁴.

L'étude des macrorestes végétaux présents dans des échantillons de sédiments prélevés sur

le site a confirmé la fonction de meunerie de cette installation. L'espèce céréalière dominante est l'épeautre, une variété de blé vêtu bien adaptée aux sols et au climat locaux¹⁵.

Fig. 7

Restitution hypothétique du moulin d'En Chaplix.



11 Cette dernière objection pourrait toutefois être levée dans l'hypothèse d'une prise d'eau dans le ruisseau du *Russalet*. Cf. n. précédente.

12 Castella 1994, p. 46-62; Castella/Anderson 2004, p. 130-141.

13 Castella 1994, p. 63-71.

14 Cf. *infra*, l'article de V. Serneels, Examen pétrographique des meules en lave vacuolaire du moulin des *Tourbières* à Avenches, p. 63-67.

15 Castella 1994, p. 133-149 (E. et P.-A. Bezat).

Fig. 8 (à g.)

Les différents modes d'entraînement des roues hydrauliques.

- 1 roue « en-dessous »
- 2 roue « de côté »
- 3 roue « de poitrine »
- 4 roue « en-dessus »

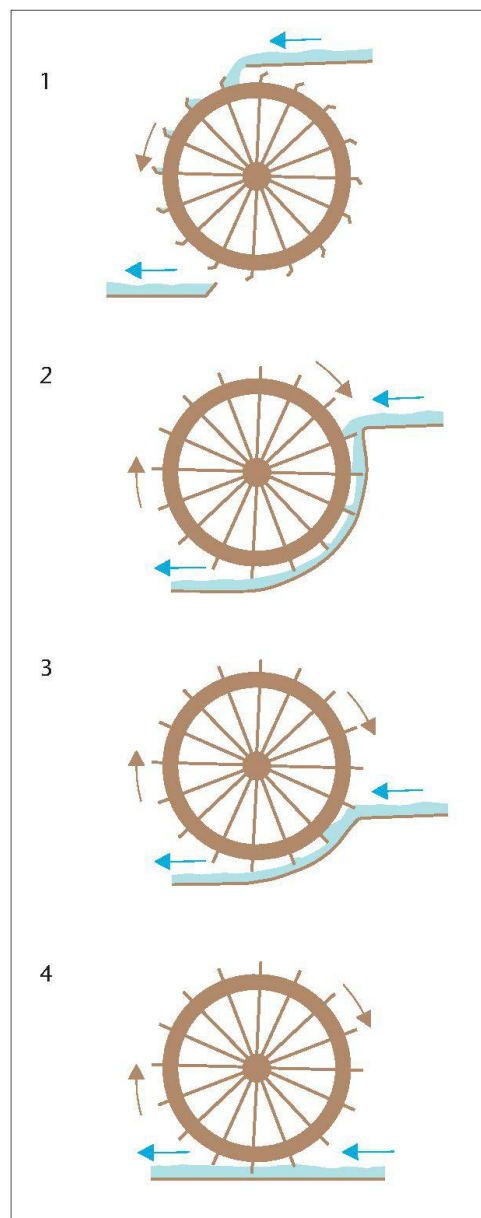
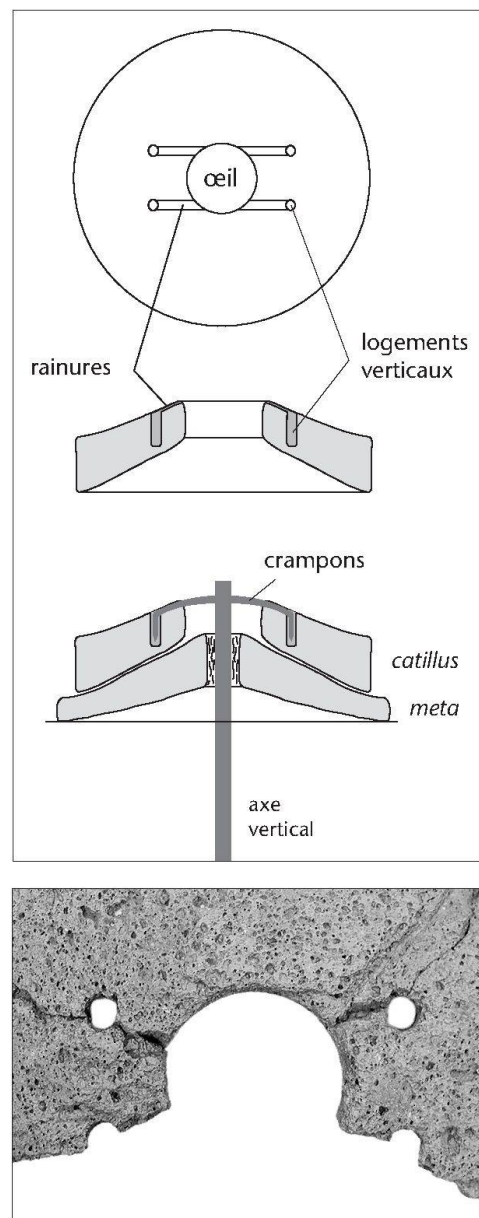


Fig. 9 (à dr.)

Profil-type du couple catillus/meta du moulin d'En Chaplix et proposition de restitution du mode d'entraînement du catillus. À droite, vue en plan du système de logements de type «Avenches».



Le moulin des *Tourbières*

Circonstances de découverte

Début mars 2007, la Fondation Pro Aventico entreprend une intervention préventive sur le site funéraire des *Tourbières*, motivée par l'implantation d'un complexe industriel d'une emprise de 1,8 ha sur un vaste terrain de la nouvelle zone d'activités de *Derrière les Murs*¹⁶. Le secteur fouillé se situe à l'angle sud-est de la parcelle, délimitée au sud par la voie ferrée Payerne-Chiètres, à l'est par la route cantonale RC 505d et au nord par l'autoroute A1 (cf. fig. 1).

Fin avril, alors que d'importants travaux de terrassement sont réalisés dans un secteur où des sondages préliminaires réalisés deux mois plus tôt n'avaient permis de repérer aucune trace parti-

culière d'occupation¹⁷, un premier pieu est mis au jour à une soixantaine de mètres au nord du chantier de fouille du cimetière (fig. 10).

Apparu à env. 1 m de profondeur, ce pieu était implanté dans les niveaux de comblement de l'un des bras de rivière dont le tracé sinueux avait été clairement mis en évidence dans cette région du site par la prospection aérienne.

¹⁶ Parcelle n° 2516, 6,7 ha.

¹⁷ Cf. B. Montandon, *Avenches, Les Tourbières. Rapport de sondages diagnostiques*, Archeodunum SA, février 2007, déposé au MRA. Le cimetière n'a été formellement identifié qu'avec les fouilles réalisées par la Fondation Pro Aventico. Celles-ci se sont prolongées jusqu'en septembre 2007 et ont été suivies d'investigations complémentaires de mars à avril 2008. Cf. Blanc/Vuichard Piguéron 2007 et Vuichard Piguéron 2008.

Dès lors systématique, le suivi des terrassements permet quelques jours plus tard de sauver *in extremis* d'autres pièces de bois en partance pour la décharge (fig. 11)! Le dégagement de trois poutres horizontales disposées à intervalle régulier précède de peu la découverte de toute une série de pieux associés à une concentration de matériaux en démolition attribuables à l'époque romaine. Après un premier nettoyage de la zone, la présence de plusieurs débris de meules en lave et en granit et la mise au jour d'une double canalisation en bois, conduisent à identifier ces vestiges comme étant ceux d'un moulin hydraulique.

Situation

À une cinquantaine de mètres à l'ouest du canal établi vers 125 ap. J.-C. entre le lac de Morat et la route du Nord-Est, le moulin des *Tourbières* se situe dans un secteur du site qui, au fil des découvertes réalisées ces vingt dernières années, s'impose désormais comme une zone d'occupation particulièrement dense à partir du premier quart du II^e s. de notre ère (fig. 12): alors qu'un chantier naval¹⁸ est attesté à l'extrémité amont du canal, l'espace compris entre la route du Nord-Est et le moulin des *Tourbières*, distant d'une centaine de mètres, a vu en effet le développement, vers le milieu du II^e s. au plus tard, d'un cimetière auquel appartient notamment la tombe privilégiée d'une jeune femme (fig. 12, 7 et fig. 13). Alors que l'édifice maçonné qui coiffe cette sépulture se situe à une quarantaine de mètres à peine au sud du moulin, l'extension du cimetière lui-même dans cette direction n'est pas précisément connue.

La fouille a toutefois mis en évidence, à 5 m à peine du moulin (fig. 12, 9 et fig. 16), une petite fosse à fond plat de forme plus ou moins rectangulaire (env. 1,20 x 0,60 m)¹⁹, dont le comblement très charbonneux a livré de nombreux fragments d'os humains brûlés²⁰. Plusieurs fragments d'un gobelet en céramique brûlé s'y trouvaient



Fig. 10
Moulin des Tourbières. Relevé du premier pieu découvert sur le site (bois B30).

également. Les parois évasées de cette fosse présentaient les traces d'une forte rubéfaction qui l'apparentent aux sépultures de type *busta*, peu fréquentes dans nos régions. Si l'on se réfère à la datation admise pour le gobelet susmentionné (AV 78; env. 70-150 ap. J.-C.)²¹, la tombe pourrait bien être antérieure à la meunerie. Une autre sépulture – une inhumation en pleine terre apparemment isolée – a en outre été découverte à une vingtaine de mètres du bâtiment (fig 12, 10). Scellée par un lit de moellons de calcaire jaune et dépourvue de mobilier, cette sépulture, identifiée comme étant celle d'un homme jeune, n'est pas datée²².

Fig. 11
Moulin des Tourbières. Suivi des travaux de terrassement dans le secteur du canal de fuite.



18 Cf. en dernier lieu Arnold 2009.

19 St 6, ensemble 07/14405. Altitude d'apparition, 434,24 m.

20 Il s'agit essentiellement de fragments de crâne et d'os longs d'au moins un individu adulte. Détermination sommaire réalisée par Audrey Gallay.

21 Cf. *infra*, p. 39-40.

22 St 5, ensemble 07/14404. Altitude d'apparition, 434,18 m. Détermination anthropologique effectuée par M^{me} Christiane Kramar, Département d'anthropologie et d'écologie, Université de Genève.

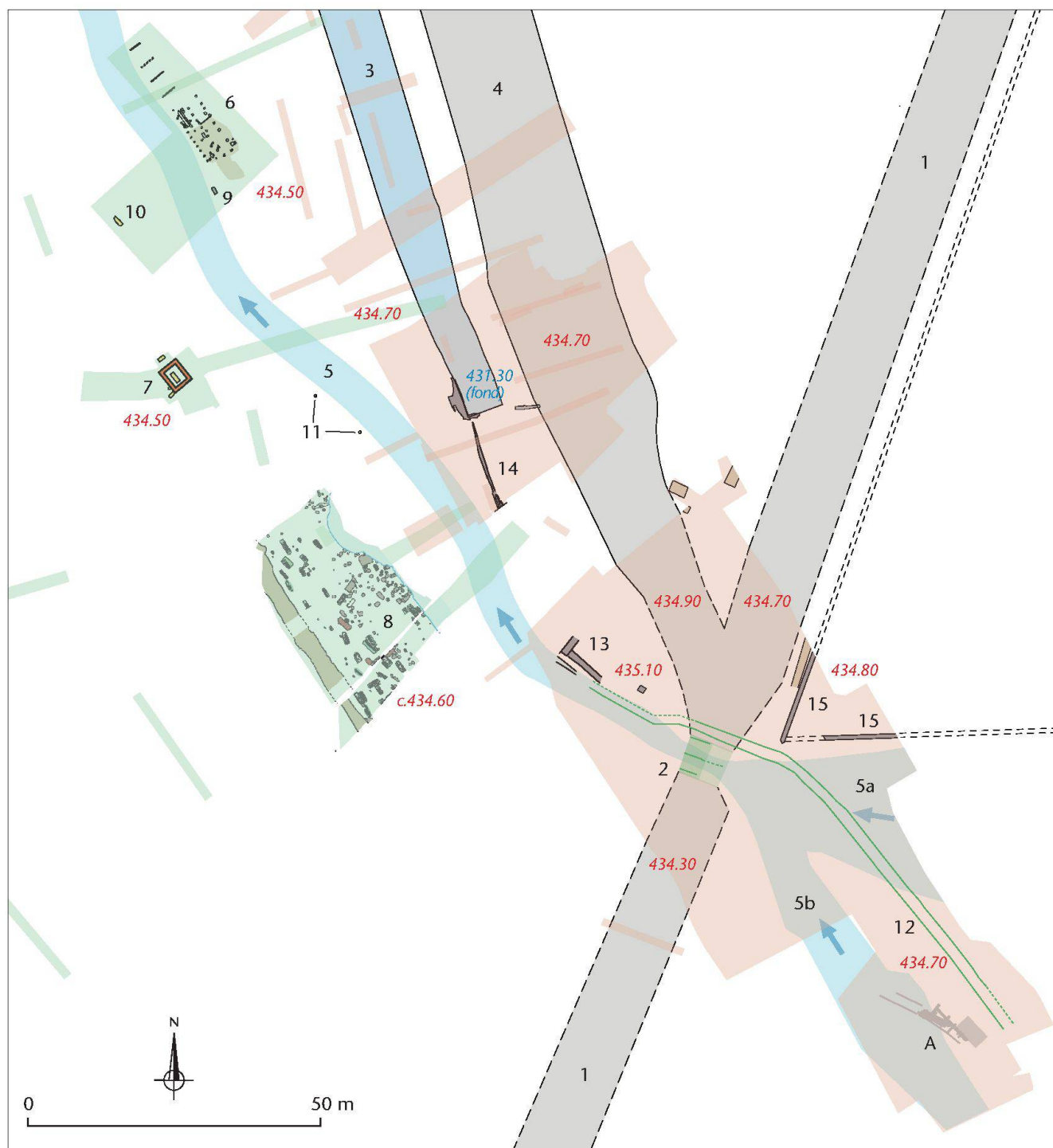


Fig. 12

Plan du secteur d'En Chaplix et des Tourbières vers 180 ap. J.-C. et localisation des surfaces fouillées entre 1985 et 2008. Les altitudes en brun sont celles des niveaux de circulation de cette période.

- | | | |
|-----------|----|--|
| 1985-1991 | 9 | sépulture à incinération isolée |
| 2007-2008 | 10 | sépulture à inhumation isolée |
| 1 | 11 | sépultures à incinération isolées |
| 2 | 12 | double rang de poteaux (amenée d'eau du moulin des Tourbières ?) |
| 3 | 13 | aménagement de protection en bord de rivière ? |
| 4 | 14 | canalisations d'évacuation dans le canal ? |
| 5 (a-b) | 15 | murs d'enclos de la villa du Russalet |
| 6 | A | emplacement du moulin d'En Chaplix (abandonné vers 80) |
| 7 | | |
| 8 | | |



Stratigraphie générale du site (fig. 14-15)

Zone alluviale traversée de tout temps par le cours capricieux du Chandon, la région des *Tourbières* présente une stratigraphie comparable à celle mise en évidence à l'occasion de fouilles réalisées à proximité lors du déplacement de la route cantonale RC 505d au début des années 1990²³. La profondeur des niveaux atteints dans le secteur du cimetière (433,60 m) et du moulin (432,50 m) est cependant restée moindre que lors des interventions précédemment menées, notamment dans l'emprise du canal²⁴.

Sur toute la parcelle sondée, on relève ainsi la présence, à env. 1,20 m sous la surface, d'une strate organique tourbeuse gris noir de 10 à 20 cm d'épaisseur coiffant les sables et graviers fluvio-lacustres stériles à la cote d'env. 434,00 m²⁵. Un épisode de sédimentation lente, caractérisé par la formation de dépôts de limons argileux gris beige compacts, précède l'implantation des structures romaines du II^e s. ap. J.-C. Le niveau de circulation contemporain de ces vestiges peut être restitué à la cote d'env. 434,50 m.

La phase d'abandon du cimetière des *Tourbières* est marquée par une couche d'épandage localement riche en mobilier archéologique mais de faible épaisseur. Après un laps de temps indéterminé, celle-ci est recoupée par un bras de rivière qui a occulté toute la partie est du cimetière avant de saper les fondations de l'édifice funéraire établi à proximité (fig. 13). Le tracé de ce ruisseau se perd ensuite à la hauteur du canal de fuite du moulin qu'il a longé sur son flanc ouest sans causer de dégâts apparents (fig. 14-15, c 6). Scellée par l'humus (c 7) dont le sommet atteignait, avant travaux, la cote de 435,00/20 m, une couche homogène de limons argileux beige ocre pratiquement exempte de tout mobilier archéologique vient ensuite couvrir l'ensemble de la zone (c 5).

Dans l'emprise proprement dite du moulin, la stratigraphie des niveaux inférieurs s'est révélée sensiblement différente, le sous-sol ayant été entièrement remanié par le passage d'un ou plusieurs ruisseaux avant même l'implantation du moulin (c 1). Cette accumulation aléatoire de strates de graviers, sables et limons qui constitue le comblement de ces lits de rivières a servi de terrain encaissant aux principaux éléments porteurs de la structure en bois du moulin (*cf.* fig. 10 et 14).

Fig. 13

Nécropole des Tourbières. Fondations d'un petit édifice funéraire abritant la tombe d'une jeune fille, partiellement détruites par un cours de rivière postérieur à l'époque romaine. Situation: fig. 12, 7.

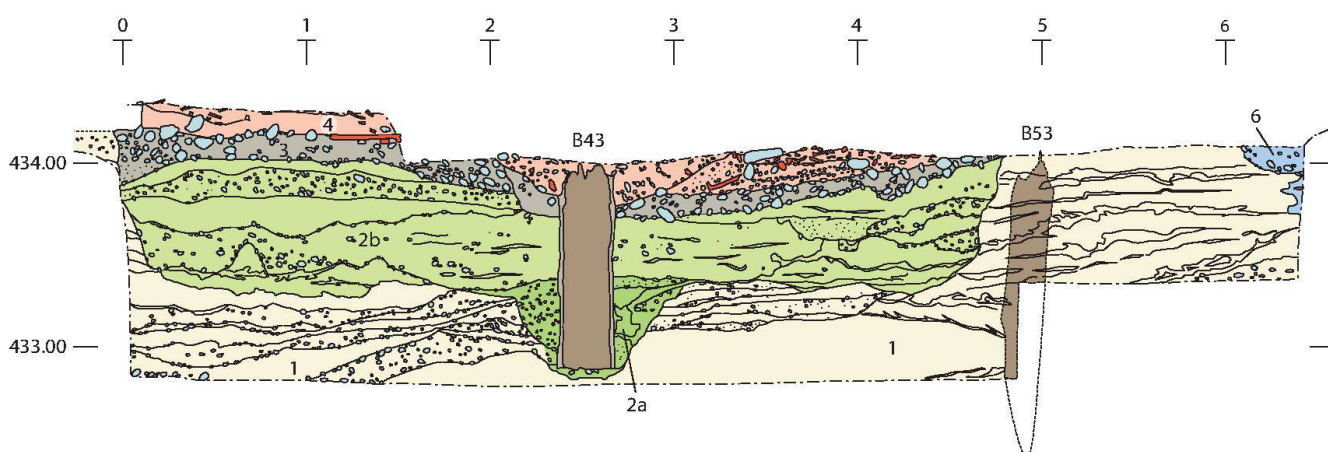


Fig. 14

Profil stratigraphique nord-est/sud-ouest, relevé dans la partie sud du moulin des Tourbières. Situation de la coupe: fig. 18. Description des couches: fig. 15.

23 Castella 1994, p. 41, et fig. 22-26.

24 Le niveau actuel du terrain se situe aux environs de 435,50 m.

25 Le niveau d'apparition de la nappe phréatique a été mesuré en 2007 à la cote de 432,60 m.

Couche	Description	Interprétation	Ensembles et mobilier datant	Datation du mobilier
7	Terre végétale	Terre végétale	-	-
6	Sables fins	Lit de rivière postérieur au moulin et à la nécropole	-	-
5	Limons argileux beige, sables oxydés	Sédiments postérieurs à l'abandon du moulin (désaffectation du secteur)	07/14402	II ^e - III ^e s. ap. J.-C. (céramique)
4	Limons sableux, charbonneux, terre cuite, céramique, verre, faune, métal, fragments de meule (lave, granit)	Démolition/abandon du moulin	07/14403 07/14410, 1 monnaie 07/14415, 7 monnaies 07/14416	150/180 - 200 ap. J.-C. (céramique) (monnaie la plus récente: 168-169 ap. J.-C.)
3	Chape de galets et graviers	Assainissement de la surface excavée (construction du moulin)	07/14413	150 - 200 ap. J.-C. (céramique)
2c	Pieux, poteaux, planches et fosses d'implantation	2 ^e phase d'implantation des bois dans la c 2b (construction du moulin)	07/14401 (dendrochron.)	-
2b	Limons, sables et graviers	Comblement de la dépression artificielle (St 12) creusée pour l'implantation de la première série de pieux à fond plat (construction du moulin)	07/14411 07/14412, 4 monnaies 07/14419, 1 monnaie (mobilier remanié issu du lit de rivière antérieur)	Monnaies de Tibère à Vespasien *
2a	Pieux, poteaux, planches et fosses d'implantation	1 ^{re} phase d'implantation des bois dans la c 1 (construction du moulin)	07/14401 (dendrochron.)	-
1	Limons, sables et graviers	Sédiments de comblement de lit(s) de rivière antérieur(s) à la construction du moulin	07/14407 07/14408, 86 monnaies 07/14409 07/14414, 1 monnaie 07/14417 07/14418, 3 monnaies	70 - 150 ap. J.-C. (céramique) Monnaies presque exclusivement datées du I ^{er} s. ap. J.-C. **

* Une monnaie est datée de 54-161 ap. J.-C.

** Deux pièces sont datées resp. de 117-122 et de 166 ap. J.-C. (*cf. infra*, p. 43); six sont encore indéterminées, mais ne vont pas au-delà du II^e s. ap. J.-C.

Fig. 15

Séquence stratigraphique relevée sur le site du moulin des Tourbières avec indication des ensembles de mobilier datant.

Le mobilier archéologique issu de ces niveaux remonte clairement à une phase d'occupation antérieure au moulin: la céramique, peu abondante, couvre la période comprise entre l'époque flavienne et le milieu du II^e s.; les 90 monnaies récoltées, pour la plupart à l'aide d'un détecteur à métaux, sont presque toutes des frappes du I^{er} s. ap. J.-C.²⁶.

Description des vestiges

Organisation générale

Comme le montre le plan de situation des surfaces fouillées dès 1985 aux abords de la route du Nord-Est et du canal de rive (fig. 12), ce secteur du site a été exploré de manière très morcelée. Aux *Tourbières*, les conditions d'urgence dans lesquelles l'intervention a dû être menée à l'emplacement du moulin n'ont de fait pas permis d'étendre les recherches aux alentours de l'édifice, nous privant ainsi de renseignements précieux concernant notamment la question de son alimentation en eau²⁷.

En amont du moulin, l'espace compris entre le canal d'un côté et, de l'autre, le cimetière et son petit édifice funéraire, n'a ainsi été que superficiellement touché par les travaux de terrassement de 2007. Deux sépultures à incinération y ont toutefois été repérées (fig. 12, 11)²⁸, confirmant une extension de la zone funéraire à 20 m à peine de

l'extrémité du canal. Aucun dispositif d'amenée d'eau n'y a par contre été observé. La solution vraisemblablement adoptée par les concepteurs du moulin, compte tenu de la faible déclivité du terrain, a dû consister en l'aménagement d'une canalisation surélevée reposant sur une armature de bois, voire un simple remblai²⁹. Dans ce secteur profondément perturbé par les méandres d'un ruisseau postérieur à l'époque romaine, on comprend aisément que les traces de telles installations peuvent avoir totalement disparu et échapper à toute observation.

En aval du moulin, une série de quatre traverses horizontales atteste sur une quinzaine de mètres au moins le tracé du canal de fuite (fig. 16). On ignore sur quelle distance celui-ci se prolongeait et s'il rejoignait plus loin le cours naturel du ruisseau contemporain dont on suppose la présence à l'ouest du moulin.

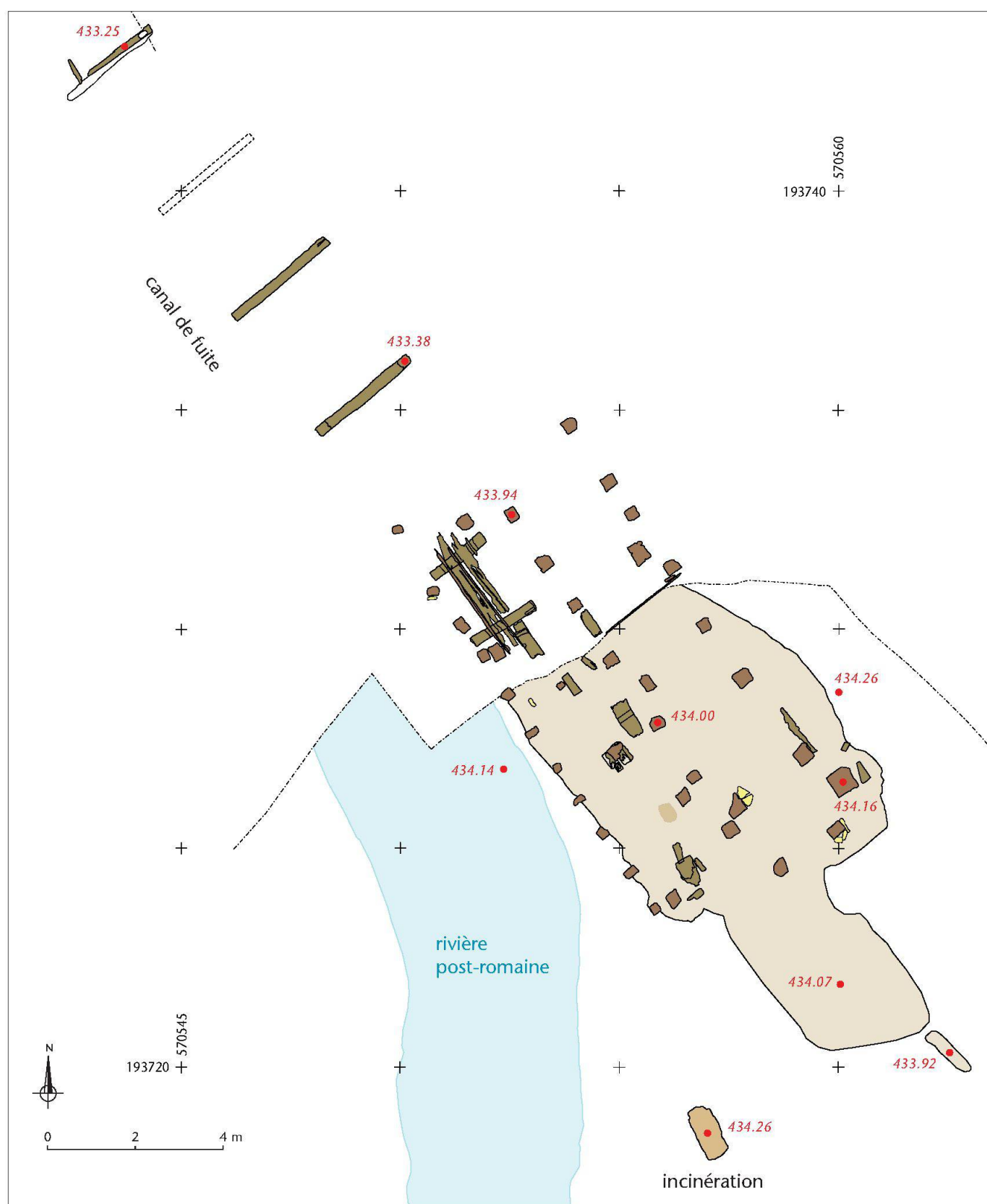
Les bois conservés dans l'emprise du moulin lui-même laissent apparaître une structure longitudinale de plan rectangulaire d'env. 5 m sur 11 m, réunissant aussi bien les espaces de travail et de stockage, dans la moitié orientale du bâti-

26 *Cf. infra*, p. 43 et n. 66.

27 *Cf. infra*, p. 50-51.

28 Altitude d'apparition: 434,14 m.

29 *Cf. infra*, p. 50-51.



ment³⁰, que ceux réservés, sur le flanc opposé, au canal d'amenée et d'évacuation de l'eau, de part et d'autre de la roue.

30 Cf. *infra*, p. 31-33.

Enfin, l'ensemble de la surface que délimitent ces pieux est couvert d'une couche d'assainissement constituée de graviers et de galets, scellée par un niveau d'occupation et d'abandon renfermant notamment une vingtaine de débris de meules de lave et de granit (fig. 17).

Fig. 16
Plan général du moulin des Tourbières. En beige, surface assainie par une chape de graviers et de galets dans l'emprise du moulin (c 3; cf. fig. 14-15).

Fig. 17

Moulin des Tourbières. Vue d'ensemble des niveaux d'assainissement et de démolition présents dans la partie sud du moulin (c 3 et 4, fig. 14-15).



Déroulement du chantier de construction

Bâtiment édifié sur plateforme et construit, semble-t-il, entièrement en bois³¹, le moulin des *Tourbières* n'est conservé qu'au seul niveau de ses fondations, constituées de solides poteaux profondément fichés dans le sol (fig. 18-19). S'agissant majoritairement de pieux de section quadrangulaire, de 32 cm de côté en moyenne, et à base plate, une préparation préalable du terrain choisi par les constructeurs s'est avérée nécessaire à leur mise en place (fig. 20). Ces travaux préliminaires ont dans un premier temps consisté en l'ouverture d'une vaste fosse quadrangulaire de près de 50 m² de superficie (env. 4,80 x 10,50 m; fig. 20, A et 21). Cette surface correspond à l'emprise totale des installations du moulin (plateforme de travail, chambre de meunerie, arrivée du bief d'amenée d'eau, amorce du canal de fuite)³². À 433,30 m, le fond plat de cette dépression se situe environ 1,20 m plus bas que le niveau de circulation restitué aux abords du moulin (env. 434,50 m).

Les poteaux assurant l'assise du bâtiment ont ensuite été implantés en deux rangées parallèles (cf. fig. 22, séries 1 et 2) dans de petites fosses secondaires (fig. 14 et 15, c 2a) (profondeur 0,50 à 0,80 m, diamètre 0,80 à 1,30 m); aucun dispositif particulier n'a été mis en œuvre pour le calage de ces pieux qui, pour les plus longs, devaient mesurer près de 2,80 m. Leur base a été relevée entre 432,64 et 432,88 m.

La cuvette a ensuite été comblée (c 2b) par les matériaux qui en avaient été extraits sur une surface correspondant à un peu plus de la moitié de l'excavation (fig. 20, B), le volume libre restant étant alors réservé au mécanisme d'engrenage, à la roue, au coursier et au canal de fuite. Une différence de niveau d'env. 70 cm a ainsi été ménagée entre la partie remblayée de la dépression et celle restée ouverte dans la partie nord de l'installation.

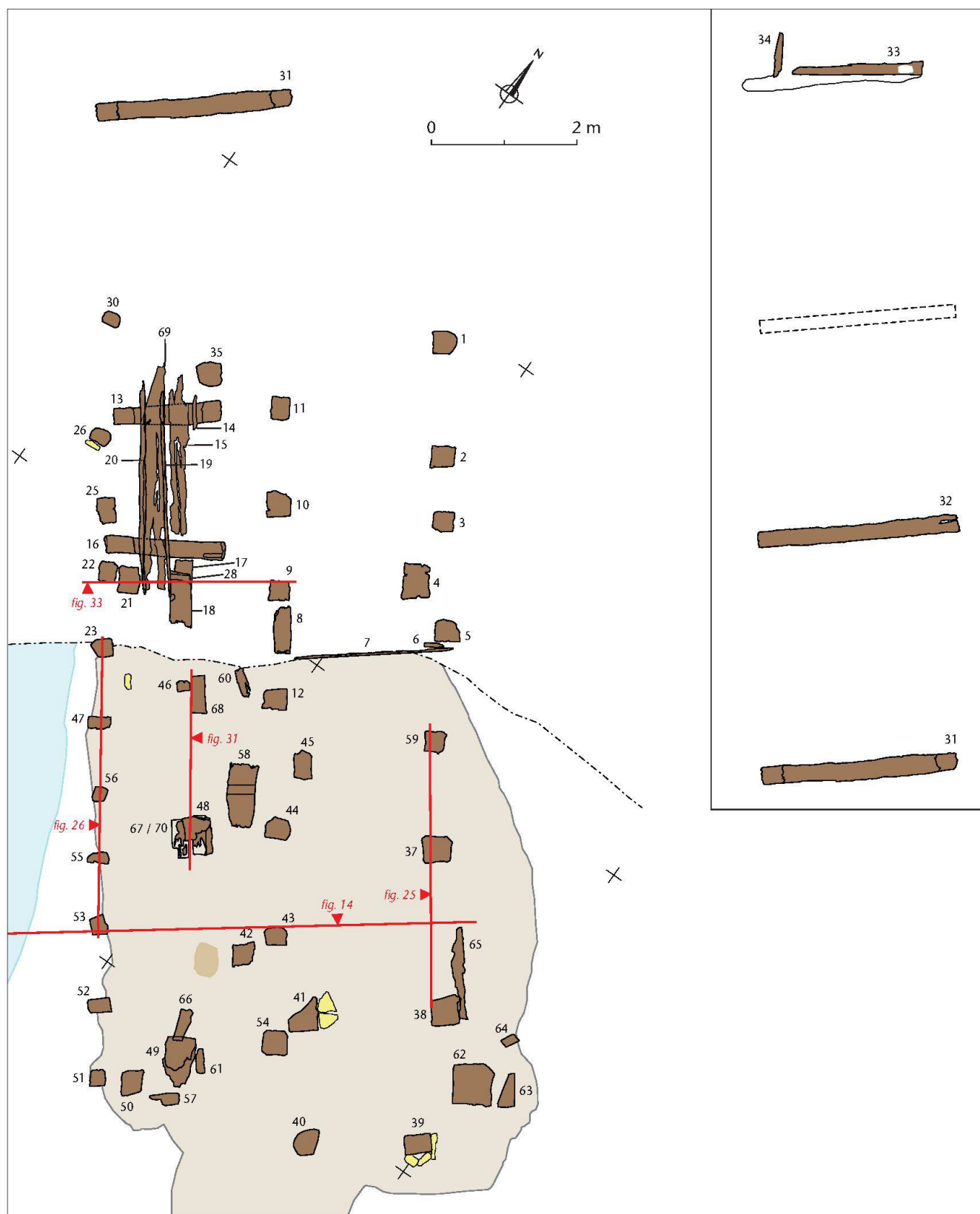
Une deuxième série de poteaux d'importance secondaire pour la statique du bâtiment a alors été implantée dans les remblais mis en place. La base de leur fosse d'implantation (c 2c) oscille entre 433,04 et 433,60 m. S'y ajoutent des bois situés sur le tracé supposé du canal d'amenée d'eau ou d'autres dont la fonction n'est pas précisément définie.

Dernière étape avant la construction du moulin proprement dit, une chape de graviers et de galets d'env. 25 cm d'épaisseur (c 3) est établie sur toute la surface précédemment excavée, afin sans doute d'assainir le terrain à l'aplomb de la plateforme.

Simultanément à cette phase préliminaire de construction, des mesures de protection du moulin semblent avoir été prises sur le flanc ouest du bâtiment avec l'établissement d'une rangée de pieux interprétés comme les éléments verticaux d'une structure de renforcement du terrain menacé d'érosion par les eaux du proche cours d'eau.

31 Les niveaux d'abandon du moulin n'ont en effet livré que quelques moellons épars de calcaire jaune, sans trace de mortier. Si l'on se réfère au calibre des bois mis en œuvre, une couverture de tuiles est envisageable, même si les débris de *tegulae* n'étaient présents sur le site qu'en faible quantité.

32 À l'avant du moulin, soit à la hauteur de la chambre de meunerie et du double bief faisant office de coursier, le dégagement intempestif des pieux en début de chantier a effacé toute trace de ce terrassement préliminaire.



Description et sériation des bois mis au jour

Une septantaine de bois de construction a été documentée sur le site du moulin des *Tourbières*. Malgré un état de conservation généralement bon, leur surface était le plus souvent très alté-

rée et ne laissait apparaître que de rares traces de travail. Font exception les pieux dont l'extrémité a été façonnée en pointe à la hache. Le cœur des poteaux quadrangulaires de forte section était en outre fortement dégradé. Enfin, aucun des bois

Fig. 18

Moulin des *Tourbières*. Numérotation des bois et situation des profils stratigraphiques.



Fig. 19

Vue depuis le sud des vestiges du moulin des Tourbières en cours de dégagement.

prélevés n'a conservé son dernier cerne de croissance, ni son aubier, de telle sorte qu'aucune datation précise n'a pu être obtenue.

À cinq exceptions près – des fragments de planchettes trop fragiles pour être prélevés –, toutes ces pièces ont fait l'objet d'un inventaire dendrologique; la date d'abattage a pu en outre être estimée pour 61 d'entre elles³³. Deux planches (B19 et B65) et un bois à fonction indéterminée (B63) sont en sapin blanc. Pour le reste, on relève l'usage exclusif du bois de chêne. Pour un descriptif de chaque pièce et leur détermination dendrochronologique, on se reportera aux tableaux synoptiques des pages 52 à 55 (fig. 59 et 60). Une sélection des bois est illustrée aux pages 56 à 59 (fig. 62-65).

Une quarantaine de ces pièces de bois a en outre été traitée pour conservation; elles seront intégrées aux collections du MRA dans le courant de 2012³⁴.

Profondeur d'implantation, morphologie, position et situation des bois dans le plan d'ensemble des vestiges sont autant de critères permettant de les répartir en différentes séries (fig. 22) dont la fonction au sein de l'édifice, telle qu'elle est proposée dans les paragraphes qui suivent, reste parfois sujette à caution. Soulignons encore qu'aucun élément de la roue ou des engrenages qu'elle actionnait n'a été identifié.

Séries 1 et 2

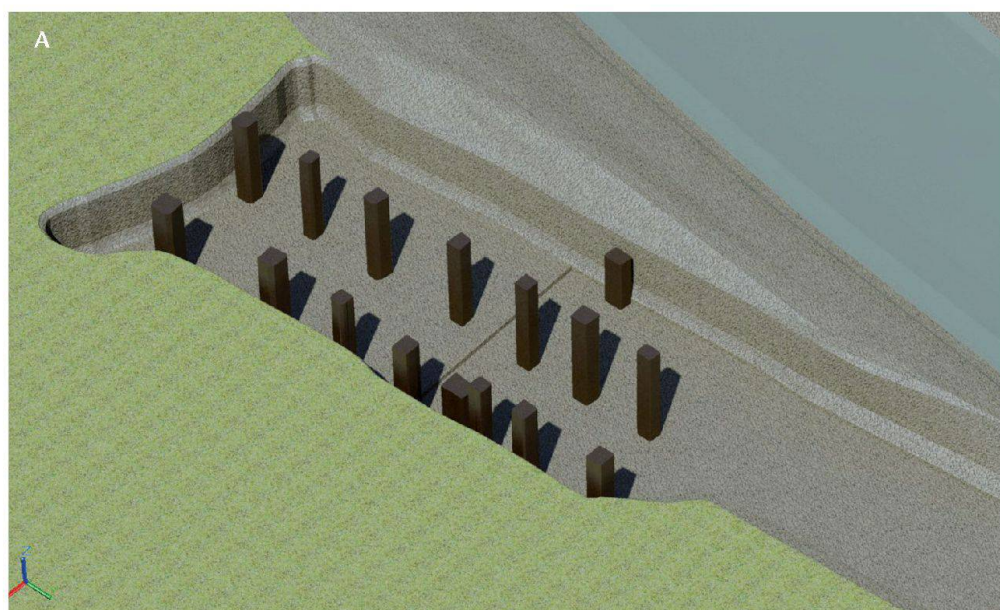
B1, B2, B3, B5, B37, B38, B59 / B9, B10, B11, B12 (fig. 62), B43, B44 (fig. 65) et B54

Les pieux des séries 1 et 2 s'agencent en deux rangées parallèles de sept poteaux, longues respectivement de 9,50 et 9 m, et distantes de 2,50 m (fig. 23). L'espace mesuré entre les bois n'est pas constant (entre 0,60 m et 1,90 m) mais approche le plus souvent 1,25 m. Il s'agit en majorité de poutres quadrangulaires de 26 à 44 cm de section, débitées dans des troncs dont le diamètre a été estimé entre 32 et 55 cm. Elles étaient conservées sur une hauteur maximale de 1,35 m (fig. 24).

Ces montants ont été mis en place dans des fosses creusées à la base de la grande dépression ouverte en début de chantier (fig. 21 et 25) dans l'emprise du moulin. L'altitude de leur base s'échelonne entre 432,64 m (bois B11, à l'extrémité nord de la deuxième rangée) et 432,88 m

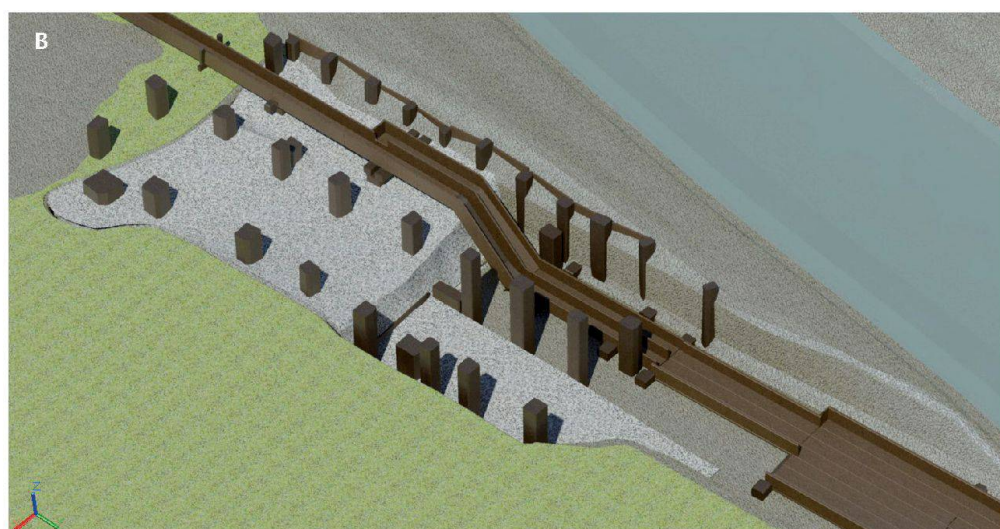
³³ Analyses effectuées par J. Tercier, J.-P. Hurni et Ch. Orcel, du Laboratoire Romand de Dendrochronologie de Moudon. Cf. *infra*, p. 44-45 et 55-58.

³⁴ Traitement effectué au dépôt et abri des biens culturels (DABC) de Lucens par le Laboratoire de conservation-restauration du Musée cantonal d'archéologie et d'histoire de Lausanne.

**Fig. 20**

Moulin des Tourbières.
Restitution schématique
illustrant la mise en place
de l'infrastructure de
l'installation.

- A Excavation préliminaire et mise en place des pieux de la plateforme.
- B Remblaiement partiel de l'excavation et mise en place des conduits d'amenée et d'évacuation de l'eau.

**Fig. 21**

Vue du profil stratigraphique
nord-est/sud-ouest (fig. 14)
relevé dans la partie sud du
moulin des Tourbières. Au
centre du profil, le bois B43.

(bois B37, à l'extrémité sud de la première rangée). Les pieux situés dans la partie sud du moulin sont ainsi les moins profondément implantés. C'est en particulier le cas du bois B38 dont la base se situe à 433,39 m, soit env. 50 cm plus haut que le niveau moyen des pieux de sa série. C'est là également que se trouvent les bois dont la section, entre 35 et 44 cm, est au-dessus de la moyenne (32 cm) des autres pieux (bois B37, B38 et B54).

Les poteaux à fond plat de ces deux séries devaient constituer les éléments porteurs de la plateforme du moulin. Les pieux n'ayant pas été disposés de manière symétrique, les deux rangées ne devaient pas être directement reliées entre elles par des poutrelles transversales, mais plutôt surmontées de poutres longitudinales servant directement d'assise à un plancher, avec ou sans



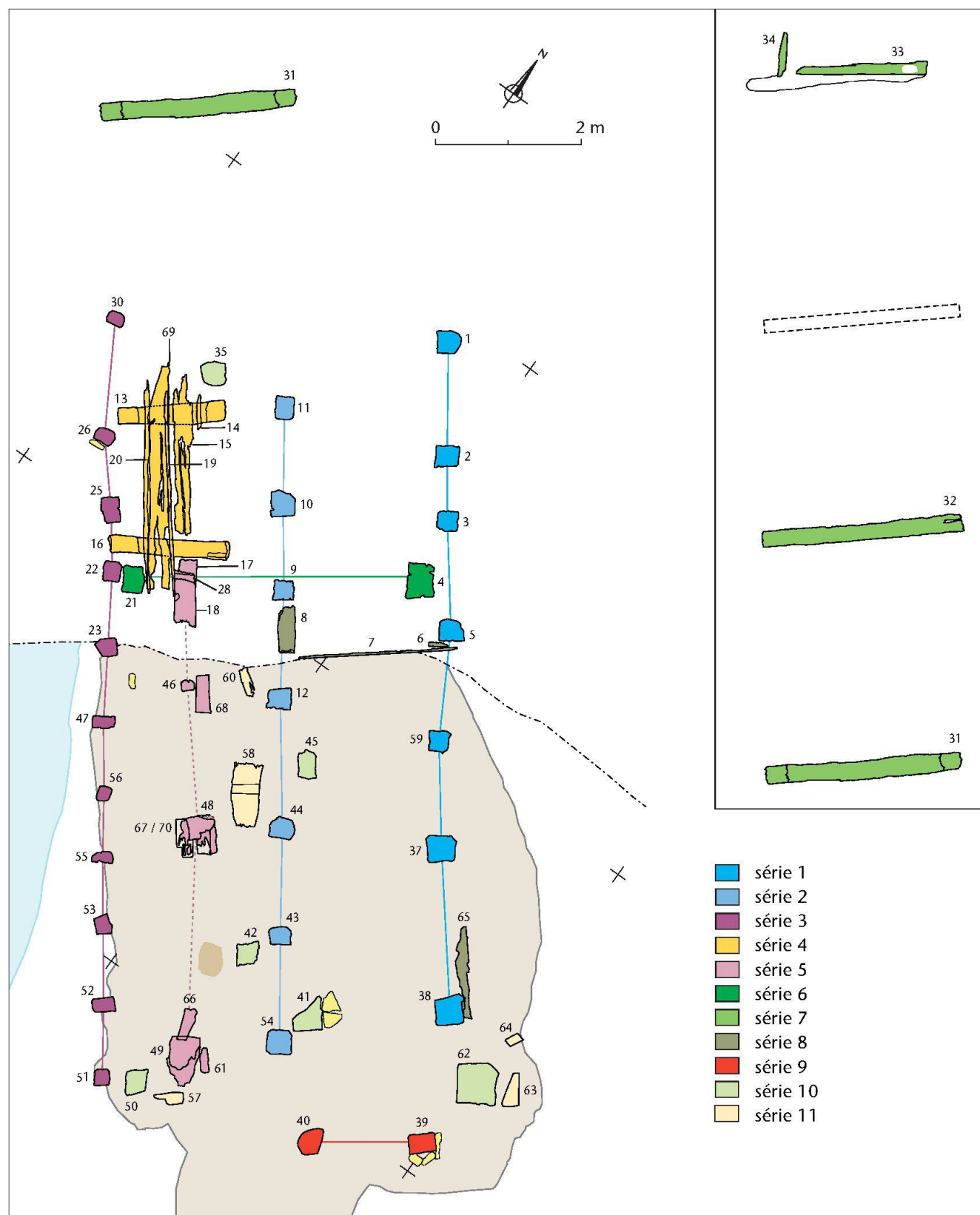


Fig. 22
Moulin des Tourbières.
Localisation des séries et
groupes de bois proposés.



l'intermédiaire d'un réseau perpendiculaire de solives. Compte tenu du niveau minimal restitué de la plateforme (env. 435,50 m), la longueur de ces poteaux devait être à l'origine d'au moins 2,70 m.

Série 3

B22, B23, B25, B26, B30, B47, B51, B52, B53, B55, B56

Cette série correspond à un alignement de onze pieux qui s'agencent, sur 10,50 m de longueur, en une rangée parallèle aux deux groupes précédents, à 2,50 m de distance également de la rangée centrale. L'écart entre les pieux est ici de 70 à 80 cm (fig. 26-27), sauf entre les bois B26 et B30, à l'extrémité nord de la rangée, espacés de 1,50 m. Leur longueur conservée se situe entre 1,57 et 2,30 m. Cette série et les pieux qui s'y rapportent se distinguent des autres bois mis au jour par plusieurs aspects.

Ils se différencient ainsi des poteaux à fond plat des séries 1 et 2 par leur extrémité façonnée en pointe. Celles-ci se situent de 60 à 20 cm plus bas que la base des bois des deux premières séries, soit entre 431,82 et 432,40 m. Leur enfoncement dans les strates de sables et de graviers du terrain encaissant (fig. 27) a certainement nécessité l'usage d'une installation de battage.

Six des bois de cette série sont issus de troncs refendus et présentent une section de 18 à 35 cm: B23, B25 (fig. 63), B30 (fig. 64), B47, B55, B52; les cinq autres pieux sont des troncs équarris circulaires d'une section de 12 à 30 cm: B22 (fig. 63), B30 (fig. 64), B26 (fig. 63), B51, B53, B56. À l'exception des bois fendus B23 et B47, placés côte à côte, les deux types de pieux se succèdent de manière alternée au sein de cette rangée, les éléments provenant de troncs fendus étant en moyenne plus profondément implantés que les autres.



Fig. 23 (ci-dessus à g.)
Moulin des Tourbières.
Alignement des bois B1, B2, B3 et B5 (série 1).

Fig. 24 (ci-dessus à dr.)
Moulin des Tourbières. Détail
du bois B3 (série 1).

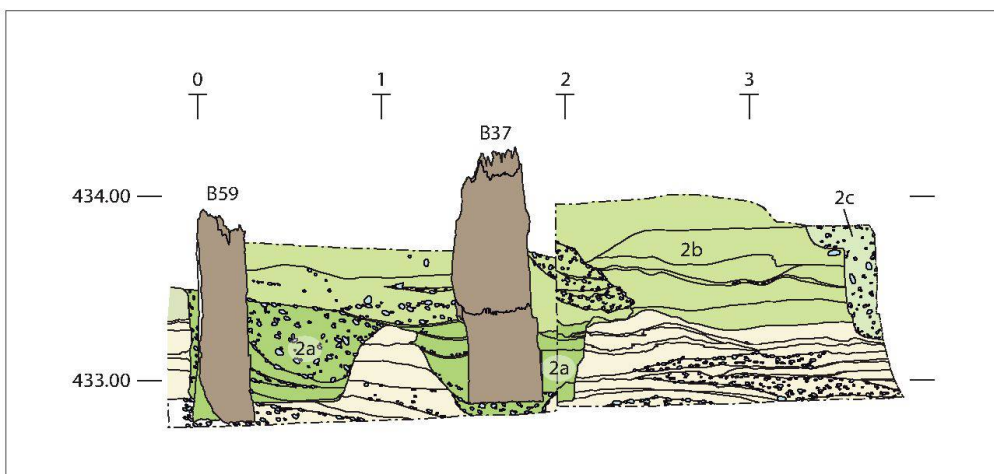


Fig. 25
Profil stratigraphique nord-ouest/sud-est, relevé dans la partie sud du moulin des Tourbières. Situation de la coupe: fig. 18. Description des couches: fig. 15.

Fig. 26

Profil stratigraphique nord-ouest/sud-est, relevé en limite ouest du moulin des Tourbières. Situation de la coupe: fig. 18. Description des couches: fig. 15.

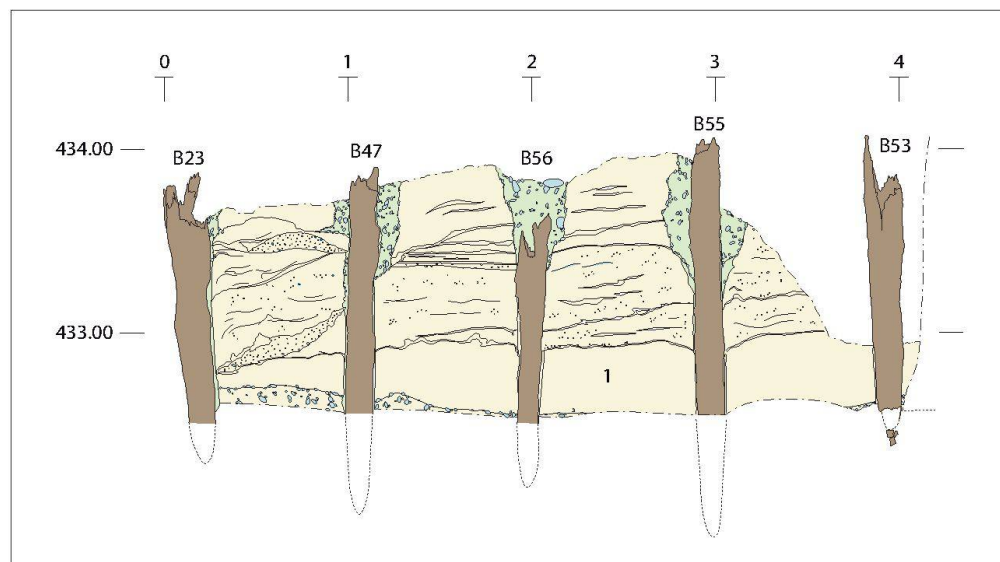


Fig. 27

Moulin des Tourbières. Les pieux à pointe taillée B51 et B52, implantés dans les sédiments de comblement d'un cours d'eau antérieur au moulin (c 1, fig. 15 et 26).

Quoique parfaitement insérés dans le plan d'ensemble de l'édifice dont ils marquent la limite ouest, ces pieux n'étaient sans doute pas intégrés à l'architecture elle-même du moulin. Leur fonction pourrait avoir été de renforcer le terrain encaissant de ce côté-ci du moulin, tout en formant peut-être l'armature d'une levée de terre érigée en digue afin de prévenir tout débordement du cours d'eau voisin présumé.

Série 4

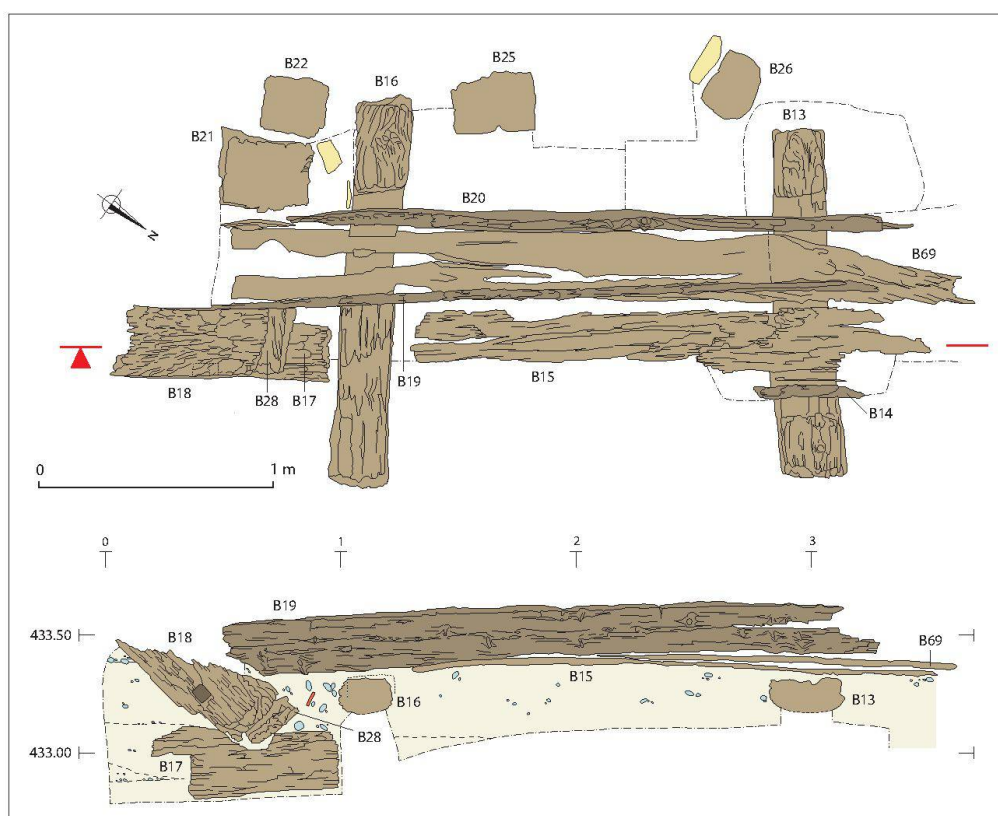
B13, B14, B15, B16, B19, B20, B69

Cette série de sept bois regroupe les éléments formant l'amorce du canal de fuite, seule partie encore conservée des équipements proprement dits du moulin (fig. 28-29). Constitué de planches très détériorées dont le mode d'assemblage n'a pas pu être observé³⁵, le bief, profond

³⁵ Aucune trace de clous n'ayant été relevée, un assemblage effectué au moyen de chevilles paraît le plus plausible.

**Fig. 28**

Vue depuis le nord du canal de fuite à double conduit conservé dans la partie nord du moulin des Tourbières.

**Fig. 29**

Moulin des Tourbières. Relevé en plan et en élévation des éléments constituant les deux conduits du canal de fuite et des bois (B17, B18, B28) servant de support au coursier.

d'env. 40 cm, comprend deux conduits d'égale largeur (env. 30 cm), séparés par une paroi commune. Les planches employées ont une longueur moyenne de 3 m (B14, B15, B19, B20 et B69). Espacées de 1,50 m, deux poutres transversales (B13 et B16), de 1,50 et 1,70 m de longueur et dotées d'une échancrure large de 0,95 m leur servent de support (fig. 62). Ces différents élé-

ments permettent de fixer le niveau d'écoulement de l'eau en aval du moulin à la cote absolue de 433,30 m, référence de première importance pour les hypothèses de restitution de l'installation comme nous le verrons plus loin.

Ce dédoublement du canal de fuite laisse très vraisemblablement supposer l'existence, à peu de distance en amont de la roue, d'un système de



Fig. 30

Moulin des Tourbières. Détail des bois (B17, B18, B28) servant de support au coursier.

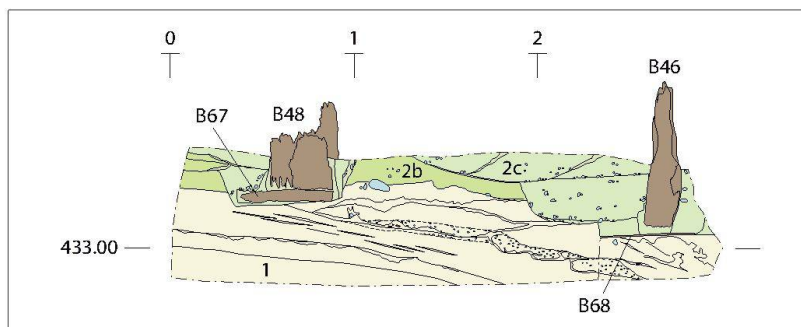


Fig. 31

Moulin des Tourbières. Profil stratigraphique sud-est / nord-ouest, relevé à la hauteur des bois B46 et B48, sur le tracé supposé du canal d'amenée. Situation de la coupe: fig. 18. Description des couches: fig. 15.



Fig. 32

Moulin des Tourbières. Vue du bois incliné B49, à l'angle sud-ouest du moulin. À droite de l'image, le pieu B52.

dérivation de l'eau permettant de réguler, voire, au besoin, de désactiver le débit du courant alimentant la roue.

Série 5

B17, B18, B28, B46, B48, B49, B61, B66, B67, B68, B70

Dans cette série sont regroupées différentes pièces de bois disposées sur une même ligne dans l'espace compris entre les rangées de pieux des séries 2 et 3.

À l'amorce de l'un des deux conduits du canal de fuite, les bois B17, B18 et B28 forment un dispositif particulièrement important dans notre restitution du moulin (fig. 29 et 30). L'assemblage comprend à sa base une pièce horizontale longue de 77 cm et de 29 cm de section (B17); l'une de ses extrémités, réduite à une épaisseur de 10 cm, suggère qu'il s'agit d'un élément en remploi (fig. 62). Sa face supérieure était dotée d'une encoche transversale dans laquelle prenait appui un segment de poutre quadrangulaire de 80 cm de longueur et de 33 cm de section (B18). Disposée selon un angle de 45° et maintenue à l'aide d'une cale (B28), celle-ci présentait dans sa partie supérieure, un plan incliné d'env. 12° dans le sens de l'écoulement. Chacune de ses faces latérales était en outre creusée d'une mortaise profonde d'env. 5 cm, destinée sans doute à la fixation d'éléments verticaux.

Tout porte à croire que cette pièce servait de support au segment de canalisation oblique qui dirigeait l'eau sous la roue tout en lui donnant de la vitesse (coursier), conduit dont les parois latérales devaient être assujetties par un système de tenons et de mortaises.

En amont de cet assemblage, soit sur le tracé attendu du bief d'amenée d'eau, ont été dégagés trois bois en position verticale (B46, B48 et B49). Alors que le bois B46, proche de l'emplacement supposé de la roue, s'apparente bien à un poteau, la fonction des éléments B48 et B49, de moindre longueur mais de section plus importante (env. 36 et 40 cm) reste indéterminée: l'un d'eux (B48), présente la particularité de reposer sur deux planchettes disposées côte à côte au fond de sa fosse d'implantation (B67 et B70) (fig. 31); la position oblique du bois B49 (fig. 32) n'est peut-être pas le fruit du hasard, la planchette de support B66 présentant une inclinaison proche, sans que l'on puisse pour autant en expliquer la raison.

À l'exception de l'assemblage particulier situé à l'aplomb de la roue, les bois de cette série, à laquelle s'ajoutent deux autres planchettes (B61 et B68), semblent donc pouvoir être interprétés comme appartenant à des structures de support du bief d'amenée d'eau, que l'on propose en toute logique de situer dans l'axe du canal de fuite précédemment décrit.

Série 6

B4, B21

Les deux éléments de cette série s'apparentent par leurs dimensions (section entre 30 et 50 cm) et leur profondeur d'implantation (432,81/85 m), aux poteaux à base plate des rangées 1 et 2. Ils ne s'insèrent toutefois dans aucun de ces deux alignements. Conservé sur une hauteur de 1,20 m à la hauteur du canal de fuite, le bois B21 est une poutre quadrangulaire de 30 x 35 cm de section, en remploi (fig. 33) : sur deux des faces opposées de son extrémité inférieure, cette pièce était en effet dotée de deux paires symétriques d'étroites mortaises, profondes de 10 cm. Au fond de chacune d'elles apparaissent encore les logements circulaires de deux chevilles de 3 cm de diamètre (fig. 34 et 63).

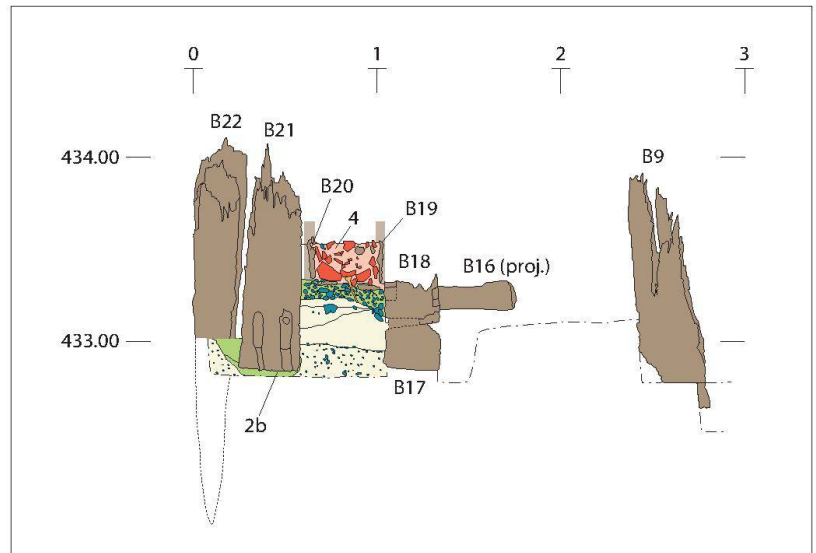
Situés sur une ligne perpendiculaire à l'axe restitué de la roue, et quoique assez éloignés l'un de l'autre (3,60 m), ces deux poteaux sont interprétés comme des supports verticaux de l'arbre de la roue.

Série 7

B31, B32 (fig. 64), B33/34

Les trois poutres quadrangulaires de cette série correspondent aux supports horizontaux du canal de fuite, dont ils permettent d'attester le tracé sur une quinzaine de mètres en aval du moulin (fig. 16). L'empreinte d'une quatrième traverse, entre les bois B32 et B33/34, confirme l'intervalle régulier de 2 m ménagé entre chacune d'elles. Leur orientation laisse deviner un léger infléchissement de ce canal vers l'ouest. Vraisemblablement constitué de planches, le fond aménagé du canal se situe env. 1,20 m en contrebas du terrain environnant, c'est-à-dire au fond d'une tranchée aux parois talutées qui n'a malheureusement pas pu être observée³⁶.

L'un de ces supports (B33/34) présentait à son extrémité une mortaise traversante d'env. 10 x 10 cm et pourrait être considéré comme un élément en remploi (fig. 64). Il ne s'agit d'ailleurs pas d'un bois circulaire équarri comme le sont B31 et



B32, mais d'un segment de tronc fendu. Longue de 2,70 m et de 25 cm de section à ses extrémités, la traverse la mieux conservée (B31) était profilée sur sa face supérieure d'une échancrure large de 2,10 m (fig. 64)³⁷. Une telle découpe suppose le passage d'une canalisation deux fois plus large que le double conduit décrit précédemment à la hauteur de la roue. Cet élargissement du canal de fuite en aval du moulin, suivant une pente très faible voire pratiquement nulle, ne trouve pour l'heure pas d'explication satisfaisante³⁸. Il est cependant légitime de penser que celui-ci devait rejoindre en aval le cours du ruisseau voisin.

Fig. 33

Moulin des Tourbières. Profil stratigraphique sud-ouest/nord-est, relevé à l'amorce du canal de fuite à double conduit. Situation de la coupe: fig. 18. Description des couches: fig. 15.



Fig. 34

Moulin des Tourbières. Vue depuis le sud du canal de fuite à double conduit conservé dans la partie nord du moulin. Au premier plan à gauche, le bois en remploi B21.

36 Il est possible que cette tranchée ait été ouverte au début du chantier en même temps que la grande excavation préliminaire réalisée à l'emplacement même du moulin.

37 Ces poutres échancrées («étriers»), de dimensions très variables, sont signalées dans plusieurs moulins antiques (Avenches/En Chaplix: cf. supra, fig. 6, p. 13 et Castella 1994, p. 38, fig. 18, 1-2; Cham/Hagendorn ZG: Gähwiler/Speck 1991, fig. 9, p. 42) et médiévaux (p. ex. au moulin de Thervay (Jura F): Moulins hydrauliques médiévaux découverts à Thervay (Jura) (Archéologie en Franche-Comté 3, 2011), p. 18, n° 9).

38 On peut néanmoins relever que la largeur des deux canaux de fuite successifs du moulin d'En Chaplix est également nettement plus importante que la largeur présumée de la roue hydraulique: cf. fig. 5, p. 12.

Fig. 35

Moulin des Tourbières. Vue en coupe depuis le sud du bois B39 et de ses pierres de calage.



Série 8

B6, B7, B8, B65

Cette série hétéroclite comprend les quelques rares éléments de construction horizontaux dont on peut estimer qu'ils étaient à leur emplacement d'origine.

Conservée sur une longueur de 2,18 m entre les bois des rangées 1 et 2 (fig. 18), la planche B7 marque la limite entre la partie remblayée de la grande dépression creusée pour l'implantation des éléments porteurs de l'édifice et l'espace laissé vacant à la hauteur de la roue et de la chambre de meunerie. Posée de chant et maintenue contre le pieux B5 à l'aide d'une planchette de calage (B6), cette planche dont la base se situait à la cote de 433,41 m, devait appartenir à un dispositif d'éclayage retenant les sables et graviers mis en remblai dans la partie comblée de la fosse, s'élevant quelque 60 cm plus haut. Aucun élément de ce type n'étant conservé près de la roue et de son coursier, on ignore à vrai dire sous quelle forme exactement s'opérait la transition entre ces deux paliers.

La fonction précise de la poutre B8 (base à 433,47 m), qui s'insère dans l'alignement de pieux de la rangée centrale de l'édifice et dont on imagine qu'elle a pu servir de base à un élément vertical, reste indéterminée. Dernière pièce de cette série, la planche B65 se situe, à l'angle sud-ouest du bâtiment, en limite exacte de la grande fosse de fondation de l'édifice. On propose d'y voir les vestiges d'un coffrage retenant latéralement les graviers et galets d'assainissement mis en œuvre sous la plateforme du moulin.

Série 9

B39, B40

Distants d'env. 1,30 m, les deux poteaux à fond plat de cette série se distinguent de l'ensemble des bois précédemment décrits par leur situation à l'extérieur de l'excavation préalable à la construction du moulin.

Le bois B39 est l'un des bois les plus massifs du site (43 x 45 cm de section) et présente en outre la particularité d'être le seul élément vertical à avoir été calé à l'aide de lourds moellons de calcaire jaune soigneusement disposés au niveau de sa fosse d'implantation (fig. 35). Avec une base mesurée à 433,22 m, il est aussi l'un des pieux les plus profondément implantés du secteur. À près de 2 m au sud de la plateforme restituée du moulin, il se situe, avec le bois B40 auquel il semble associé, assez précisément dans l'axe des deux rangées de poteaux de fondation du bâtiment (séries 1 et 2), s'intégrant ainsi parfaitement au plan général de l'édifice. Les raisons pour lesquelles un tel soin a été apporté au maintien d'un poteau de cette dimension nous échappent. L'interprétation de ces deux éléments en tant que supports d'un couvert abritant un escalier d'accès à l'édifice depuis le sud, est proposée dans notre restitution sans grande conviction.

Série 10

B35, B41, B42, B45, B50, B62

Les six poteaux à fond plat de cette série constituent des éléments épars et isolés qui ne s'intègrent à aucun des alignements ou groupes de bois précédemment définis. À ce titre, leur destination au sein de l'édifice nous échappe. Les dimensions hors norme de l'un d'eux (B62) méritent toutefois d'être mentionnées: avec une section de 70 x 56 cm, il s'agit en effet de la pièce la plus massive mise en œuvre sur le site du moulin (fig. 36 et 65). De fonction indéterminée, ce bois s'apparente au poteau B39, distant de 50 cm à peine, avec lequel il partage ces caractéristiques de solidité et de robustesse.

Série 11

B57, B58, B60, B63, B64

Cette dernière série regroupe deux planchettes (B57 et B60), dont l'une (B57), non prélevée, était presque entièrement brûlée, deux morceaux

de bois (B63 et B64), vraisemblablement des déchets de construction, et une poutre quadrangulaire (B58).

Longue de 80 cm et de 36 cm de section, la poutre B58 (fig. 65) est le seul élément de cette série à porter des traces de travail: dotée sur sa face supérieure d'une encoche transversale, elle s'apparente à la pièce de support B17 associée, à deux mètres de là, au coursier de la roue.

Tentative de restitution

(fig. 37-39)

Si l'on excepte les vestiges très altérés et incomplets du coursier et du canal de fuite, les seuls vestiges conservés du moulin sont les parties inférieures des montants et des supports de son infrastructure. Il va donc sans dire qu'une tentative de restitution de l'installation laisse une large part à l'imagination. Nous osons néanmoins proposer une reconstitution de ce moulin, qu'il convient de considérer avec toutes les réserves propres à ce type d'exercice.

Plusieurs composantes et caractéristiques avérées ou supposées de l'installation ont déjà été mentionnées dans la description des vestiges:

- De plan quadrangulaire (env. 9,50 x 2,50 m), la bâtisse du moulin repose sur un double alignement de montants très puissants, sur lesquels nous restituons de grandes sablières longitudinales supportant plancher et parois (fig. 37). L'altitude (minimale) du plancher se situe à près d'un mètre au-dessus du sol antique, ce qui met la meunerie à l'abri d'éventuelles inondations. Une toiture de tuiles est envisageable, même si les fragments présents dans les niveaux de démolition ne sont pas très abondants.



- Partiellement conservé, le coursier ou, plus précisément, l'amorce du double canal de fuite, permet de situer l'altitude minimale de la base de la roue hydraulique (433,30 m). La situation de la roue est définie quant à elle par le dispositif constitué des bois B17, B18 et B28, interprété comme le support du coursier proprement dit (fig. 38). Ainsi, nous restituons deux chutes aménagées contiguës, correspondant au double canal susmentionné, l'un des conduits servant à l'entraînement de la roue et le second de canal de dérivation. Dans la restitution, ce dispositif de

Fig. 36

Moulin des Tourbières.
Manipulation hors fouille du bois B62.

Fig. 37

Moulin des Tourbières.
Proposition d'élévation et coupe longitudinale dans l'axe du canal d'amenée, de la roue hydraulique et du canal de fuite.

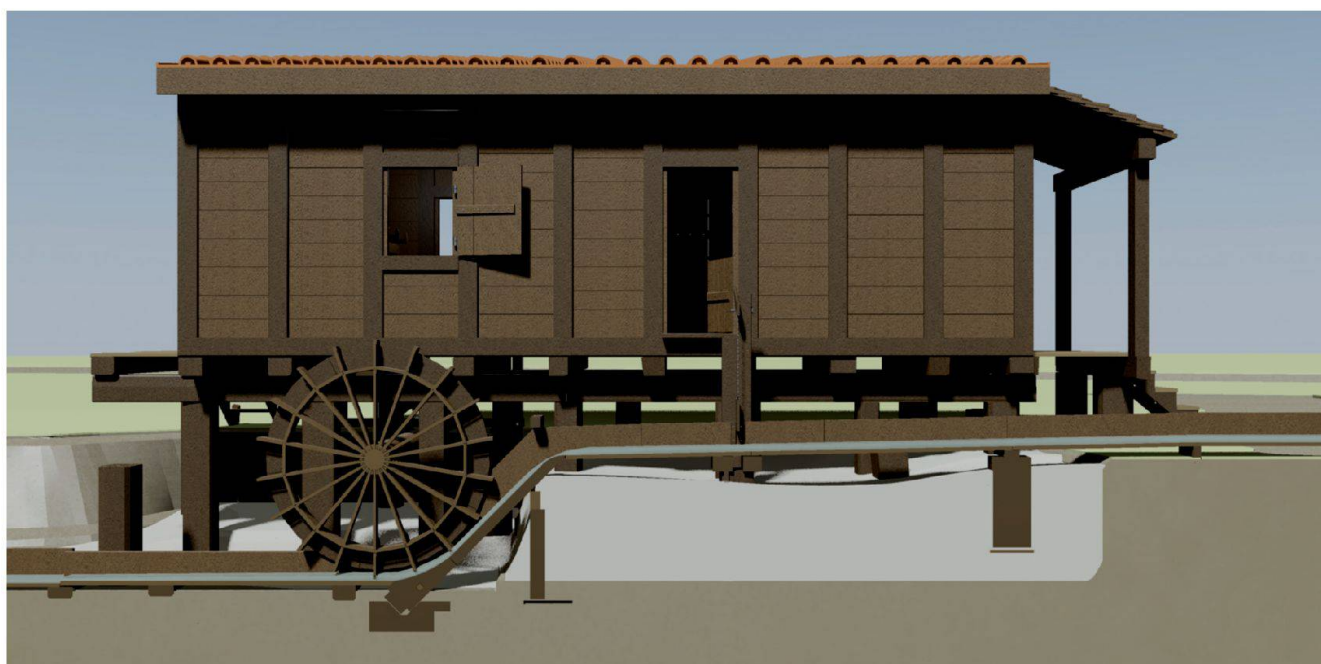
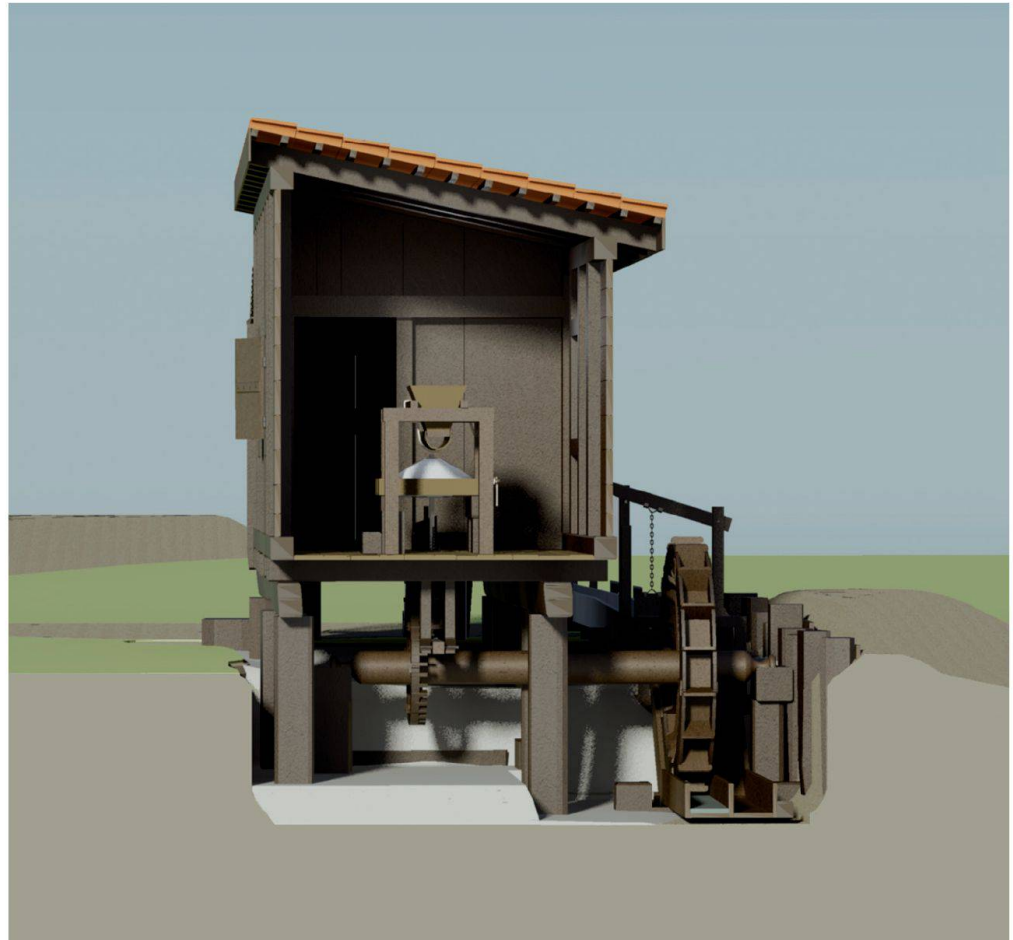


Fig. 38

*Moulin des Tourbières.
Proposition d'élévation et
coupe transversale à travers
la chambre de meunerie et
l'amorce du canal de fuite à
double conduit.*



régulation du débit d'amenée est complété par une vanne en amont, permettant de désactiver la roue au besoin.

- La roue hydraulique a été dessinée en s'inspirant d'une des roues du moulin de Cham/Hagendorn ZG³⁹, postérieur de quelques décennies à la meunerie des *Tourbières*. Son diamètre est de 2,35 m et sa largeur, ici définie par celle du canal inférieur, d'env. 30 cm. Le diamètre restitué de la roue définit l'altitude minimale de la plateforme du moulin, dans la mesure où cette dernière se situe forcément au-dessus de son arbre horizontal. Nous faisons reposer ce dernier sur les deux puissants montants B4 et B21. La longueur de l'arbre serait ainsi d'environ 4 m, ce qui peut paraître excessif.

- C'est sous le plancher de la partie nord-est de la bâtisse du moulin, à la hauteur du double canal, que nous proposons de placer le mécanisme d'engrenage «classique» associant rouet et lanterne (fig. 38). Le dispositif d'étayage constitué des bois B6 et B7 marque la limite de cet espace remblayé à une moindre hauteur que la partie sud-est de la grande excavation préliminaire. Au-dessus, en toute logique, se trouve la chambre de meunerie. Dans notre restitution, celle-ci occupe un gros tiers du volume de la bâtisse,

le solde ayant pu servir d'espace de vie et/ou de stockage.

- Un porche d'accès avec quelques marches d'escalier est restitué sur le petit côté sud-est du bâtiment. L'intégration des deux montants B39 et B40 dans un tel aménagement est toutefois sujette à caution⁴⁰. Une seconde entrée, permettant d'accéder directement à la chambre de meunerie, est proposée sur le petit côté opposé, sans que des indices concrets de son existence aient été mis en évidence.

- La question cruciale de l'amenée d'eau est discutée plus loin, en conclusion⁴¹. Dans la restitution graphique proposée, nous avons opté, sur le tronçon d'arrivée au moulin, pour une conduite aménagée au niveau du sol environnant, soit à une altitude d'environ 434,60 m. Selon cette hypothèse, l'eau arriverait *grosso modo* à la hauteur de l'axe de la roue (roue dite «de côté»; cf. fig. 8, 2). Rien n'empêche toutefois de restituer une conduite à une altitude un peu plus élevée – par exemple sur un remblai de terre – et une roue dite «de poitrine» (cf. fig. 8, 3). Quoi

39 Gähwiler 1984, p. 158-159.

40 Cf. *supra*, p. 30 (série 9).

41 Cf. *infra*, p. 50-51.



qu'il en soit, sur les six derniers mètres avant la roue, nous supposons que le canal d'amenée était supporté et stabilisé par les montants B49, B48 et B46 (série 5), placés sur son axe.

Les meules

Plus de vingt fragments de meules de grand format ont été recueillis (fig. 40). La grande majorité d'entre eux provient des couches 10 et 17 correspondant au niveau d'occupation/démolition du moulin, dans la partie sud-est de l'installation (cat. 1-2, 6-10 et 12-13⁴²). Un fragment de meule en granit provient du niveau d'assainissement caillouteux sous-jacent (couche 9; ensemble 07/14413), scellant la grande dépression liée à l'aménagement de l'installation. Quelques fragments (dont cat. 5) ont en outre été mis au jour en limite d'emprise de la fouille, à une bonne quinzaine de mètres à l'est du moulin, non loin

de la berge ouest du canal du II^e s. Tous ces éléments ont manifestement été déplacés: aucun de ceux que l'on peut positionner sur le plan ne se trouve à proximité du lieu présumé de l'utilisation des meules, à savoir la chambre de meunerie restituée dans l'angle nord-est du moulin⁴³.

La plupart des fragments sont de dimensions modestes et l'estimation du nombre d'individus s'avère délicate: on recense une *meta* (meule dormante) et un *catillus* (meule tournante) en granit, ainsi qu'une *meta* et au moins cinq ou six *catilli* en lave vacuolaire. L'épaisseur des fragments – plus particulièrement celle des *catilli* en lave – est en général comprise entre 3 et 5 cm, témoignant d'un degré d'usure très important.

La *meta* en granit cat. 1 est toutefois sensiblement plus épaisse (max. 22 cm). Son diamètre est supérieur à 69.5 cm et l'inclinaison de sa surface de mouture est proche de 21°. Sa base est plane et son œil traversant.

Le *catillus* en granit cat. 2 présente également une épaisseur supérieure à celle des exemplaires en lave. L'inclinaison de sa surface de travail est de l'ordre de 24°.

La *meta* en lave cat. 3 se signale par une base remontant légèrement vers le centre, par une surface de travail à forte inclinaison (env. 33°)⁴⁴ et un œil traversant.

Fig. 39

Moulin des Tourbières.
Proposition d'élévation.

⁴² Ensembles 07/14410 et 14415.

⁴³ Rappelons toutefois que ce secteur du moulin a été excavé à la pelle mécanique.

⁴⁴ À titre de comparaison, l'inclinaison des surfaces de travail des *metae* en lave du moulin d'En Chaplix est d'env. 22° et 26°.

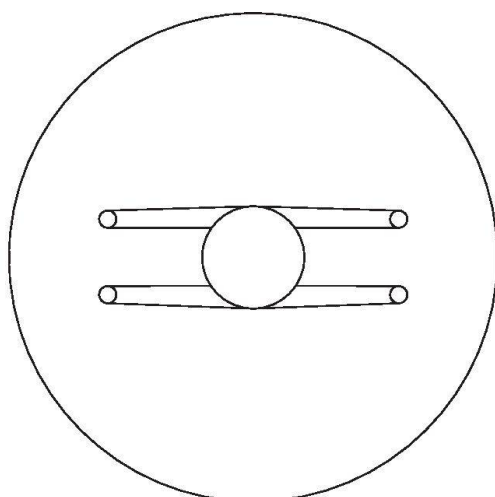
Fig. 40

Tableau des meules du moulin hydraulique des Tourbières (cf. fig. 42-43).

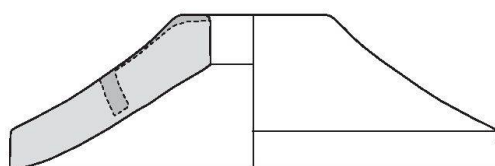
Échantillons prélevés pour analyse par V. Serneels. À ceux-là, s'ajoute un fragment informe de l'ensemble 07/14415.

Cat.	Inv.	Diam. max. (cm)	Diam. œil (cm)	Haut. totale (cm)	Haut. rebord (cm)	Commentaires
Metae en granit						
1	07/14415-24	> 69.5	9.0	22.5	-	
Catilli en granit						
2	07/14410-5	> 62.0	13.9	> 17.7	-	1 logement et 1 rainure de type «Avenches»; 1 logement d'accessoire de manutention (avec traces d'oxyde de fer)
-	07/14413-4	-	-	> 13.3	-	1 logement non traversant
Metae en lave vacuolaire						
3	07/14402-1/-2	> 76.0	11.5	> 18.7	-	
-	07/14415-20	-	11.3	> 6.0	-	
-	07/14402-3	-	-	-	-	
Catilli en lave vacuolaire						
4	07/14408-105	65.5	13.3	> 17.9	3.1	2 logements et 2 rainures de type «Avenches»
5	07/14406-1	66.6	-	> 15.4	4.7	2 logements et 2 rainures de type «Avenches»
6	07/14415-21	61.4	-	> 13.7	4.0	2 logements et 1 rainure de type «Avenches»; marque d'usure? sur la surf. sup. du rebord
7	07/14410-4	65.7	-	> 14.2	3.1	1 logement et 1 rainure de type «Avenches»; 1 logement d'accessoire de manutention?
8	07/14410-3	77.0	-	> 10.6	4.8	2 logements de type «Avenches»
9	07/14415-17	-	14.2	> 11.7	-	1 rainure de type «Avenches»; replat autour de l'œil
10	07/14415-18	-	15.1	> 7.9	-	replat autour de l'œil
11	07/14402-4	66.9	-	> 7.3	3.1	
12	07/14415-23	75.7	-	> 6.0	3.1	
13	07/14415-22	76.8	-	> 6.1	2.1	
-	07/14415-19	-	-	> 8.0	-	1 logement et 1 rainure de type «Avenches»

Les *catilli* en lave cat. 4-13 se signalent presque tous par une surface de mouture légèrement convexe, d'une inclinaison variant entre 26° et 34°⁴⁵. Les deux fragments sommitaux cat. 9 et 10 offrent la particularité d'un rebord plat autour de l'œil.

**Fig. 41**

Reconstitution du profil-type d'un catillus en lave du moulin des Tourbières. Échelle 1:10.



En résumé, la morphologie des *catilli* des *Tourbières* est tout à fait analogue à celle des exemplaires plus anciens d'*En Chaplix*. Contrairement à ce qu'on aurait peut-être pu attendre⁴⁵, l'importante inclinaison des surfaces de mouture reste identique. Les paires de logements disposées de part et d'autre de l'œil et reliées par des rainures peu profondes témoignent du même dispositif d'entraînement, dit de type «Avenches»⁴⁷. On observe néanmoins deux différences dans les meules des deux séries: sur les *catilli* des *Tourbières*, les logements sont moins proches de l'œil et plus ou moins perpendiculaires à la surface des meules, alors qu'ils sont à peu près verticaux sur les meules tournantes d'*En Chaplix* (fig 41, à comparer avec fig. 9). Comme sur ce dernier site, aucun élément métallique lié au dispositif d'entraînement n'est conservé aux *Tourbières*.

On peut encore relever la présence d'un logement destiné à l'ancrage d'un élément destiné à la manutention (un anneau en fer p. ex.) sur le *catillus* en granit cat. 2 et peut-être sur la meule en lave cat. 7. Aucun logement de ce type n'est

⁴⁵ Ces valeurs sont tout à fait comparables à celles mesurées sur les meules du moulin d'*En Chaplix* (24° à 34°).

⁴⁶ Au Bas-Empire et surtout au Haut Moyen Âge, les meules tendent à s'aplatir et l'inclinaison des surfaces de travail à s'adoucir.

⁴⁷ Longepierre 2011, p. 87, fig. 3, type E.

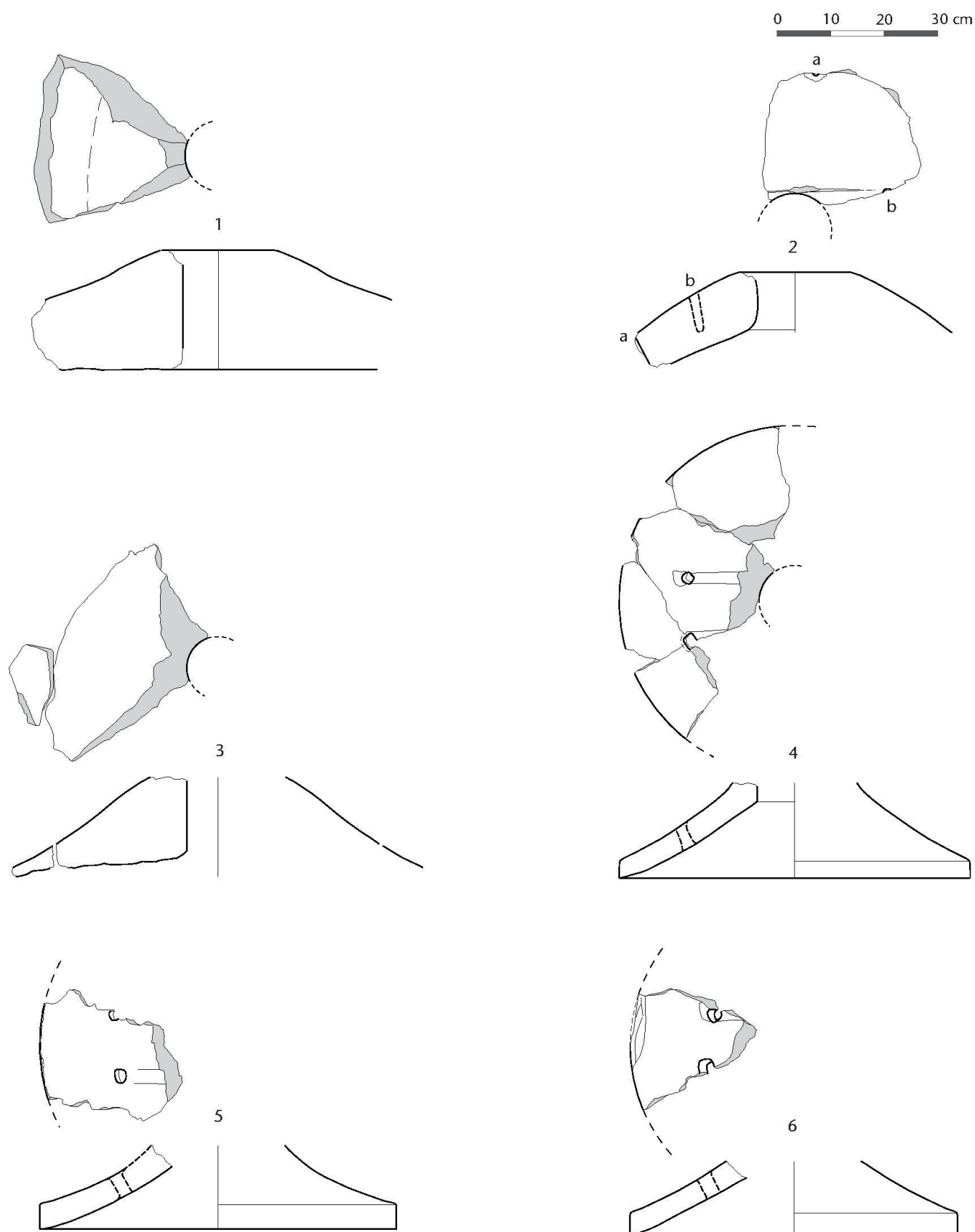


Fig. 42

Moulin hydraulique des Tourbières. Les meules. 1-2: granit; 3-6: lave vacuolaire. Échelle 1:10.

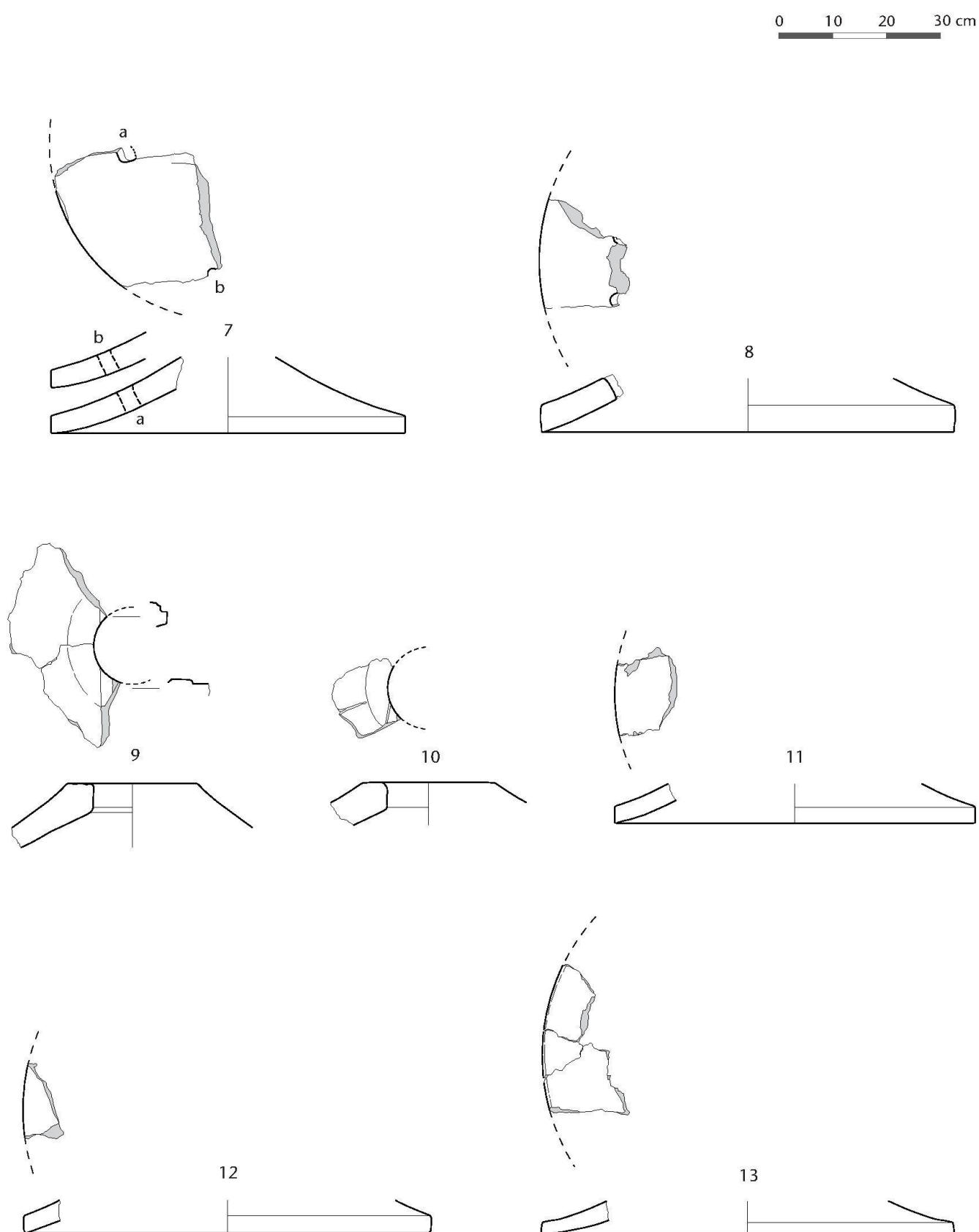


Fig. 43
Moulin hydraulique des Tourbières. Les meules. 7-13: lave vacuolaire.

signalé dans la série d'*En Chaplix*, mais on en connaît des exemples dans la collection du Musée romain d'Avenches⁴⁸.

Du point de vue des matériaux utilisés pour la confection des meules, on peut relever la présence d'au moins deux pièces en granit. Convenant très bien à la mouture des céréales, cette roche d'origine alpine est disponible sur le Plateau suisse sous la forme de blocs erratiques. À Avenches, elle a été utilisée marginalement pour façonner des meules manuelles et des meules de grand format⁴⁹. Les *catilli* de type «Avenches» en granit semblent peu fréquents: ils sont toutefois attestés en contexte alpin sur le site de Martigny VS par exemple⁵⁰. On peut relever que d'autres matériaux «locaux» ont été exceptionnellement utilisés pour des meules de ce type: on peut mentionner à titre d'exemple un *catillus* en grès rouge (*Buntsandstein*) provenant de la *villa* de Frick AG⁵¹.

La lave basaltique est le matériau par excellence des meules de type «Avenches», principalement dans les provinces gauloises. Outre l'importante série du moulin d'*En Chaplix*, on peut mentionner par exemple les exemplaires recueillis à Longvic (Côte-d'Or F)⁵², à Burgille (Doubs F), à Barbegal (Bouches-du-Rhône F)⁵³, aux Martres-de-Veyre (Puy-de-Dôme F)⁵⁴ ou encore dans les *villae* varoises des *Mesclans* (La Crau) de *Saint-Michel* et de *La Chaberte* (La Garde)⁵⁵.

La répartition géographique de ces meules et, surtout, les analyses pétrographiques réalisées ces dernières années témoignent d'une production à grande échelle dans plusieurs carrières du Massif Central. Cependant, la détermination précise des sites d'extraction se heurte encore à notre méconnaissance des carrières antiques dans ce vaste territoire volcanique⁵⁶.

Le mobilier

La céramique

Peu abondant, le mobilier céramique recueilli lors de la fouille du moulin des *Tourbières* peut être subdivisé en trois lots, à savoir:

- le mobilier antérieur à l'aménagement du moulin;
- le mobilier contemporain de l'utilisation et de l'abandon du moulin;
- le mobilier sans relation avérée avec le moulin ou hors contexte précis.

Abréviations et conventions utilisées

AMP	amphore(s)
AV	renvoi à la typologie de Castella/Meylan Krause 1994
CRU	cruche(s)
Drag.	renvoi à la typologie de Dragendorff 1895-1896
GC	Gaule méridionale
GM	Gaule centrale
GO	Gaule orientale
MOR	mortier(s)
PC	céramique commune à pâte claire
PG	céramique commune à pâte grise
RA	céramique à revêtement argileux
service	renvoi à la typologie de Vernhet 1976
TSI	terre sigillée de production locale ou régionale
TSL	terre sigillée importée (lisse)
TSO	terre sigillée importée (ornée)

Le mobilier antérieur à l'aménagement du moulin

Quoique peu abondant, le mobilier céramique recueilli dans les niveaux antérieurs à l'aménagement du moulin (fig. 44), dans les dépôts fluviaux sous-jacents, est homogène. On relève la présence d'une sigillée de Gaule méridionale (service A) et de céramiques à revêtement argileux mat (AV 78) qui permet de situer sans précision ce mobilier entre l'époque flavienne et le milieu du II^e s. Il est en outre intéressant de souligner que la céramique à revêtement argileux brillant est encore absente.

Le mobilier contemporain de l'utilisation du moulin (occupation/démolition)

Relativement abondant, le mobilier céramique contemporain de l'utilisation et de l'abandon du moulin est parfaitement homogène (fig. 45). On peut noter l'absence significative des imitations de sigillée (TSI), de la céramique à revêtement argileux mat (AV 78; caractéristique de la période 70-150 ap. J.-C.), et des productions à revêtement micacé (peut-être liée à l'état de conservation des surfaces).

48 Castella/Anderson 2004, p. 134-135 et pl. 8-11, n°s 155-157.

49 Castella/Anderson 2004, p. 143-145, pl. 2, n° 59 (*meta* manuelle), pl. 4-5, n°s 127-131 (*catilli* manuels), pl. 6, n°s 140-142 (*metae* «hydrauliques»), pl. 8-11, n°s 155-157 (*catilli* «hydrauliques»).

50 Castella 1994, fig. 40, p. 58.

51 Castella 1994, p. 57.

52 Jaccottet/Labeaune 2010.

53 Leveau 2007, p. 193-195 et fig. 14.

54 Romeuf 1978.

55 Brun/Borréani 1998; Brun 2004. Aimable communication de J.-P. Brun.

56 Cf. *infra*, l'article de V. Serneels, Examen pétrographique des meules en lave vacuolaire du moulin des *Tourbières* à Avenches, p. 63-67.

Fig. 44

Mobilier céramique provenant des niveaux antérieurs à l'aménagement du moulin des Tourbières (ensembles 07/14407, 14408 et 14417).

Ensemble	Groupe	Forme	Type	Provenance	Nbre bords *
07/14407	MOR	mortier	-		0
07/14408	TSL	assiette	Drag. 36	GM ou GC	1
	RA mat	pot/gobelet	AV 78		2
	AMP	amphore	Gauloise 4	Vallée du Rhône	1
	AMP	amphore	Beltran II	Péninsule Ibérique	1
	AMP	amphore	Dressel 20	Péninsule Ibérique	0
07/14417	RA mat	pot/gobelet	AV 78		0
TOTAL					5

* Nombre total de bords et de formes complètes

Ensemble	Groupe	Forme	Type	Provenance	Nbre bords *
07/14410	TSO	bol	Drag. 37	Production helvétique	0
	TSL	coupe	Drag. 33	GO	1
	RA	bol à marli	AV 212		1
	RA	écuelle	AV 283		1
	PC	écuelle	AV 283		1
	PG	écuelle/terrine	AV 286 cf.		1
	AMP	amphore	à <i>garum</i>	Péninsule Ibérique	1
07/14413	TSL	assiette?	Drag. 18/31?	GC ou GO	1
	RA	gobelet	-		1
	RA	écuelle	AV 283		1
	CRU	cruche	AV 309		1
	MOR	mortier	AV 375		0
	PC ?	bol hémisphérique	-		1
07/14415	TSO	bol	Drag. 37	GM?	1
	TSO	bol	Drag. 37	GC ou GO	1
	TSO	bol	Drag. 37	GO	2
	TSL	assiette?	Drag. 36	GM?	1
	TSL	bol	Drag. 38	GC prob.	1
	TSL	coupe	service C	GC prob.	1
	TSL	plat/assiette	Drag. 18/31	GO prob.	1
	TSL	coupe	Drag. 33	GO	0
	RA	gobelet	AV 48		14
	RA	gobelet	AV 89		6
	RA	gobelet	-		1
	RA	bol cylindrique	AV 124/125 cf.		0
	RA	bol/coupe	AV 159		1
	RA	bol à marli	AV 209		1
	RA	bol à marli	AV 212		1
	RA	écuelle	AV 283		9
	RA	écuelle?	-		1
	RA?	bol à marli	AV 205		1
	CRU,RA	cruche	AV 319		1
	CRU	cruche	AV 316 ou 319		1
	MOR	mortier	AV 375		4
	PC	pot à provisions	AV 23 cf.		1
	PC	pot/tonnelet	AV 26 cf.		1
	PC	bol à marli	AV 205		1
	PC	terrine	AV 233		1
	PC	terrine	AV 237		1
	PC?	écuelle	AV 283		1
	PG	tonnelet	AV 8/16		2
	PG	pot/tonnelet	AV 26		5
	PG	pot	AV 47		1
	PG	pot?	-		2
	PG	terrine	AV 237		1
	PG	terrine	AV 237 cf.		1
	AMP	amphore	Dressel 20		0

Fig. 45

Mobilier céramique provenant des niveaux contemporains de l'utilisation et de l'abandon du moulin des Tourbières (ensembles 07/14410, 14413, 14415 et 14416).

Ensemble	Groupe	Forme	Type	Provenance	Nbre bords *
07/14416	TSL	assiette	Drag. 18/31	GC	0
	RA	gobelet	AV 89		2
	RA	gobelet	-		1
	RA	bol cylindrique	AV 125		1
	RA	bol/coupe	AV 159/160		0
	RA	bol	AV 197 (Drag. 37) prob.		1
	RA	écuelle	AV 283		4
	RA?	bol hémisphérique?	AV 168 cf.		1
	MOR	mortier	AV 375		2
	PC	pot	AV 42	importation?	1
	PG	pot/tonnelet	-		1
	PG	terraine	AV 237 cf.		1
	PG	terraine?	-		1
TOTAL					94

* Nombre total de bords et de formes complètes

Fig. 45 (suite)

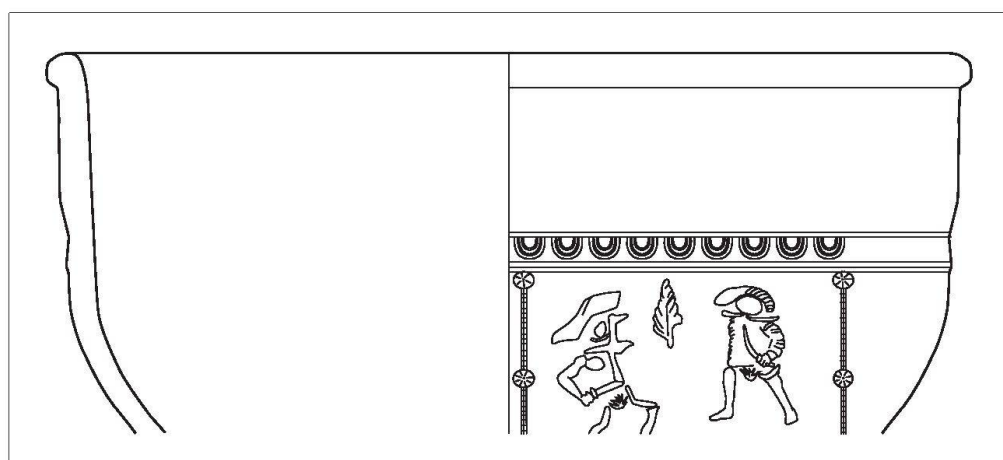


Fig. 46

Bol hémisphérique Drag. 37 en sigillée ornée, produit dans un atelier de la Gaule de l'Est, mis au jour dans le niveau d'occupation/démolition du moulin des Tourbières. Inv. 07/14415-17. Échelle 1:2.

La présence d'un ou deux fragments de sigillée de Gaule méridionale n'est pas exclue, mais le solde de la sigillée, peu abondante, est issu des ateliers du centre et de l'est de la Gaule (fig. 46). La plus grande part de la vaisselle de table est constituée de récipients à revêtement argileux brillant. Tous les types présents pourraient appartenir à la seconde moitié du II^e s. ap. J.-C., aucun n'étant caractéristique du III^e s. La céramique semble ainsi s'inscrire dans la seconde moitié ou le dernier tiers du II^e s. (150/170 – 200 ap. J.-C.).

La collerette d'un des deux mortiers AV 375 de l'ensemble 07/14416 porte deux estampilles

«grillagées», courantes dans les contextes du II^e s. (07/14416-2).

S'ajoutent à ces céramiques, un éventuel bougeoir à rapprocher du type AV 413 (07/14415) et une lampe ouverte AV 410 (07/14416-1).

Le mobilier sans relation avérée avec le moulin ou hors contexte précis

Ce mobilier hétérogène n'appelle pas de commentaire particulier (fig. 47). Tout au plus peut-on signaler, dans la sépulture à incinération St 5, mise au jour au voisinage immédiat du moulin,

Ensemble	Groupe	Forme	Type	Provenance	Nbre bords *
07/14402 (hors contexte)	AMP	amphore	Gauloise	Vallée du Rhône	0
	PC	bol à marli	AV 209		1
07/14405 (sépulture St 5)	PC	gobelet	AV 78 cf.		1
07/14406 («fosse» St 8)	CRU	cruche à deux anses	AV 335		1
TOTAL					3

* Nombre total de bords et de formes complètes

Fig. 47

Mobilier céramique sans relation avérée avec le moulin des Tourbières ou hors contexte précis (ensembles 07/14402, 14405 et 14406).

un gobelet proche du type AV 78 (env. 70-150 ap. J.-C.) représenté par une vingtaine de fragments portant les traces de l'action du feu. Cette structure pourrait bien être antérieure à l'aménagement de l'installation meunière⁵⁷.

Parmi les trouvailles hors contexte, on peut également mentionner un fond de récipient en sigillée portant l'estampille *SECVNDI* et un *graffito* incomplet (...)NTORIS (inv. 07/14402-5)⁵⁸.

Le mobilier métallique

Anika Duvauchelle

Fort de quelques 175 fragments, le mobilier métallique mis au jour lors des investigations archéologiques menées en 2007 sur le moulin des *Tourbières* constitue un lot restreint et peu varié, dans lequel les pièces de quincaillerie (essentiellement des clous) et les éléments de construction prédominent.

Le mobilier métallique issu des niveaux antérieurs au moulin provient exclusivement du lit de rivière (K 14408; cf. fig. 48). De manière surprenante, les objets en alliage cuivreux y sont les plus nombreux. Deux des trois fibules mises au jour étaient en vogue entre la période augustéenne et le milieu du I^{er} s. ap. J.-C. : il s'agit d'une fibule dite «gauloise simple» (type 2.2.1, inv. 07/14408-104; fig. 50, 1) et d'une autre dite «d'Aucissa» (type 5.2.1, inv. 07/14408-92; fig. 50, 2). La troisième fibule, en oméga, couvre une fourchette chronologique plus large; cependant, les exemplaires avenchois

issus de contextes funéraires sont datés de la seconde moitié du I^{er} ou de la première moitié du II^e s. ap. J.-C. (type 8.1.1, inv. 07/14408-88; fig. 50, 3)⁵⁹. Utilisée principalement à l'époque augustéenne et durant la première moitié du I^{er} s. ap. J.-C., la clochette en alliage cuivreux, dotée d'un battant en fer (inv. 07/14408-87; fig. 50, 4), s'inscrit également parfaitement dans cette phase précédant l'installation du moulin⁶⁰. Une fine tôle de plomb, vraisemblablement à mettre en relation avec l'étanchéification d'une structure (inv. 07/14408-93; fig. 51, 7)⁶¹, un grand clou en alliage cuivreux (inv. 07/14408-100; fig. 50, 5), ainsi que quelques pièces en fer, dont deux anneaux mobiles, complètent ce petit ensemble.

Provenant principalement des couches de démolition, mais également du niveau de circulation, le mobilier associé au moulin est quantitativement beaucoup plus important (fig. 49). Outre les nombreux clous, les éléments de construction constituent un lot intéressant. Si on ne retrouve pas les mêmes cornières que celles identifiées sur le moulin d'*En Chaplix* voisin⁶², six ou sept barres coudées semblent pouvoir se rattacher à un système similaire (cf. inv. 07/14415-11; fig. 51, 8). Une penture très simple (inv. 07/14413-2; fig. 51, 9), une ferrure pliée en U (inv. 07/14410-6; fig. 51, 10) et trois grands rivets (cf. inv. 07/14410-7; fig. 51, 11) doivent également être considérés comme des pièces provenant de la construction du moulin. Il est par contre plus difficile de se prononcer sur le support, mobilier ou immobilier, du pêne très fragmentaire retrouvé dans la couche de démolition/abandon du mou-

Fig. 48

Mobilier métallique issu des niveaux antérieurs au moulin des *Tourbières*.

Catégorie fonctionnelle	Alliages cuivreux		Fer		Plomb		Total	
	NI	Poids (g)	NI	Poids (g)	NI	Poids (g)	NI	Poids (g)
Parure et habillement	3	29.8					3	29.8
Activités culinaires	1	2.2					1	2.2
Transport et domestication	1	68.4					1	68.4
Mobilier et construction	1	1.1					1	1.1
Quincaillerie	1	57.9	2	47.4			3	105.3
Divers et indéterminé	5	20.4	3	61.2	1	87.3	9	168.9
Total	12	179.8	5	108.6	1	87.3	18	375.7

57 Cf. *supra*, p. 15.

58 En cours d'étude par R. Sylvestre.

59 Mazur 2010.

60 *Artefacts*, encyclopédie en ligne des petits objets archéologiques, CLT-4004.

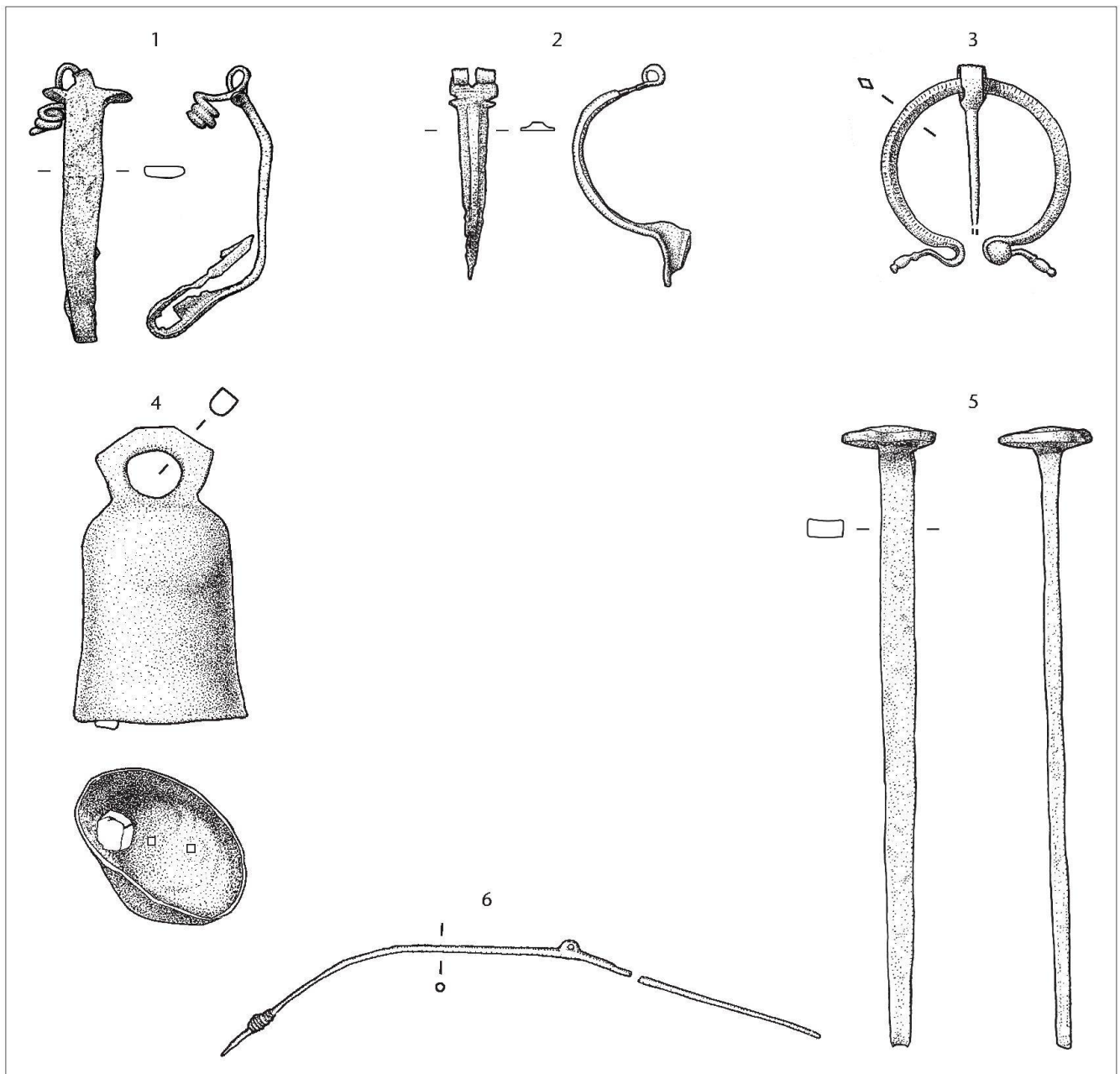
61 Cette tôle était pliée en quatre lors de sa découverte. Dépliée en laboratoire, elle ne présente aucune marque particulière. Dès lors, elle pourrait également témoigner d'un acte de récupération en vue d'une refonte du métal. Concernant les activités des plombiers à Avenches/*En Selley* et *En Chaplix*, cf. Duvauchelle 1999 et Duvauchelle 2008.

62 Castella 1994, p. 117.

Catégorie fonctionnelle	Alliages cuivreux		Fer		Total	
	NI	Poids (g)	NI	Poids (g)	NI	Poids (g)
Parure et habillement			5	30.2	5	30.2
Autre mobilier domestique			1	3.1	1	3.1
Activités productives	1	2.3	4	129.9	5	132.2
Transport et domestication			1	38.0	1	38.0
Mobilier et construction			13	817.8	13	817.8
Quincaillerie			100	2459.7	100	2459.7
Divers et indéterminés	3	9.0	30	503.0	33	512.0
Total	4	11.3	154	3981.7	158	3993.0

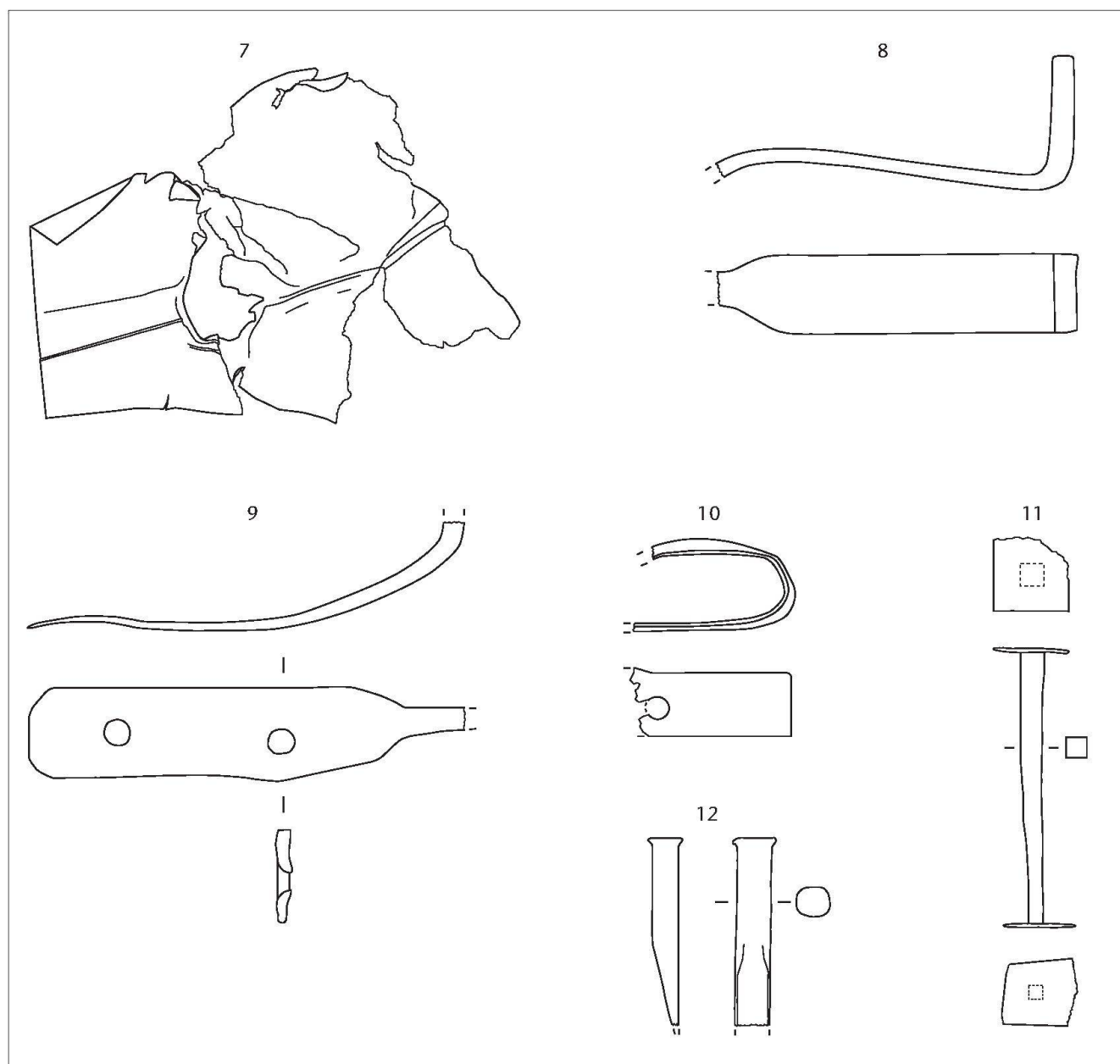
Fig. 49

Mobilier métallique issu des niveaux contemporains du moulin des *Tourbières*.

**Fig. 50**

Moulin hydraulique des *Tourbières*. Le mobilier métallique en métal cuivreux.

Échelle 2:3

**Fig. 51**

Moulin hydraulique des Tourbières. Le mobilier en plomb (n° 7) et en fer (nos 8-12).

Échelle 1:2

lin (inv. 07/14415-14; non illustré)⁶³. Les activités économiques et productives sont évoquées par la découverte de quelques rares fragments, un mince fléau de balance en alliage cuivreux (inv. 07/14415-12; fig. 50, 6) et une éventuelle tige de stylet en fer, ou encore un petit burin (inv. 07/14415-15; fig. 51, 12), un éventuel ciselet et deux scories à rattacher à la métallurgie du fer.

En dernier lieu, la «fosse» St 8, sans relation avérée avec le moulin, a livré trois clous à tête circulaire plate.

63 Pêne associé à une serrure en applique fonctionnant par soulèvement de chevilles et translation, à clé au panneton aux dents tournées vers le haut. Cf. Guillaumet/Laude 2009, type 04-04, p. 40-41.

Les trouvailles monétaires

Nathalie Jacot et Isabella Liggi Asperoni

Les trouvailles monétaires du moulin des *Tourbières* se composent de 103 pièces, dont seules 13 proviennent de couches contemporaines de l'installation⁶⁴ et 90 sont issues de contextes antérieurs.

Les monnaies provenant des couches liées à l'implantation du moulin sont bien plus anciennes que le *terminus post quem* autour de 160 ap. J.-C. livré par la dendrochronologie pour la construction de la structure. La seule qui pourrait se rapprocher de ce terminus est malheureusement dans un état de conservation bien dégradé, qui permet de la placer uniquement dans une large fourchette allant de 54 à 161 ap. J.-C.

Les monnaies liées aux couches correspondant au fonctionnement du moulin s'intègrent parfaitement dans la fourchette chronologique définie pour son occupation et son abandon. Les pièces se placent chronologiquement entre la fin du I^{er} s. ap. J.-C. et le 2^e tiers du II^e s. ap. J.-C. La monnaie la plus récente est une frappe de Marc Aurèle datée de 168-169 ap. J.-C., qui semble présenter moins de traces d'usure que les autres.

La totalité des pièces provenant des couches antérieures à l'implantation du moulin a été recueillie dans le comblement d'un ancien bras de rivière, pour la plupart en aval de la meunerie. Une prédétermination de ces dernières a permis de relever qu'environ deux tiers d'entre elles datent de la première moitié du I^{er} s. ap. J.-C., avec une large proportion de frappes de Tibère pour Auguste divinisé (22-37 ap. J.-C.), tandis que le

tiers restant est constitué d'émissions de l'époque flavienne. Deux pièces se rapprochent de la date de construction du moulin⁶⁵, dont une de Marc Aurèle qui, au vu de sa datation, pourrait être contemporaine du fonctionnement de l'installation⁶⁶. Six autres monnaies, d'un état de conservation médiocre, n'ont pu être déterminées et leur datation n'a pas pu être précisée lors du survol⁶⁷. Une note dans ce *Bulletin* est consacrée à quelques-unes de ces monnaies, qui présentent d'intéressantes contremarques⁶⁸.

Détermination des monnaies en couches⁶⁹

Les <i>Tourbières</i> . Moulin. Construction, vers 160 ap. J.-C.	
07/14412-1	Tibère pour Auguste divinisé, atelier indéterminé, as, 22-37 ap. J.-C. <i>RIC I</i> ² , p. 99, n° 81. U 4-4, C 3-3 ⁷⁰ .
07/14412-4	Imitation ? de Tibère pour Auguste divinisé, Rome, as, 22-37 ap. J.-C. Cf. <i>RIC I</i> ² , p. 99, n° 81. U 4-0, C 3-4.
07/14412-3	Néron, Lyon, as, env. 66 ap. J.-C. <i>RIC I</i> ² , p. 182, n° 543 ou 545. U 3-3, C 3-3.
07/14419-1	Vespasien, Lyon, as, 77-78 ap. J.-C. <i>RIC II</i> ^{1,2} , p. 147, n° 1235. U 3-3, C 3-3.
07/14412-2	Autorité émettrice indéterminée, Néron à Antonin le Pieux, atelier indéterminé, as, 54-161 ap. J.-C. U 0-0, C 4-5.

Les <i>Tourbières</i> . Moulin. Occupation/abandon, vers 160 - 180/190 (?) ap. J.-C.	
07/14415-6	Trajan, Rome, <i>dupondius</i> , 98-117 ap. J.-C. U 0-0, C 4-4.
07/14415-5	Hadrien, Rome, sesterce, 117-122 ap. J.-C. U 0-0, C 4-4.
07/14415-1	Antonin le Pieux, Rome, sesterce, 140-144 ap. J.-C. <i>RIC III</i> , p. 113, n° 650. U 0-0, C 4-4.
07/14410-1	Antonin le Pieux, Rome, sesterce, 156-157 ap. J.-C. <i>RIC III</i> , p. 145, n° 967. U 0-0, C 4-4.
07/14415-7	Antonin le Pieux, Rome, as, 138-161 ap. J.-C. U 0-0, C 4-4.
07/14415-2	Autorité émettrice indéterminée, Nerva à Antonin le Pieux, atelier indéterminé, <i>dupondius</i> , 96-161 ap. J.-C. U 0-0, C 4-4.
07/14415-4	Antonin le Pieux pour Faustine I divinisée, Rome, sesterce, 141-161 ap. J.-C. <i>RIC III</i> , p. 163, n° 1127. U 3-3, C 3-3.
07/14415-3	Marc Aurèle, Rome, sesterce, 168-169 ap. J.-C. <i>RIC III</i> , p. 290, n° 964. U 2-2, C 2-2.

64 Se reporter au tableau ci-contre pour la détermination des monnaies en couches.

65 Dont inv. 07/14408-3, Hadrien, as, 117-122 ap. J.-C.

66 Les monnaies de l'ensemble 07/14408 ont presque toutes été découvertes au moyen d'un détecteur à métaux et n'ont pas été précisément topographiées. Elles proviennent pour la plupart du secteur situé en aval du moulin, traversé par le large canal de fuite de l'installation. De ce fait, on pourrait envisager que le sesterce de Marc Aurèle daté de 166 ap. J.-C. (inv. 07/14408-39) provienne en fait du fond de cet aménagement contemporain du moulin.

67 Il s'agit des pièces suivantes: 07/14408-49, 07/14408-74, 07/14408-83, 07/14418-1. Les exemplaires 07/14414-1 et 07/14408-46 sont d'autorité émettrice indéterminée, mais ne vont pas au-delà de 161 ap. J.-C.

68 Cf. *infra*, N. Jacot, Contremarques monétaires d'Avenches/Aventicum, p. 69-74.

69 Les 90 monnaies issues des niveaux antérieurs au moulin ne sont pas précisément déterminées et ne figurent donc pas dans ce catalogue sommaire.

70 Les abréviations U et C correspondent à l'usure et la corrosion; elles sont évaluées par des codes allant de 0 à 5, selon les normes publiées par l'*Inventaire des trouvailles monétaires suisses (ITMS)*.

71 Nous remercions Chantal Martin Pruvot d'avoir bien voulu examiner rapidement ce petit ensemble.

Autres trouvailles

Le petit mobilier non métallique

Le petit mobilier non métallique recueilli sur le site du moulin se limite à un jeton en os issu de la couche d'occupation/abandon de l'installation (inv. 07/14415-8).

Le verre

Outre un fragment de bouteille carrée de type Isings 50 recueilli dans un niveau fluvial antérieur au moulin (07/14408), le verre mis au jour⁷¹ ne réunit que sept fragments issus des niveaux d'utilisation et d'abandon du moulin: il s'agit d'un bord de coupe côtelée Isings 3b (07/14410), de trois panses de bouteille carrée Isings 50 (07/14415), d'une petite anse de section cylindrique (07/14415), d'une panse de récipient indéterminé (07/14415) et d'un bord de vitre (07/14415). Tous ces fragments sont en verre naturel bleu-vert. Aucune de ces trouvailles ne livre un indice chronotypologique déterminant.

Datation

Les datations dendrochronologiques

La datation du moulin des *Tourbières* repose principalement sur la dendrochronologie. Sur les 70 échantillons de bois transmis au Laboratoire Romand de Dendrochronologie (Moudon)⁷², 64 ont pu être analysés, soit 62 de chêne (*Quercus* sp.) et 2 de sapin (*Abies alba*). Aucun des bois prélevés n'ayant conservé le dernier cerne de croissance, ni son aubier, aucune datation précise n'a pu être obtenue et les dates d'abatage ne peuvent être qu'estimées. L'évaluation du nombre de cernes de croissance compris dans l'aubier manquant s'est faite sur la base du rythme de croissance de l'arbre. En l'occurrence, pour chaque groupe écologique défini par les analystes (cf. fig. 60, p. 54-55), 25 ans ont été systématiquement ajoutés à la date du dernier cerne mesuré de la séquence. La précision est de l'ordre de 5 à 10 ans.

Si l'on excepte le groupe écologique 6006, dont le *terminus post quem* a pu être établi en 115 ap. J.-C.⁷³, les dates et les *t.p.q.* obtenus se situent tous entre 150 et 173 ap. J.-C., avec une densité significative vers 159 ± 4 ap. J.-C. Autour de cette date, toutes les séries de bois essentielles de l'installation, en particulier les alignements 1 à 4 et les supports transversaux du canal de fuite (série 7) sont représentées. C'est autour de cette date que nous proposons de situer la construction du moulin. Si l'on ne prend en compte que les bois attribués aux quelques séries définies par leur position et leur fonction présumée dans l'installation (cf. fig. 60 et fig. 52), le constat est encore plus flagrant. Seules les datations proposées pour les bois B1 et B2 de la série 1, placés dans l'angle nord-est du moulin, semblent un peu trop récentes (vers 173 ap. J.-C.). Deux hypothèses peuvent être avancées: soit le nombre de cernes d'aubier du bois B1 est surestimé⁷⁴ et les deux bois font partie de l'aménagement originel, soit les deux bois B1 et B2 – issus d'un même arbre! – ont été mis en place dans l'angle du moulin dans le cadre d'une réfection. À l'encontre de cette seconde hypothèse, on peut relever que le module et la profondeur d'implantation de ces deux montants ne les distinguent en rien des autres éléments de la série 1.

Les autres bois dont les dates d'abatage se placeraient autour de 170-173 ap. J.-C., voire plus tard encore (B63⁷⁵) n'appartiennent pas aux séries susmentionnées. Il s'agit d'éléments déplacés (p. ex. B8) ou de bois mis en place à l'extérieur de l'emprise du moulin proprement dit (p. ex. B50, B62 et B63, au sud-est de l'installation).

Quoi qu'il en soit, l'ensemble des datations dendrochronologiques proposées semble assez cohérent (fig. 52) et, par ailleurs, l'examen de la situation des bois et les observations stratigraphiques ne laissent pas suspecter une réfection majeure ou un réaménagement significatif de

l'installation. Ce constat implique sans doute une durée de fonctionnement assez courte du moulin (20 ou 30 ans?), mais la dendrochronologie ne livre à cet égard qu'un *argumentum e silentio*.

Notons encore que quatre «paires» de bois provenant de mêmes arbres (chênes) ont pu être mises en évidence: B1 (série 1) et B2 (série 1); B42 (série 10) et B47 (série 3); B25 (série 3) et B67 (série 5); B66 (série 5) et B69 (série 4).

Les datations issues de l'étude du mobilier

Plutôt rare dans les niveaux antérieurs à l'installation (c 1), le mobilier céramique, daté sans précision entre l'époque flavienne et le milieu du II^e s., est parfaitement compatible avec une construction du moulin aux environs de 160 ap. J.-C. (cf. fig. 15). Les fibules et les nombreuses monnaies mises au jour dans les sables de la rivière antérieure au moulin sont quant à elles presque toutes à situer au I^{er} s. ap. J.-C., à l'exception d'une frappe de Marc Aurèle, sans doute intrusive⁷⁶.

Au moins quatre des cinq monnaies issues des niveaux d'installation du moulin (c 2) sont elles aussi des frappes du I^{er} s. ap. J.-C. Elles proviennent sans aucun doute du lit de rivière antérieur, recréusé lors de l'aménagement de la meunerie.

Nettement plus abondant, le mobilier issu des niveaux d'occupation et d'abandon (c 3-4) est, on l'a vu, très homogène. La datation proposée, entre 150/170 et 200 ap. J.-C., coïncide également avec les jalons fixés par la dendrochronologie, mais la relative imprécision des datations typologiques pour cette période n'autorise pas à se prononcer sur la durée de fonctionnement de l'installation. La monnaie la plus récente issue de ces niveaux est un sesterce de Marc Aurèle frappé en 168-169 ap. J.-C. (inv. 07/14415-3).

72 Réf. LRD08/R5992.

73 Les bois de ce groupe ne correspondent manifestement pas à une phase d'aménagement antérieure. Deux d'entre eux appartiennent à l'alignement des pieux en pointe de la série 3 (B51 et B52).

74 Le dernier cerne mesuré sur le bois B1, proche de la limite duramen/aubier, est daté de 148 ap. J.-C. Le *t.p.q.* des bois B59 (série 1) et B46 (série 4) du groupe écologique 6008, fixé aux environs de 169 ap. J.-C. sur la base d'un aubier de 25 cernes, est lui aussi peut-être à remonter de quelques années.

75 Le dernier cerne mesuré sur le bois B63 est daté de 163 ap. J.-C. (cerne daté le plus récent du site).

76 Cf. *supra*, n. 66, p. 43.

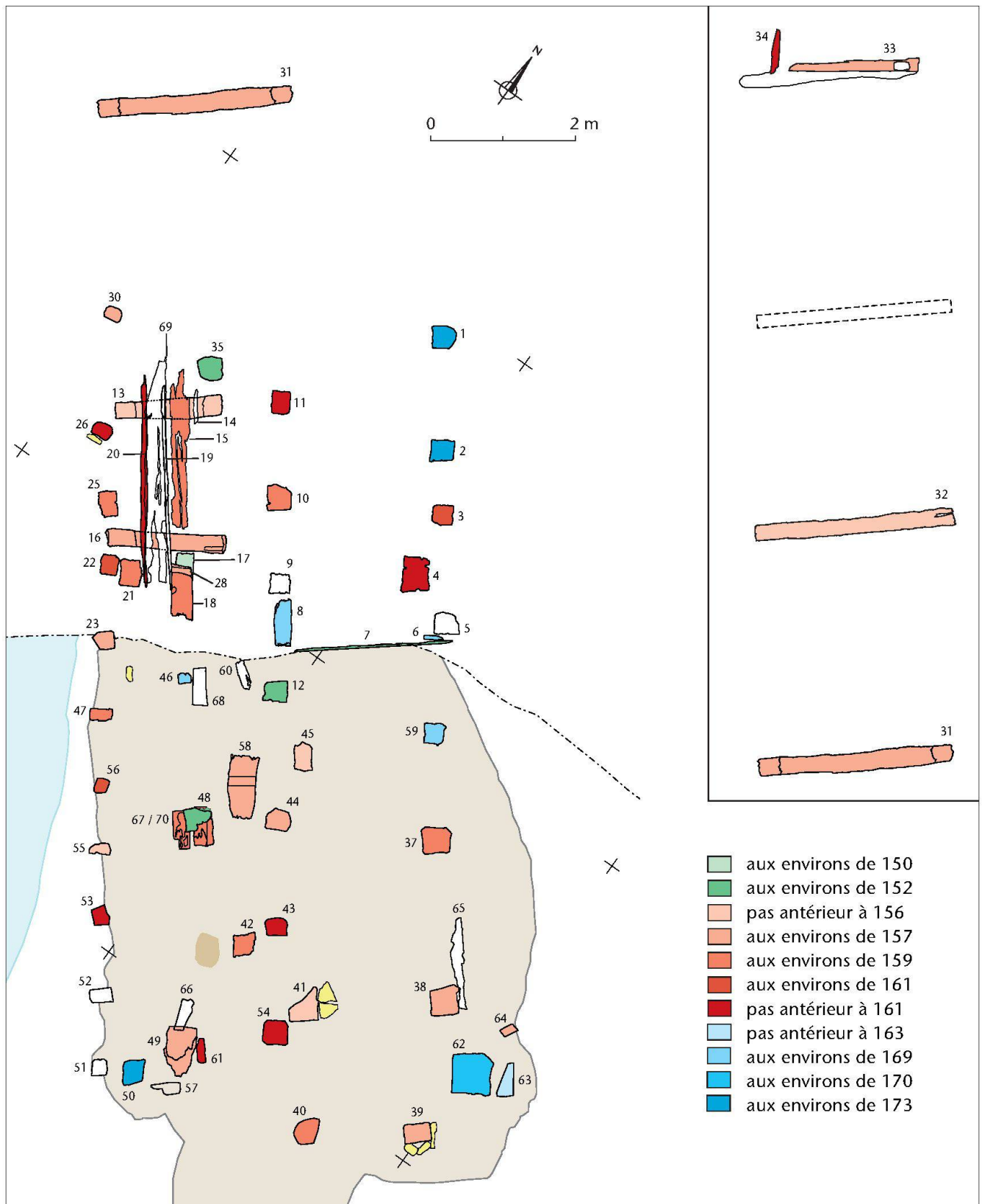
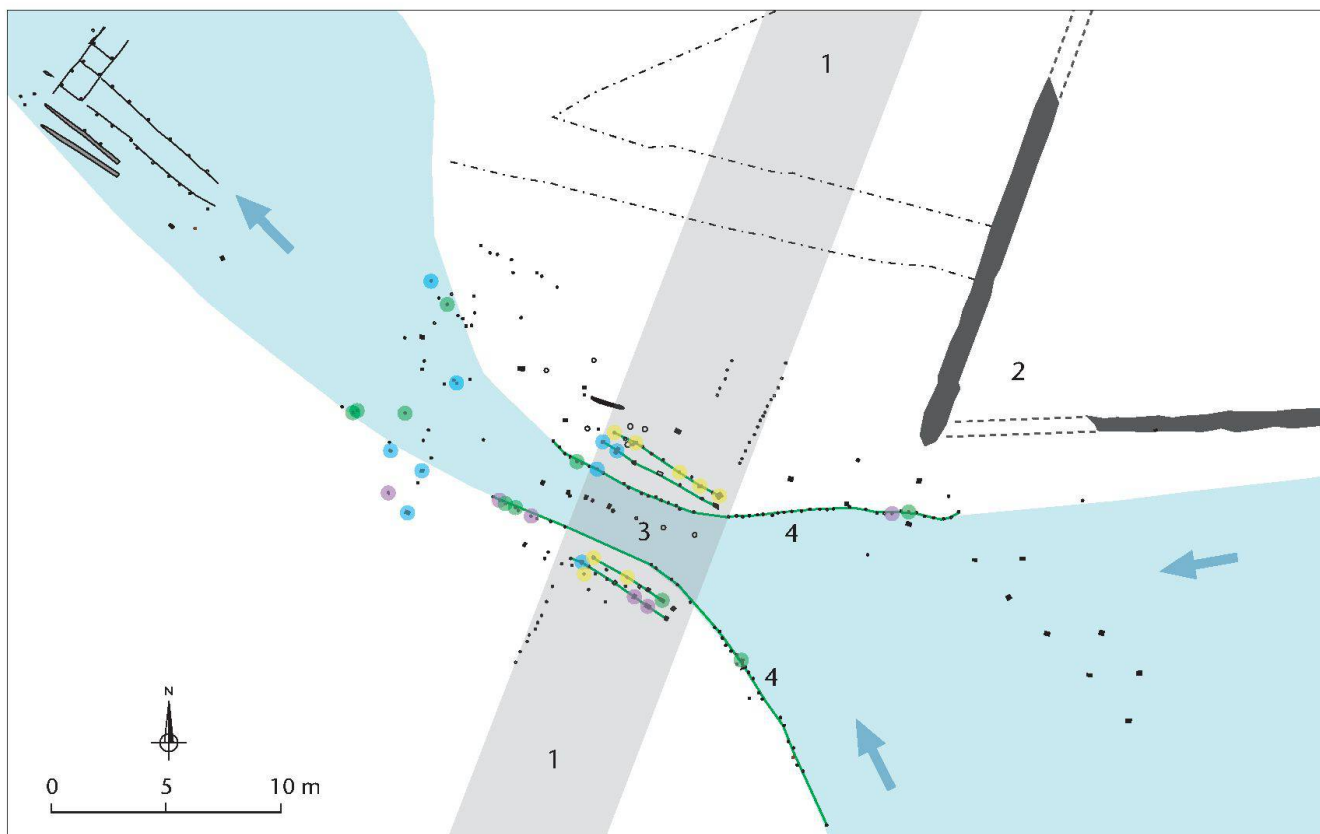


Fig. 52

*Moulin des Tourbières.
Localisation des bois datés
par la dendrochronologie.*

**Fig. 53**

Le secteur du pont de la route du Nord-Est (fouilles 1990-1991), avec report des datations dendrochronologiques. Aux environs de 70 ap. J.-C.

- Vers 45 ap. J.-C.
- Pas antérieure à 42 ap. J.-C.
- 57/58 ap. J.-C.
- Vers 70 ap. J.-C.
- 1 route du Nord-Est (tracé approximatif)
- 2 murs d'enclos de la villa du Russalet (datation incertaine)
- 3 pont
- 4 étiayage des berges de la rivière (rétrécissement aménagé) (c. 45-70 ap. J.-C)

Conclusion

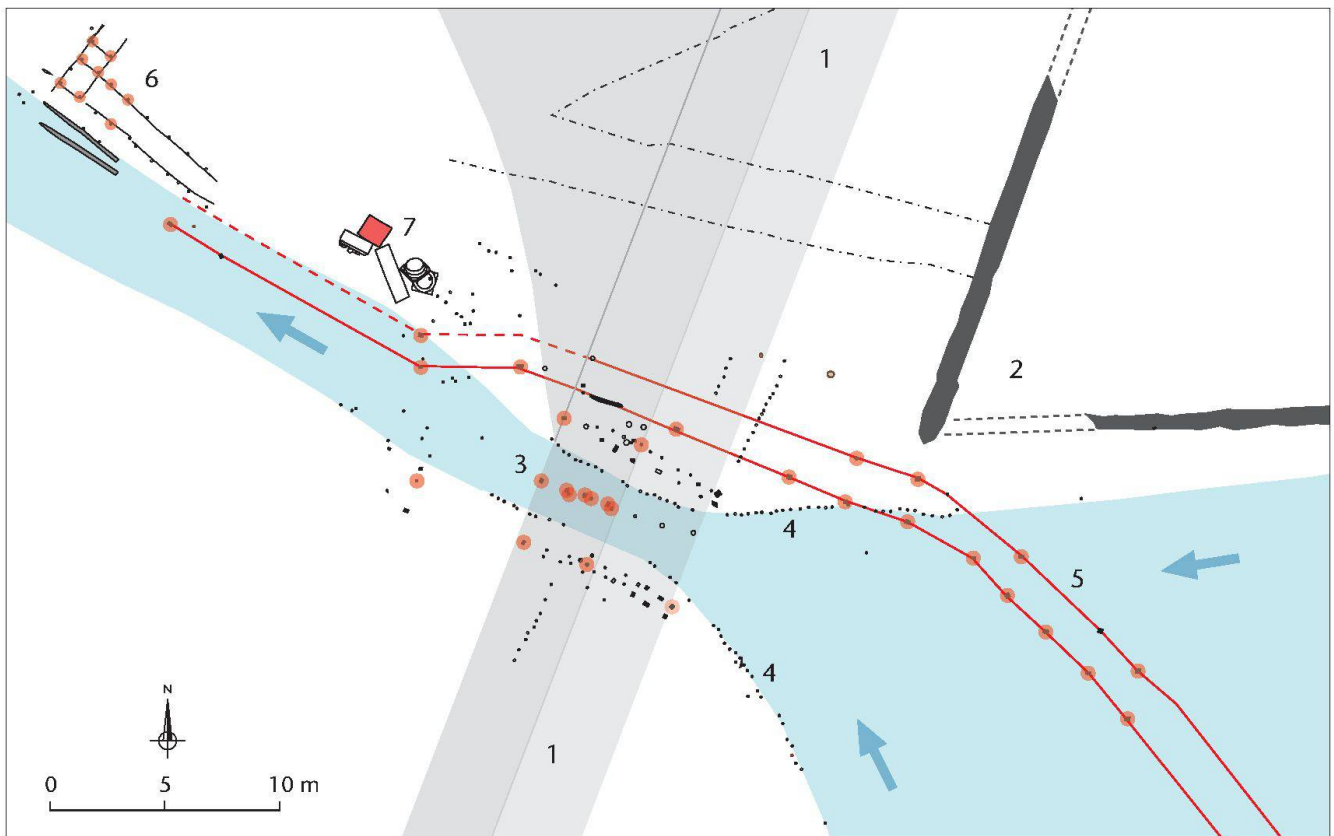
La période durant laquelle le moulin des *Tourbières* est mis en service, soit les environs de 160 ap. J.-C., est marquée par une intense activité dans la zone comprise entre la ville et le lac. Ces années-là correspondent en effet très précisément à une série de travaux importants réalisés sur le canal et à l'emplacement du pont de la route du Nord-Est. À vrai dire, dans ce secteur, les aménagements, principalement mis au jour dans le cadre du chantier autoroutier de 1990, sont mal connus pour la raison essentielle que les données de terrain n'ont pas encore fait l'objet d'une étude détaillée. L'identification des vestiges est en outre entravée par les profondes perturbations provoquées par les divagations antiques et

post-romaines de la rivière. Les interprétations et hypothèses proposées ici sont donc à considérer avec réserve.

Aménagé vers 125/126 ap. J.-C., le canal a connu plusieurs phases de réfection et de réaménagement. Ces chantiers ont porté principalement sur l'étiayage de ses berges. Dans son secteur aval, exploré en 1981⁷⁷, une succession régulière de travaux a pu être mise en évidence en 148/149, 158/159 et 169/170 ap. J.-C. À son extrémité amont (fig. 12), fouillée en 1990 dans le cadre du chantier de construction de l'autoroute A1 et du déplacement de la route cantonale⁷⁸,

⁷⁷ Bonnet 1982.

⁷⁸ Les données de ces recherches sont encore en grande partie inédites.

**Fig. 54**

Le secteur du pont de la route du Nord-Est (fouilles 1990-1991), avec report des datations dendrochronologiques. Vers 160/180 ap. J.-C.

● Vers 159/161 ap. J.-C.

- 1 route du Nord-Est (tracé approximatif)
- 2 murs d'enclos de la villa du Russalet (datation incertaine)
- 3 pont
- 4 étayage des berges de la rivière (rétrécissement aménagé) (c. 45-70 ap. J.-C)
- 5 double rang de poteaux (amenée d'eau du moulin des Tourbières ?) (c. 160 ap. J.-C)
- 6 aménagement de protection en bord de rivière ? (c. 160 ap. J.-C)
- 7 base de statue dédiée à Silvain et Neptune (c. 125 ap. J.-C.)

les dates d'abattage des bois utilisés pour le soutènement des berges sont toutes fixées entre 159 et 161. L'abandon du canal est situé, sans précision et sous toutes réserves, vers la fin du II^e s.⁷⁹.

Les années 159/161 correspondent en outre à la reconstruction du pont de la route du Nord-Est. Aménagée aux environs de 25 ap. J.-C.⁸⁰, cette chaussée (fig. 53, 1) franchit en effet la rivière sur

un premier pont de bois à deux piles construit vers 45 ap. J.-C. (fig. 53, 3 et 55)⁸¹ et longe ensuite le mur d'enclos du domaine jusqu'au complexe funéraire et cultuel d'*En Chaplix*. Juste en amont du pont, le cours d'eau est rétréci artificiellement par un dispositif «en entonnoir» avec un renforcement des berges au moyen de pieux de chêne plantés à intervalles réguliers (30-40 cm) (fig. 53, 4). Ce resserrement a impliqué un approfondissement du lit de la rivière à la hauteur du pont. Des réaménagements sont encore entrepris sur ces ouvrages en 57/58 ap. J.-C. – soit au moment de la construction du moulin d'*En Chaplix* situé à une soixantaine de mètres en amont – et aux environs de 70. S'ensuit une période d'environ un demi-siècle, jusqu'au creusement du canal vers 125, durant laquelle tout vestige semble absent dans ce secteur.

79 Parmi les centaines de datations dendrochronologiques réalisées sur les bois du canal et de son proche environnement, aucune n'est assurément postérieure à 175 ap. J.-C.

80 Castella 2008, p. 108-109.

81 Il se peut que le cours de la rivière se soit légèrement déplacé entre le moment de l'aménagement de la route et celui de la construction du premier pont.

Fig. 55

Vue partielle du pont de bois de la route du Nord-Est mis au jour en 1990.



Fig. 56 (ci-dessous)

Vue du bief aménagé se déversant dans le canal (au fond de l'image). Vue en direction du nord (fouilles de 1990). Situation: fig. 12, 14.



Un certain nombre d'indices plaide en faveur d'un abandon momentané de la voie du Nord-Est au profit de la route de l'Est, contemporaine de la construction du mur d'enceinte flavien⁸². Ce déplacement pourrait avoir eu pour cause la fréquence des inondations et des débordements de cours d'eau dans la plaine.

Quoi qu'il en soit et sans entrer dans le détail, la première moitié du II^e s. correspond à un nouvel essor de ce secteur *extra muros*, concrétisé notamment, vers 125, par l'aménagement du canal. Cette entreprise est en quelque sorte consacrée par l'érection d'une statue à Silvain et Neptune (fig. 54, 7)⁸³. Il ne fait aucun doute que la route du Nord-Est est alors à nouveau en fonction, mais c'est seulement aux environs de 160, c'est-à-dire au moment de la construction du moulin des *Tourbières*, que le pont est reconstruit selon un plan simplifié mais avec l'adjonction d'une pile

82 Les fouilles réalisées en 1961 à la jonction de la route et du rempart flavien ont apparemment permis de constater que la route, préexistante, a été coupée par l'enceinte, puis réouverte moyennant le remplacement de la tour semi-circulaire édifiée à cet emplacement par une porte simple de plan quadrangulaire: G. Th. Schwarz, *Les fouilles topographiques de 1960/1961*, BPA 18, 1961, p. 72-76.

83 Cf. AS 13, 1990.4, p. 185-186. Les différents éléments de la base inscrite de la statue – un dé en grès, ainsi que la base, le fût et le chapiteau en calcaire – ont été découverts au pied du massif de fondation. L'inscription gravée sur le fût a permis d'attribuer l'aménagement du canal et le développement du domaine qui lui est associé à la *gens Camillia*, l'une des grandes familles de l'aristocratie helvète.



centrale (fig. 54, 3)⁸⁴. En aval du pont, le tracé du cours d'eau est un peu différent de celui du I^{er} s. : il se dirige presque en droite ligne en direction du nord-ouest, passe devant la colonne de Silvain et Neptune (fig. 54, 7) et longe un énigmatique dispositif à « armature » de bois (fig. 54, 6), également daté des environs de 160 et qui pourrait avoir fonctionné notamment comme une sorte de digue destinée à protéger des crues la zone d'activité artisanale installée à l'extrémité sud du canal⁸⁵.

84 Le pont ne connaîtra pas de nouvelles transformations. Un peu plus tard – entre la fin du II^e et le début du III^e s. ? –, le lit de la rivière sera comblé au passage de la route et scellé par une recharge de cailloutis et de sable au sommet de laquelle des ornières étaient encore clairement visibles lors du dégagement de 1990.

85 On y a notamment mis en évidence quelques indices d'une activité de charpenterie navale. Cf. *supra*, n. 18, p. 15.

86 En raison de la contemporanéité des aménagements, une relation pourrait également être envisagée avec la conduite aérienne décrite ci-après (dérivation partielle de l'eau en direction du canal). Relevons que les conduites assemblées au moyen de tuyaux monoxyles servent en principe à l'adduction et à la distribution d'eau courante : cf. p. ex. F. Menna, P. Nuoffer et al., *Le vallon de Pomy et Cuarny (VD) de l'âge du Bronze au haut Moyen Âge* (CAR 82), Lausanne, 2001, p. 103-118; Ch. Sireix (dir.), *La Cité judiciaire, un quartier suburbain de Bordeaux antique* (Aquitania, suppl. 15), Bordeaux, 2008.



Fig. 57

Extrémité nord de la conduite en chêne mise en place dans le bief aménagé se déversant dans le canal (fouilles 1990). De longueur inconnue, le tuyau est fiché dans un dé percé, obturé par un bouchon cylindrique. Situation : fig. 12, 14.

Plus loin en aval, le cours d'eau et ses éventuels aménagements sont moins bien connus en raison de la présence de la voie de chemin de fer et d'un lit post-romain de la rivière, large et profond, qui a notamment endommagé le cimetière des *Tourbières* (fig. 12, 8) et le monument funéraire voisin (fig. 12, 7) et qui a été reconnu juste à l'ouest du moulin des *Tourbières* (fig. 12, 6 et 13). Peut-être connecté à l'aménagement à « armature » susmentionné, un bief étroit (fig. 12, 14 et 56), observé sur une longueur de 16 m, se déverse au bout du canal. Ses deux parois sont étayées par des planches de résineux retenues par des pieux de chêne. Cet aménagement est lui aussi daté des environs de 160 ap. J.-C. À l'intérieur de ce bief, en limite sud de l'emprise de la fouille, a été mise au jour l'extrémité d'une conduite en chêne, soit un court segment de tuyau monoxyle fiché dans un dé percé, lui-même obturé par un bouchon cylindrique (fig. 57). Ce dispositif a pu être daté des environs de 175 ap. J.-C. Il est difficile de se prononcer sur la fonction de ce bief et de cette conduite, mais on pourrait imaginer qu'ils aient servi à dériver vers le canal – en cas de crue ou pour les besoins de la zone d'activité en amont du canal – une partie des eaux de la rivière⁸⁶.

Un autre dispositif mis en évidence en 1990 mérite une attention particulière : il s'agit d'une double rangée parallèle de pieux de chêne de section importante, observée de façon discontinue sur près de 80 m entre le secteur du moulin néronien d'*En Chaplix* et la route du Nord-Est (fig. 12, 12 et 54, 5). L'écartement entre les deux rangées varie entre 1,40 et 1,95 m, alors que la distance entre les pieux de chaque rangée est, sur les tronçons où les mesures sont possibles, le plus souvent comprise entre 1,70 et 2,60 m. On peut relever que la section des poteaux est logiquement plus importante (env. 18/22 x 14/18 cm) dans le lit de la rivière (fig. 12, 5a) que sur le tronçon sur terre ferme au sud-est (env. 10/13 x

6/8 cm). Même si ses traces deviennent fugaces, le dispositif semble traverser la voie romaine juste au nord du pont avant d'obliquer vers l'ouest, comme pour éviter un tracé trop proche de la colonne de Silvain et Neptune, et de repartir vers le nord-ouest jusqu'à la hauteur de la «digue» décrite ci-dessus (fig. 12, 13 et 54, 6), où l'on perd sa trace. En 1990, cet aménagement énigmatique échappait encore à toute interprétation. En raison de sa datation aux environs de 160, nous proposons aujourd'hui de le mettre en relation avec le moulin contemporain des *Tourbières*. Il est en effet envisageable de voir dans cette double rangée de pieux l'infrastructure d'une canalisation d'amenée d'eau en bois. À partir d'une prise d'eau en amont de l'ancien moulin, à l'extérieur de l'emprise des fouilles, l'eau serait conduite en hauteur, franchirait le cours de la rivière, très large à cet endroit, traverserait ensuite la voie du Nord-Est avant de se diriger vers le moulin. L'absence de toute trace de cette canalisation sur la centaine de mètres séparant la «digue» du moulin pourrait en grande partie s'expliquer par les dégâts engendrés par la rivière postérieure, qui a totalement lessivé les niveaux de circulation antiques. On pourrait postuler sur ce tronçon la mise en place de la canalisation sur une infrastructure boisée implantée à faible profondeur, voire sur un simple remblai. Il se trouve qu'à l'ouest de la voie antique, jusqu'aux abords du moulin, les niveaux de circulation antiques sont restitués à une altitude constante d'env. 434,50 m, soit quasiment à celle proposée pour le fond du canal d'amenée.

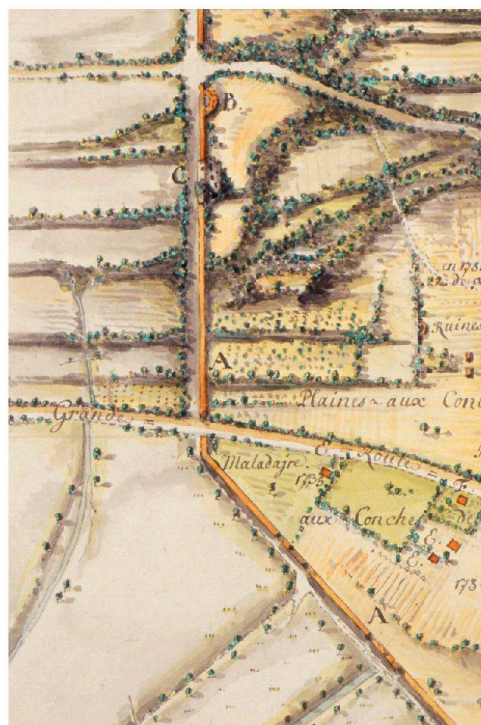
Les réflexions menées sur l'architecture du moulin des *Tourbières* nous ont en effet conduits à restituer, en l'absence de toute trace d'aménagement en amont immédiat de la construction et dans l'hypothèse d'une roue «de côté», une canalisation d'amenée dont le fond courrait à une altitude d'env. 434,60 m à l'arrivée sur la roue⁸⁷. Ce dispositif implique, est-il nécessaire de le souligner, une prise d'eau à une altitude supérieure. Or, d'après les observations de terrain, celle-ci ne semble pouvoir être atteinte qu'en amont du secteur exploré en 1990, ce qui a pour corollaire la construction d'un canal d'amenée de plus de 200 m ! On pourrait envisager une prise d'eau dans le coude supposé de la rivière au sud-est de l'ancien moulin d'*En Chaplix* (cf. fig. 1). Il n'est toutefois pas évident qu'un niveau d'eau suffisant ait pu y être assuré de façon pérenne. Une autre hypothèse peut toutefois être avancée : une source est connue sur le coteau du *Russalet*, juste à l'arrière de la ferme actuelle (cf. fig. 1, 15). Il ne fait guère de doute que cette source, au voisinage immédiat de la *pars urbana* du domaine, a été exploitée par les propriétaires de la *villa* antique toute proche. Elle jaillissait à l'altitude d'env. 455 m et générait jusqu'au XIX^e s. un petit ruisseau qui est à l'origine du toponyme du *Russalet* et qui figure notamment sur le plan dressé en 1786 par Erasmus Ritter (fig. 58). Descendant le coteau en direction du nord-ouest, le cours d'eau devait rejoindre le cours antique du Chandon non loin du moulin d'*En Chaplix*. On peut ainsi envisager que c'est l'eau de ce ruisseau qui ait été partiellement ou totalement captée puis conduite au moulin par la canalisation d'amenée aérienne décrite ci-dessus⁸⁸. La longueur totale du canal serait ainsi portée à près de 300 m ! Certes très lourde, une telle entreprise présenterait l'immense avantage de garantir une alimentation et un écoulement constants vers la meunerie.

Reste encore à discuter la question de la hauteur de la canalisation. Pour d'évidentes raisons de conservation, il est assez délicat de se prononcer. Nous avons dit que l'altitude d'arrivée au moulin devait être d'env. 434,60 m. Celle du départ, c'est-à-dire celle du captage, est inconnue, mais pourrait être plus élevée de quelques mètres pour autant que cet aménagement se situe à peu près à la hauteur de la route cantonale. Sur le tracé de la conduite tel que défini ci-dessus, le point crucial est le franchissement de la voie romaine de l'Est, juste au nord du pont. À cet emplacement, le niveau de circulation se situe à env. 434,40 m. On peut donc supposer que la canalisation traversait la route en hauteur, à un niveau suffisamment élevé pour ne pas entraver la circulation, soit au moins 2 m au-dessus

Fig. 58

Extrait du plan d'Avenches dessiné en 1786 par Erasmus Ritter, d'après le plan levé en 1769 par David Fornerod, «Commissaire géographe de Leurs Excellences de Berne». La source et le ruisseau du Russalet, franchi par la route de Berne, sont visibles à l'extérieur du mur d'enceinte. C : La tour de la Tornallaz.

Bern, Burgerbibliothek, inv. MSS. H.H.XXIa 91, n° 5.



⁸⁷ Cf. *supra*, p. 32-33.

⁸⁸ On ne peut d'ailleurs exclure que l'eau de ce même ruisseau ait auparavant déjà servi à faire tourner le moulin néronien d'*En Chaplix*.

de la voie. D'ailleurs, plusieurs pieux de section importante, appartenant manifestement à la double rangée de la conduite⁸⁹, sont présents dans la chaussée. D'autres ont dû exister, mais ils n'ont pas fait l'objet d'une quête systématique en 1990⁹⁰. La route étant le seul obstacle majeur sur son tracé présumé, la canalisation a pu être ramenée à une moindre hauteur après ce passage, ce qui pourrait expliquer l'absence apparente de pieux profondément implantés sur son dernier tronçon.

Tel qu'il est restitué, le dispositif d'alimentation en eau du moulin des *Tourbières* semble opérationnel. Toutefois, la mise en place de cette conduite aérienne, fragile au demeurant en raison de son exposition aux crues de la rivière, a dû être une opération compliquée et coûteuse. On peut s'interroger sur les raisons qui ont conduit les aménageurs du moulin à opter pour un emplacement aussi éloigné des points de prise d'eau et même de la voie du Nord-Est, mais cette question demeure pour l'heure sans réponse.

S'il ne fait guère de doute que l'installation des *Tourbières* a fonctionné en tant que moulin à céréales, la nature exacte des produits moulus est inconnue: aucun macroreste végétal significatif n'a en effet été mis en évidence dans les sédiments prélevés sur le site aux fins de tamisage.

Pour conclure, on peut encore souligner aux *Tourbières* la promiscuité des activités artisanales et économiques, représentées par le canal et le moulin, et des structures funéraires. Le cimetière, qui rassemble plus de 180 sépultures à incinération et à inhumation, n'est pas encore étudié, mais il ne fait aucun doute qu'il est utilisé durant la période de fonctionnement du moulin comme en témoignent les datations dendrochronologiques réalisées sur quelques cercueils bien conservés⁹¹.

Plus près du moulin des *Tourbières*, s'élevait encore un monument funéraire de plan quadrangulaire, élevé sur la riche sépulture à inhumation d'une jeune femme. La datation dendrochronologique de son cercueil de sapin n'est pas antérieure à 167 et se situe aux environs de 170⁹².

Si l'on évite autant que possible le voisinage des habitats et des zones cémétérielles, il n'est pas rare de rencontrer des sépultures dans des secteurs à vocation artisanale (ateliers, entrepôts, etc.), en particulier dans les faubourgs des grandes agglomérations, dont le développement ne paraît pas toujours très bien planifié.

89 L'un d'eux (B596) est daté par la dendrochronologie des environs de 160 ap. J.-C.

90 Il est vraisemblable que certains pieux aient été arrachés ou sciés après l'abandon de l'installation. Une dernière recharge de la route (fin du II^e ou III^e s. ap. J.-C.?) a ensuite été mise en place après un nouveau comblement du passage de la rivière sous le pont. Cf. *supra*, n. 84.

91 Blanc/Vuichard Pigueron 2007, p. 239; Vuichard Pigueron 2008. Les datations suivantes ont été proposées: pas antérieure à 184 ap. J.-C. (St 36), pas antérieure à 160 (St 101), pas antérieure à 181 (St 211) et pas antérieure à 155 (St 227). Réf. LRD07/R5949.

92 Blanc/Vuichard Pigueron 2007, p. 239-240. Réf. LRD07/R5906.

Fig. 59

Tableau synoptique des bois du moulin des Tourbières.

N° bois (B)	Inv. bois	Espèce	Type de débitage	Mise en œuvre	Série	Alt. sommet	Alt. base	Long. max. conservée (cm)	Section (cm)	Fig.
1	14401-1	chêne	poutre quadrangulaire	poteau vertical; fond plat	1	433,86	432,77	109	28 x 39	23
2	14401-2	chêne	poutre quadrangulaire avec départs de branches	poteau vertical; fond plat	1	433,85	432,77	108	28 x 33	23
3	14401-3	chêne	poutre quadrangulaire	poteau vertical; fond plat	1	433,88	432,71	117	26 x 30	23, 24
4	(14401-4)	chêne	poutre quadrangulaire	poteau vertical; fond plat	6	433,94	432,85	114	c. 34 x 50	
5	14401-5	chêne	poutre quadrangulaire	poteau vertical; fond plat	1	433,99	432,75	124	29 x 30	23
6	(14401-6)	chêne	planche sous dosse	planchette de calage, verticale	8	433,74	433,13	55	ép. 5,5	
7	(14401-7)	chêne	planche de cœur	planche horizontale, de chant	8	433,59	433,41	218	c. 5	
8	14401-8	chêne	circulaire avec fourche	poutre horizontale	8	433,80	433,47	65	22 x 28	
9	(14401-9)	chêne	circulaire (branche)	poteau vertical; fond plat	2	433,95	432,65	131	30 x 35	33
10	14401-10	chêne	poutre quadrangulaire	poteau vertical; fond plat	2	434,04	432,67	135	30 x 34	
11	14401-11	chêne	poutre quadrangulaire	poteau vertical; fond plat	2	433,94	432,64	128	31 x 32	
12	14401-12	chêne	poutre quadrangulaire avec départs de branches	poteau vertical; fond plat	2	433,95	432,81	114	25 x 30	62
13	14401-13	chêne	circulaire, travaillé	poutre échancrée horizontale	4	433,48	433,13	149	25 x 26, 15 x 28	29, 62
14	(14401-14)	chêne	planche	planche horizontale, de chant	4	433,35	433,25	48	c. 5	29
15	(14401-15)	chêne	planche sous dosse	planche horizontale	4	433,39	433,36	220	4 x 25	29
16	14401-16	chêne	demi tronc, fendu	poutre échancrée horizontale	4	433,52	433,16	172	23 x 32, 15 x 20	22, 33, 62
17	14401-17	chêne	quart de tronc, refendu	bois horizontal	5	433,10	432,80	77	29	29, 30, 33, 62
18	(14401-18)	chêne	(bois fragmenté)	bois disposé obliquement	5	433,48	433,05	66	max. 33	29, 30, 33
19	(14401-19)	sapin blanc	planche sous dosse	planche horizontale, de chant	4	433,62	433,33	280	7 x 24	29, 33
20	14401-20	chêne	planche sous dosse	planche horizontale, de chant	4	433,65	433,26	290	8 x 42	29, 33
21	14401-21	chêne	poutre quadrangulaire avec départs de branches	poteau vertical à mortaises, fond plat, en remploi	6	434,08	432,81	123	30 x 35	29, 33, 34, 63
22	14401-22	chêne	circulaire équarri	pieu à pointe taillée	3	434,06	432,00	209	22 x 23	29, 33, 63
23	14401-23	chêne	demi tronc, fendu	pieu à pointe taillée	3	433,86	432,29	195	20 x 22	26
25	14401-25	chêne	fendu	pieu à pointe taillée	3	434,03	431,82	230	25 x 35	29, 63
26	14401-26	chêne	circulaire équarri	pieu à pointe taillée	3	433,94	432,04	195	20 x 30	29, 63
27	(14401-27)	chêne	demi tronc, fendu	élém. «flotté», déplacé	non situé	-	-	-	-	
28	(14401-28)	chêne	planche sous dosse	planchette de calage, oblique	5	433,23	433,04	25	max. 5	29, 30
29	(14401-29)	chêne	quart de tronc, refendu	élém. déplacé (déblais)	non situé	-	-	65	32 x 36	
30	14401-30	chêne	demi tronc, fendu	pieu à pointe taillée	3	434,04	432,20	178	18 x 25	10, 64
31	14401-31	chêne	circulaire équarri	poutre échancrée horizontale	7	433,38	433,11	270	max. 26	64
32	14401-32	chêne	circulaire équarri	poutre échancrée horizontale	7	-	-	278	12 x 25	64
33	14401-33	chêne	refendu	poutre échancrée horizontale	7	433,25	c. 433,15	182	10 x 15	64
34	(14401-34)	chêne	refendu	extrémité de B 33 ?	7	433,24	-	62	max. 12	
35	14401-35	chêne	poutre quadrangulaire	poteau vertical; fond plat	10	433,75	c. 432,85-	95	max. 32	
36	(14401-36)	chêne	fragment	élém. «flotté», déplacé	non situé	-	-	c. 40	c. 15	
37	14401-37	chêne	poutre quadrangulaire	poteau vertical; fond plat	1	434,27	432,88	139	39 x 42	25
38	14401-38	chêne	poutre quadrangulaire	poteau vertical; fond plat	1	434,35	433,39	95	40 x 44	

N° bois (B)	Inv. bois	Espèce	Type de débitage	Mise en œuvre	Série	Alt. sommet	Alt. base	Long. max. conservée (cm)	Section (cm)	Fig.
39	14401-39	chêne	poutre quadrangulaire	poteau vertical; fond plat, avec pierres de calage	9	434,34	433,22	112	43 x 45	35
40	(14401-40)	chêne	circulaire équerri	bois vertical; fond plat	9	434,16	433,77	max. 39	max. 37	
41	(14401-41)	chêne	circulaire équerri avec fourche	poteau vertical; fond plat	10	434,13	433,27	83	24 x 38	
42	14401-42	chêne	poutre quadrangulaire avec départs de branches	poteau vertical; fond plat	10	434,04	433,46	57	31 x 35	
43	14401-43	chêne	circulaire équerri	poteau vertical; fond plat	2	434,00	432,87	110	29 x 29	14, 21
44	14401-44	chêne	demi tronc, fendu	poteau vertical; fond plat	2	434,00	432,83	118	31 x 32	65
45	(14401-45)	chêne	fourche	poteau vertical; base en biseau	10	434,07	433,28	79	24 x 38	
46	(14401-46)	chêne	quart de tronc, refendu	poteau vertical; fond plat	5	433,92	433,12	79	14 x 14	31
47	14401-47	chêne	fendu	pieu à pointe taillée	3	433,89	431,88	201	16 x 30	26
48	(14401-48)	chêne	circulaire équerri	bois vertical; fond plat	5	433,80	433,31	48	36	31
49	14401-49	chêne	poutre quadrangulaire	bois vertical, incliné; fond plat	5	434,14	433,63	80	39 x 41	32
50	14401-50	chêne	poutre quadrangulaire	bois vertical; fond plat	10	434,16	433,22	95	35 x 40	
51	(14401-51)	chêne	circulaire équerri	pieu à pointe taillée	3	433,44	432,31	120	15 x 21	27
52	14401-52	chêne	fendu	pieu à pointe taillée	3	434,04	431,91	214	20 x 30	27, 32
53	(14401-53)	chêne	circulaire équerri	pieu à pointe taillée	3	434,08	432,40	163	17 x 17	14, 26
54	14401-54	chêne	poutre quadrangulaire avec départs de branches	poteau vertical; fond plat	2	434,06	432,83	126	35 x 35	
55	14401-55	chêne	fendu	pieu à pointe taillée	3	434,06	431,83	226	20 x 27	26, 65
56	(14401-56)	chêne	circulaire équerri	pieu à pointe taillée	3	433,64	432,07	157	12 x 15	26
57	(14401-57)	chêne	-	planchette brûlée, horizontale (non prélevée)	11	433,73	433,68	47	0,5	
58	14401-58	chêne	poutre quadrangulaire	bois horizontal avec encoche	11	433,69	c. 433,30	88	36 x 36	65
59	14401-59	chêne	circulaire équerri avec départ de branche	poteau vertical; fond plat	1	433,94	432,77	116	32 x 36	25
60	(14401-60)	chêne	-	planchette, horizontale (non prélevée)	11	433,54	433,53	40	0,3	
61	(14401-61)	chêne	planche sous dosse	bois vertical; planche	5	434,00	433,61	40	10	
62	14401-62	chêne	poutre quadrangulaire	poteau vertical; fond plat	10	434,16	432,96	118	56 x 70	36, 65
63	(14401-63)	sapin blanc	poutre quadrangulaire	déchet de bois	11	433,36	432,91	44	25 x 39	
64	(14401-64)	chêne	fragment quadrangulaire ?	déchet de bois	11	433,34	-	20	-	
65	(14401-65)	-	-	planche horizontale (non prélevée)	8	433,28	-	128	0,4	
66	(14401-66)	chêne	planche sous dosse	planchette horizontale	5	433,82		59	max. 4	
67	(14401-67)	chêne	planche sous dosse	planchette horizontale	5	433,29	433,22	48	max, 6,2	31
68	14401-68	sapin blanc	-	planchette horizontale	5	433,09	433,08	52 x 20	max. 1	31
69	(14401-69)	chêne	planche de cœur	planche horizontale	4	433,41	433,34	310	7 x 30	29
70	(14401-70)	chêne	planche sous dosse, fragment	planchette horizontale	5	433,29	433,23	31	max. 5,5	

Les n°s d'inventaire entre parenthèses signalent les bois qui n'ont pas été prélevés ou n'ont pas été conservés après analyse dendrochronologique

Sections illustrant les modes de débitage des bois.

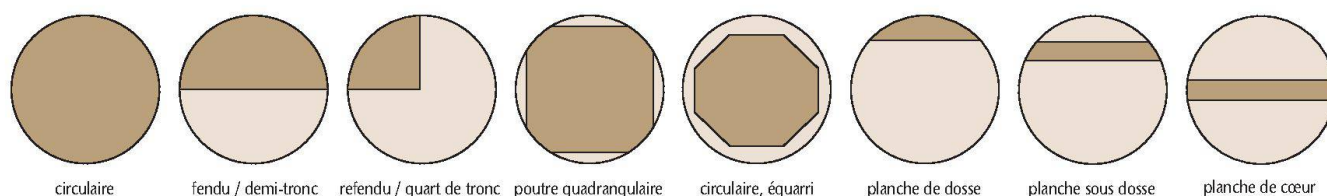


Fig. 60

Tableau synoptique des bois du moulin des Tourbières incluant les données dendrochronologiques.

N° bois (B)	Espèce	Mise en œuvre	Série	Type de débitage	Nombre de cernes mesurés	Date du cerne mesuré le plus récent	Groupe écol.	Date d'abattage estimée
1	chêne	poteau vertical; fond plat	1	poutre quadrangulaire	124	148	6003	aux environs de 173
2	chêne	poteau vertical; fond plat	1	poutre quadrangulaire avec départs de branches	130	122	6003	aux environs de 173
3	chêne	poteau vertical; fond plat	1	poutre quadrangulaire	124	117	6005	pas antérieure à 161
4	chêne	poteau vertical; fond plat	6	poutre quadrangulaire	152	136	6002	aux environs de 161
5	chêne	poteau vertical; fond plat	1	poutre quadrangulaire	36	-	-	-
6	chêne	planchette de calage, verticale	9	planche sous dosse	75	132	6008	aux environs de 169
7	chêne	planche horizontale, de chant	9	planche de cœur	68	76	6009	aux environs de 152
8	chêne	poutre horizontale	9	circulaire avec fourche	150	144	6008	aux environs de 169
9	chêne	poteau vertical; fond plat	2	circulaire, branche	49	-	-	-
10	chêne	poteau vertical; fond plat	2	poutre quadrangulaire	90	120	6001	aux environs de 159
11	chêne	poteau vertical; fond plat	2	poutre quadrangulaire	132	136	6002	aux environs de 161
12	chêne	poteau vertical; fond plat	2	poutre quadrangulaire avec départs de branches	97	112	6009	aux environs de 152
13	chêne	poutre échancrée horizontale	4	circulaire, travaillé	119	120	6004	pas antérieure à 156
14	chêne	planche horizontale, de chant	4	planche	-	-	-	-
15	chêne	planche horizontale	4	planche sous dosse	37	125	6001	aux environs de 159
16	chêne	poutre échancrée horizontale	4	demi-tronc, fendu	84	100	6000	aux environs de 157
17	chêne	bois horizontal	5	quart de tronc, refendu	71	124	6007	aux environs de 150
18	chêne	bois disposé obliquement	5	bois fragmenté	126	105	6001	aux environs de 159
19	chêne	planche horizontale, de chant	4	planche sous dosse	32	-	-	-
20	chêne	planche horizontale, de chant	4	planche sous dosse	86	131	6002	aux environs de 161
21	chêne	poteau vertical à mortaises, fond plat, en remploi	6	poutre quadrangulaire avec départs de branches	78	76	6001	aux environs de 159
22	chêne	pieu à pointe taillée	3	circulaire, équarri	100	97	6005	pas antérieure à 161
23	chêne	pieu à pointe taillée	3	demi-tronc, fendu	74	69	6000	aux environs de 157
25	chêne	pieu à pointe taillée	3	fendu	133	134	6010	aux environs de 159
26	chêne	pieu à pointe taillée	3	circulaire, équarri	76	93	6002	aux environs de 161
27	chêne	élém. «flotté», déplacé	-	demi-tronc, fendu	100	102	6003	aux environs de 173
28	chêne	planchette de calage, oblique	5	planche sous dosse	86	128	6000	aux environs de 157
29	chêne	élém. déplacé (déblais)	-	quart de tronc, refendu	132	125	6007	aux environs de 150
30	chêne	pieu à pointe taillée	3	demi-tronc, fendu	95	89	6000	aux environs de 157
31	chêne	poutre échancrée horizontale	7	circulaire, équarri	91	96	6000	aux environs de 157
32	chêne	poutre échancrée horizontale	7	circulaire, équarri	117	102	6004	pas antérieure à 156
33	chêne	poutre échancrée horizontale	7	refendu	123	116	6000	aux environs de 157
34	chêne	extrémité de B 33 ?	7	refendu	59	117	6002	aux environs de 161
35	chêne	poteau vertical; fond plat	8	poutre quadrangulaire	130	127	6009	aux environs de 152
36	chêne	élém. «flotté», déplacé	-	fragment	36	90	6006	pas antérieure à 115
37	chêne	poteau vertical; fond plat	1	poutre quadrangulaire	144	134	6001	aux environs de 159
38	chêne	poteau vertical; fond plat	1	poutre quadrangulaire	154	129	6000	aux environs de 157
39	chêne	poteau vertical; fond plat	8	poutre quadrangulaire	144	132	6000	aux environs de 157
40	chêne	bois vertical; fond plat	8	circulaire, équarri	95	131	6001	aux environs de 159
41	chêne	poteau vertical; fond plat	8	circulaire, équarri, avec fourche	144	130	6004	pas antérieure à 156
42	chêne	poteau vertical; fond plat	8	poutre quadrangulaire avec départs de branches	104	118	6001	aux environs de 159
43	chêne	poteau vertical; fond plat	2	circulaire, équarri	134	135	6005	pas antérieure à 161
44	chêne	poteau vertical; fond plat	2	demi-tronc, fendu	130	122	6000	aux environs de 157
45	chêne	poteau vertical; base en biseau	8	fourche	101	131	6004	pas antérieure à 156
46	chêne	poteau vertical; fond plat	5	quart de tronc, refendu	127	122	6008	aux environs de 169
47	chêne	pieu à pointe taillée	3	fendu	108	124	6001	aux environs de 159
48	chêne	bois vertical; fond plat	5	circulaire, équarri	101	127	6009	aux environs de 152
49	chêne	bois vertical/incliné; fond plat	5	poutre quadrangulaire	131	125	6000	aux environs de 157
50	chêne	bois vertical; fond plat	8	poutre quadrangulaire	121	105	6003	aux environs de 173
51	chêne	pieu à pointe taillée	3	circulaire, équarri	57	47	6006	pas antérieure à 115
52	chêne	pieu à pointe taillée	3	fendu	50	57	6006	pas antérieure à 115
53	chêne	pieu à pointe taillée	3	circulaire, équarri	68	106	6002	aux environs de 161
54	chêne	bois vertical; fond plat	2	poutre quadrangulaire avec départs de branches	144	136	6005	pas antérieure à 161

N° bois (B)	Espèce	Mise en œuvre	Série	Type de débitage	Nombre de cernes mesurés	Date du cerne mesuré le plus récent	Groupe écol.	Date d'abattage estimée
55	chêne	pieu à pointe taillée	3	fendu	104	112	6004	pas antérieure à 156
56	chêne	pieu à pointe taillée	3	circulaire, équarri	91	80	6005	pas antérieure à 161
57	chêne	planchette horizontale, non prélevée	10	planche	-	-	-	-
58	chêne	bois horiz.; poutre, support,...	9	poutre quadrangulaire	134	109	6000	aux environs de 157
59	chêne	poteau vertical; fond plat	1	circulaire, équarri, avec départ de branche	128	129	6008	aux environs de 169
60	chêne	planchette horizontale, non prélevée	10	planche	-	-	-	-
61	chêne	bois vertical; planche	5	planche sous dosse	75	117	6002	aux environs de 161
62	chêne	bois vertical; fond plat	8	poutre quadrangulaire	78	145	bois isolé	aux environs de 170
63	sapin	déchet de bois	10	poutre quadrangulaire	133	163	bois isolé	pas antérieure à 163
64	chêne	déchet de bois	10	fragment	67	87	6000	aux environs de 157
65	-	planchette horizontale, non prélevée	9	planche	-	-	-	-
66	chêne	planchette horizontale	5	planche sous dosse	68	84	6006	pas antérieure à 115
67	chêne	planchette horizontale	5	planche sous dosse	89	115	6010	aux environs de 159
68	sapin	planchette horizontale	5	planchette	-	-	-	-
69	chêne	planche horizontale	4	planche de cœur	58	49	6006	pas antérieure à 115
70	chêne	planchette horizontale	5	planche sous dosse (fragm.)	55	129	6010	aux environs de 159

En jaune, échantillon proche de la limite duramen / aubier
 Nombre de cernes virtuel comptabilisé dans l'aubier : 25 ans



Fig. 61

Les bois du moulin des *Tourbières* en attente de leur traitement en vue de leur conservation (septembre 2007).

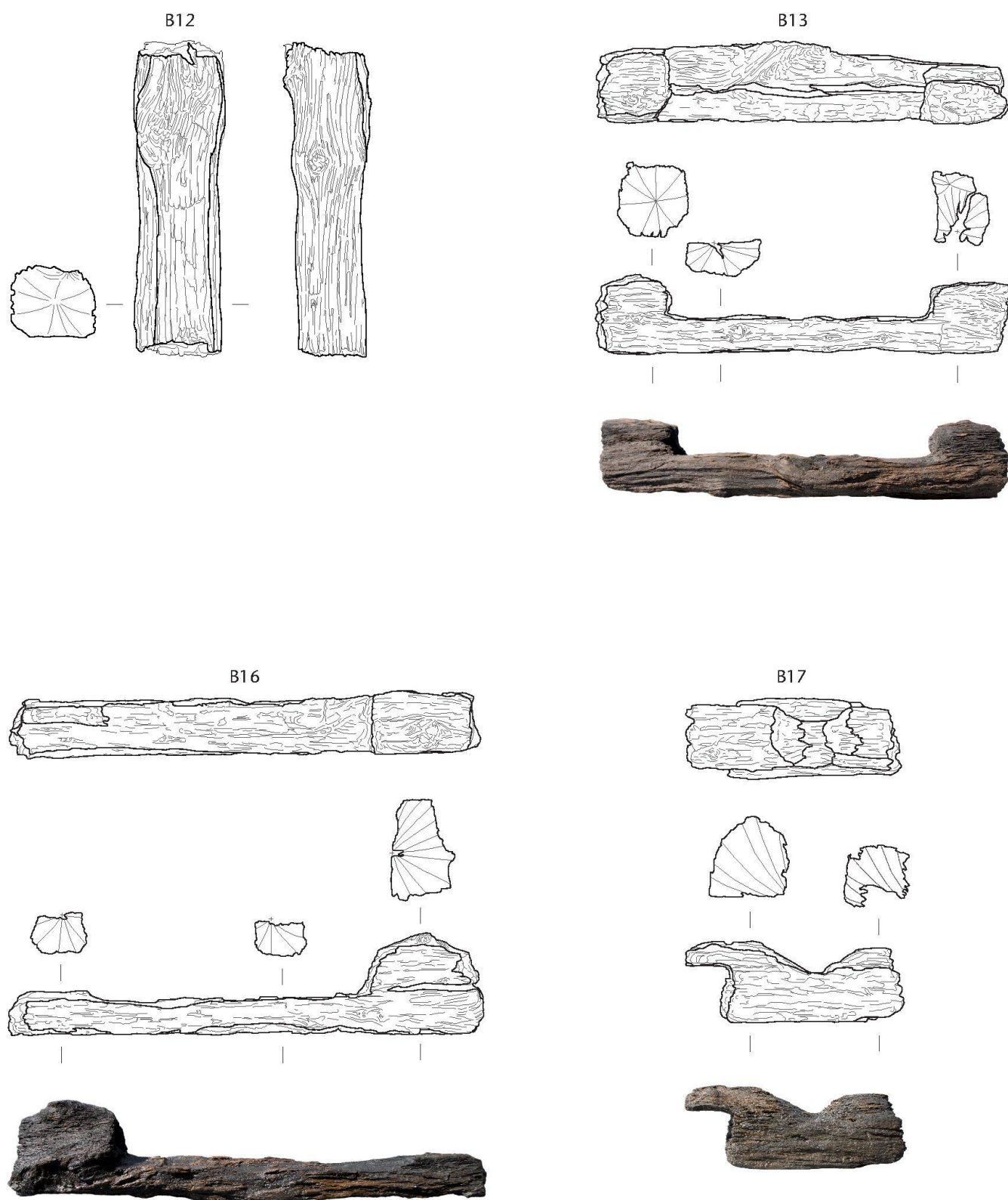


Fig. 62
Moulin hydraulique des Tourbières. Le bois.

Échelle 1:20

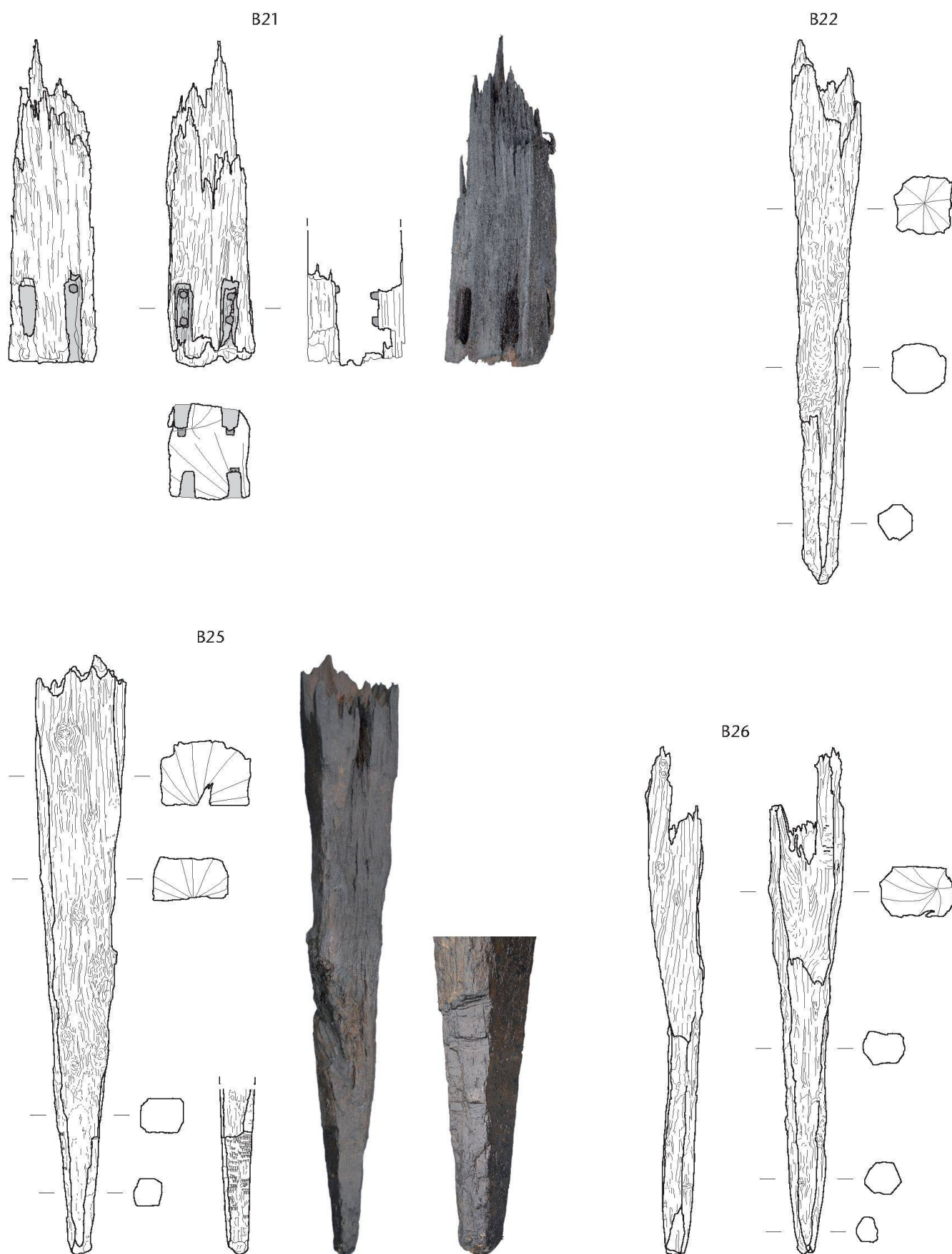


Fig. 63
Moulin hydraulique des *Tourbières*. Le bois.

Échelle 1:20 (détail B25 : env. 1:10)

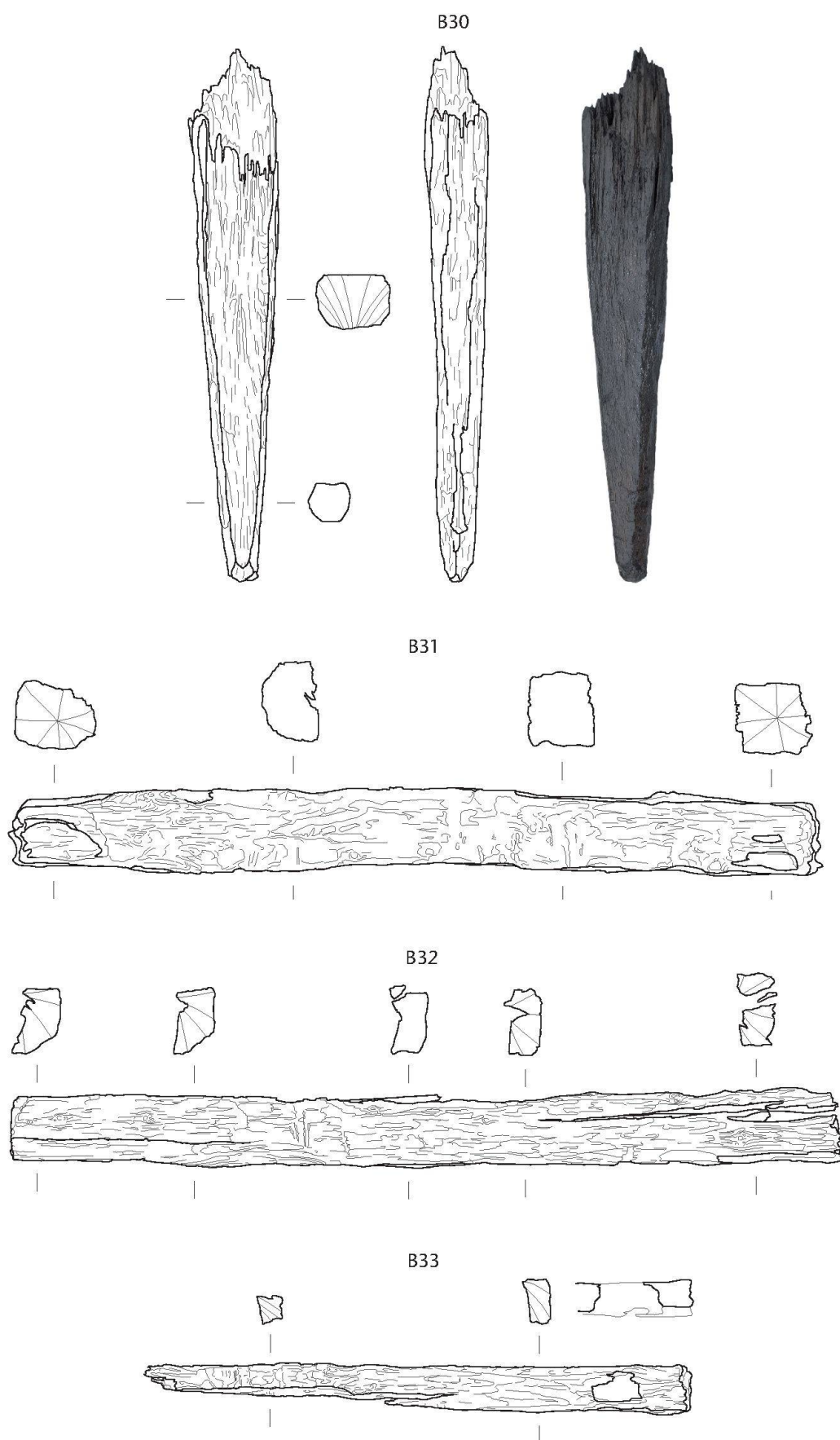


Fig. 64
Moulin hydraulique des Tourbières. Le bois.

Échelle 1:20

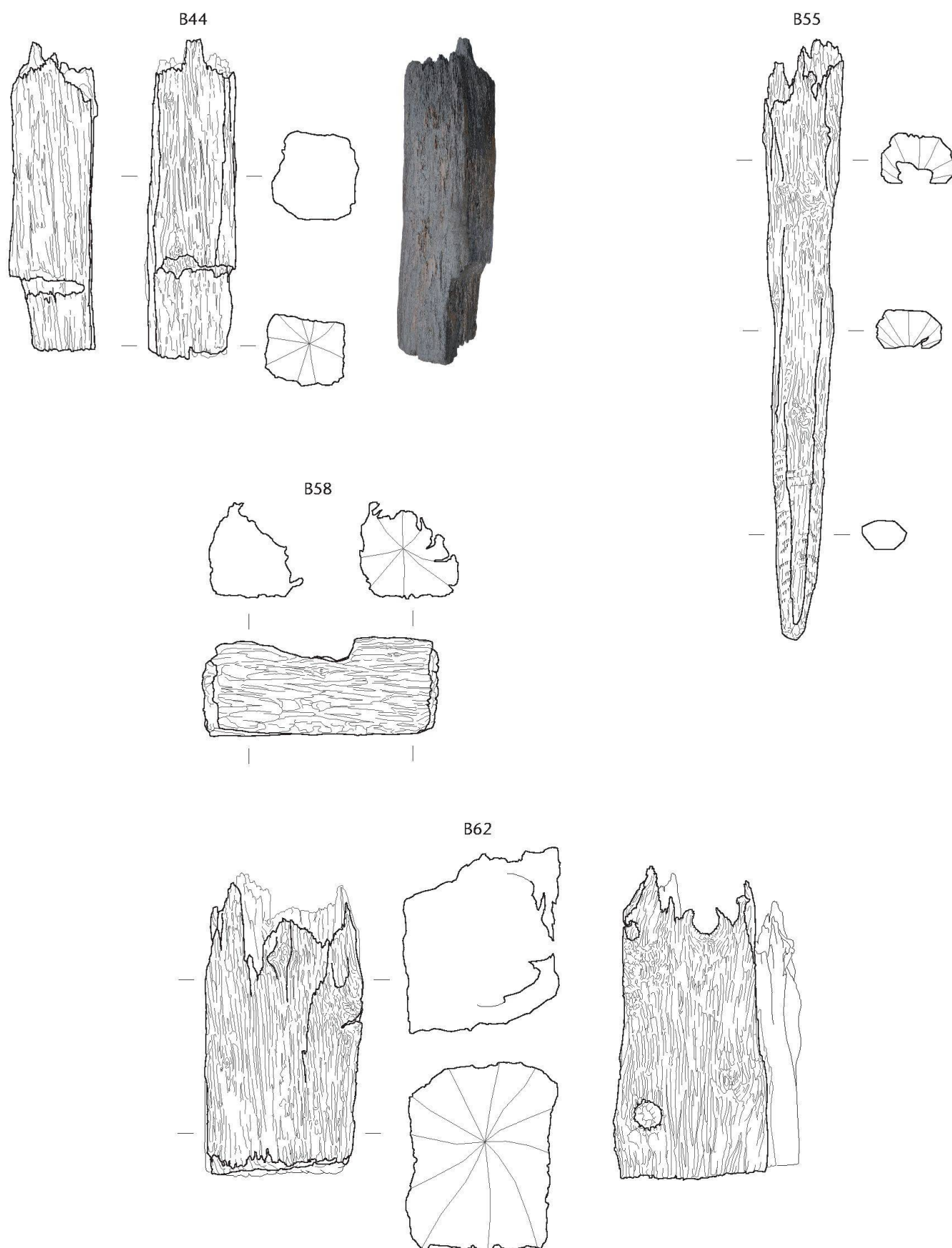


Fig. 65
Moulin hydraulique des Tourbières. Le bois.

Échelle 1:20

Bibliographie

Revues, séries et sigles

- AS
Archéologie suisse, Bâle.
- Bjb
Bonner Jahrbücher, Bonn.
- BPA
Bulletin de l'association Pro Aventico, Avenches.
- CAR
Cahiers d'archéologie romande, Lausanne.
- CRAI
Comptes rendus de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, Paris.
- HA
Helvetia Archaeologica, Zurich.
- MRA
Musée romain d'Avenches.
- RACF
Revue archéologique du Centre de la France, Tours.
- RAE
Revue archéologique de l'Est et du Centre-Est, Dijon.

Monographies et articles

- Amouretti 1987
M.-C. Amouretti, La diffusion du moulin à eau dans l'Antiquité, un problème mal posé, in: A. de Réparaz (éd.), *L'eau et les hommes en Méditerranée*, Actes du colloque du GIS (1984), Paris, 1987, p. 13-23.
- Arnold 2009
B. Arnold, A Gallo-Roman Naval Building Yard at Avenches/En Chaplix, in: R. Bockius (ed.), *Between the Seas. Transfer and Exchange in Nautical Technology*, 11th International Symposium on Boat and Ship Archaeology (Mainz, Germany, 25-29 September 2006) (RGZM-Tagungen 3), Mainz, 2009, p. 167-176.
- Anderson et al. 2004
T. J. Anderson, D. Castella, C. Doswald, D. Villet, Meules à bras et meules hydrauliques en Suisse romaine: répartition et pétrographie, *Minaria Helvetica* 24, 2004, p. 3-16.
- Baatz 1995
D. Baatz, Die Wassermühle bei Vitruv X 5,2. Ein archäologisches Kommentar, *Saalburg-Jahrbuch* 48, 1995, p. 5-18.
- Bennett et al. 2010
P. Bennett, I. Riddler, Ch. Sparey-Green, *The Roman Watermills and Settlement at Ickham, Kent* (Archaeology of Canterbury New Series 5), Canterbury, 2010.
- Benoit 1940
F. Benoit, L'usine de meunerie gallo-romaine de Barbegal (Arles), *Revue archéologique* 15, 1940, p. 19-80.
- Blanc/Vuichard Pigueron 2007
P. Blanc, N. Vuichard Pigueron, Chronique des fouilles archéologiques 2007. 6. Avenches/Les Tourbières, *BPA* 49, 2007, p. 235-243.
- Bloch 1935
M. Bloch, Avènement et conquête du moulin à eau, *Annales d'histoire économique et sociale* 36, 1935, p. 538-563.
- Bonnet 1982
F. Bonnet, Le canal romain d'Avenches: rapport sur les fouilles exécutées en 1980 et 1981, *BPA* 27, 1982, p. 3-55.
- Brun 2004
J.-P. Brun, Un moulin hydraulique dans la villa romaine de Saint-Michel à La Garde, *Revue du Centre archéologique du Var*, 2004, p. 78-86.
- Brun 2006
J.-P. Brun, L'énergie hydraulique durant l'Empire romain: quel impact sur l'économie agricole?, in: E. Lo Cascio (dir.), *Innovazione tecnica e progresso economico nel mondo romano*, Actes du colloque international de Capri, 13-16 avril 2003, Bari, 2006, p. 101-130.
- Brun 2007
J.-P. Brun, Les moulins hydrauliques en Italie romaine, in: Brun/Fiches (éd.) 2007, p. 201-214.
- Brun/Borréani 1998
J.-P. Brun, M. Borréani, Deux moulins hydrauliques du Haut-Empire romain en Narbonnaise, *Gallia* 55, 1998, p. 279-326.

Brun/Fiches (éd.) 2007

J.-P. Brun, J.-L. Fiches (éd.), *Énergie hydraulique et machines élévatrices d'eau durant l'Antiquité*, Actes du colloque international de Vers-Pont-du-Gard (20-22 septembre 2006) (Collection du Centre Jean Bérard 27), Naples, 2007.

Buchsenschutz et al. (dir.) 2011

O. Buchsenschutz, L. Jaccottey, F. Jodry, J.-L. Blanchard (dir.), *Évolution typologique et technique des meules du Néolithique à l'an mille*. Actes des III^{es} rencontres archéologiques de l'Archéosite gaulois (2-4 octobre 2009) (*Aquitania*, suppl. 23), Bordeaux, 2011.

Castella 1994

D. Castella, avec la collab. de E. et P.-A. Bezat, F. Eschbach, F. E. Koenig, Ch. Martin, A. et Ch. Orcel, V. Serneels et J. Tercier, *Le moulin hydraulique gallo-romain d'Avenches «En Chaplix»*. Fouilles 1990-1991 (CAR 62, *Aventicum* VI), Lausanne, 1994.

Castella 2008

D. Castella, «Mon père, ce héros!». Sanctuaires liés à des structures funéraires à Avenches et dans les provinces du nord-ouest de l'Empire, in: D. Castella, M.-F. Meylan Krause (dir.), *Topographie sacrée et rituels. Le cas d'Aventicum, capitale des Helvètes*, Actes du colloque international d'Avenches (2-4 novembre 2006) (*Antiqua* 43), Bâle, 2008, p. 103-120.

Castella/Anderson 2004

D. Castella, T. J. Anderson, Les meules du Musée romain d'Avenches, *BPA* 46, 2004, p. 115-169.

Castella/Meylan Krause 1994

D. Castella, M.-F. Meylan Krause, La céramique gallo-romaine d'Avenches et de sa région. Esquisse d'une typologie, *BPA* 36, 1994, p. 1-126.

Champagne et al. 1997

F. Champagne, A. Ferdière, Y. Riallino, Re-découverte d'un moulin à eau augustéen sur l'Yèvre (Cher), *RACF* 36, 1997, p. 157-160.

Czys 1993

W. Czys, Eine bajuwarische Wassermühle im Paartal bei Dasing, *Das archäologische Jahr in Bayern* 1993, p. 124-139.

Dragendorff 1895-1896

H. Dragendorff, Terra sigillata, *Bjb* 96, 1895, p. 18-155; 97, 1896, p. 54-163.

Duvauchelle 1999

A. Duvauchelle, Un atelier de métallurgie du plomb du Bas-Empire à Avenches/En Selley. Investigations 1997, *BPA* 41, 1999, p. 133-146.

Duvauchelle 2008

A. Duvauchelle, L'utilisation du plomb dans l'hydraulique d'Aventicum, *BPA* 50, 2008, p. 187-252.

Eschbach/Castella 1995

F. Eschbach, D. Castella et al., L'atelier de tuiliers d'Avenches En Chaplix, *BPA* 37, 1995, p. 143-188.

Gähwiler 1984

A. Gähwiler, Römische Wasserräder aus Hagendorn, *HA* 57/60, 1984, p. 145-168.

Gähwiler/Speck 1991

A. Gähwiler, J. Speck, Die römische Wassermühle von Hagendorn bei Cham ZG. Versuch einer Rekonstruktion, *HA* 86, 1991, p. 34-75.

Guillaumet/Laude 2009

J.-P. Guillaumet, G. Laude, *L'art de la serrurerie gallo-romaine. L'exemple de l'agglomération de Vertault (France, Côte-d'Or)*, (Art et archéologie & patrimoine), Dijon, 2009.

Jaccottey/Labeaune 2010

L. Jaccottey, R. Labeaune, Découverte d'un moulin hydraulique antique à Longvic (Côte-d'Or), *RAE* 59, 2010, p. 665-668.

Leveau 1995

Ph. Leveau, Les moulins de Barbegal, les ponts-aqueducs du vallon des Arcs et l'histoire naturelle de la vallée des Baux. Bilan de six ans de fouilles programmées, *CRAI*, 1995, p. 115-144.

Leveau 2007

Ph. Leveau, Les moulins de Barbegal 1986-2006, in: Brun/Fiches (éd.) 2007, p. 185-199.

Longepierre 2007

S. Longepierre, L'apport des meules à la connaissance des moulins hydrauliques romains en Languedoc, in: Brun/Fiches (éd.) 2007, p. 167-183.

Longepierre 2011

S. Longepierre, Moulins manuels, à sang et hydrauliques durant l'Antiquité dans le Sud-Est de la France: essai de définition, in: Buchsenschutz et al. (dir.) 2011, p. 81-94.

Mauné et al. 2007

S. Mauné, R. Bourgaut, J.-L. Paillet et al., Un moulin hydraulique du II^e siècle après J.-C. dans l'établissement de L'Auribelle Basse (Pézenas, Hérault), in: Brun/Fiches (éd.) 2007, p. 115-148.

Mazur 2010

A. Mazur, Les fibules romaines d'Avenches II, *BPA* 52, 2010, p. 27-108.

Romeuf 1978

A.-M. Romeuf, Un moulin à eau gallo-romain aux Martres-de-Veyre (Puy-de-Dôme), *Revue d'Auvergne* 92.2, 1978, p. 23-41.

Simpson 1976

G. Simpson, *Water-Mills and Military Works on Hadrian's Wall. Excavations in Northumberland 1907-1913* by G. Simpson, Kendal, 1976.

Vernhet 1976

A. Vernhet, Création flavienne de six services de vaisselle à la Graufesenque, *Figlina* 1, 1976, p. 13-27.

Volpert et al. 1997

H.-P. Volpert, J. Peters, W. Schmid, Die römische Wassermühle einer villa rustica in München-Perlach, *Bayerische Vorgeschichtsblätter* 62, 1997, p. 243-278.

Vuichard Piguéron 2008

N. Vuichard Piguéron, 2008.05 – Nécropole des Tourbières, Chronique des fouilles archéologiques 2008, *BPA* 50, 2008, p. 265-267.

Wikander 1979

Ø. Wikander, Water-Mills in Ancient Rome, *Opuscula Romana* 12, 1979, p. 13-36.

Wikander 1981

Ø. Wikander, The Use of Water-Power in Classical Antiquity, *Opuscula Romana* 13, 1981, p. 91-104.

Wikander 1984

Ø. Wikander, *Exploitation of Water-Power or Technological Stagnation? A Reappraisal of the Productive Forces in the Roman Empire*, Lund, 1984.

Wikander 1985

Ø. Wikander, Archaeological Evidence for Early Watermills. An Interim Report, *History of Technology* 10, 1985, p. 151-179.

Wikander (dir.) 2000

Ø. Wikander (dir.), *Handbook of Ancient Water Technology*, Leyden/Boston/Köln, 2000.

Wilson 2002

A. Wilson, Machines, Power and Ancient Economy, *Journal of Roman Studies* 92, 2002, p. 1-32.

Crédit des illustrations

Fig. 1

Photo aérienne Swisstopo.

Fig. 2, 5, 8, 9, 12, 41, 53, 54

Dessins MRA, D. Castella.

Fig. 3, 6, 9-11, 13, 17, 19, 21, 23, 24, 27, 28, 30, 32, 34-36, 55-57, 61-65

Photos MRA.

Fig. 4, 14, 25, 26, 29, 31, 33, 46, 50, 51

Dessins MRA, Ph. Bürli.

Fig. 7

Aquarelle B. Gubler, Zurich.

Fig. 16, 18, 22, 52

Dessins MRA, L. Francey, D. Castella.

Fig. 20, 37, 38

Modélisation numérique MRA, L. Francey.

Fig. 39

Modélisation numérique MRA, L. Francey; dessin MRA, Ph. Bürli.

Fig. 42, 43, 62-65

Dessins MRA, L. Francey.

Fig. 58

Bern, Burgerbibliothek, inv. MSS. H.H.XXla 91, n° 5.

Fig. 42, 43

Dessins MRA, L. Francey.