

ISIS

AN INTERNATIONAL REVIEW
DEVOTED TO THE HISTORY OF
SCIENCE AND CIVILIZATION

FOUNDED AND EDITED BY GEORGE SARTON

VOLUME 38 · 1947—1948

OFFICIAL QUARTERLY JOURNAL
OF THE HISTORY OF SCIENCE SOCIETY

La meunerie de Barbegal (France) et
les roues hydrauliques chez les
anciens et au moyen âge

PAR C. L. SAGUI

DANS un mémoire de 1940 F. Benoit¹ nous parle de l'importante meunerie hydraulique de Barbegal, dont les restes imposants témoignent aujourd'hui encore de l'importance industrielle de cette usine gallo-romaine.

En cette étude je ne ferai qu'une courte analyse technique de la meunerie en ques-

Benoit, F.: L'usine de meunerie hydraulique de Barbegal: *Rev. Arch.*, pp. 19-80, Paris, 1940.



Meunerie gallo-romaine de Barbegal, près d'Arles, avec deux séries de roues hydrauliques de huit roues chacune et actionnant globalement 32 moulins avec une production de 28 tonnes de farine en 24 heures

tion, en y ajoutant quelques détails sur l'emploi des roues hydrauliques chez les anciens et au Moyen âge.

L'eau, come force motrice, fut largement utilisée au Moyen âge, ainsi qu'elle le fut aux temps des Grecs et des Romains. De ces derniers il nous restent quelques débris archéologiques, parfois très importants, comme c'est le cas pour la meunerie gallo-romaine de Barbegal, près d'Arles. L'eau qui l'actionnait arrivait par un aqueduc qui, d'après Benoit, captait les sources de Mausane et des Baux, au sud des Alpilles. A la vérité il paraît bien qu'on utilisait par contre l'eau de la Durance puisqu'à l'époque romaine ce fleuve, suivant Barral,² passait au Sud des Alpilles en continuant vers Barbegal. En effet les cailloux de la Grau sont identiques à ceux du lit actuel de la Durance.

On utilisait pour la meunerie la pente d'une colline inclinée d'environ 30° , donnant une différence de niveau de 20 mètres entre le canal d'arrivée et le canal de fuite. L'aqueduc aboutissait à un bassin de répartition alimentant deux séries de chute, de m.2,5 chacune, ce qui permettait le fonctionnement simultané de 16 roues hydrauliques à augets de m.2.10 de diamètre et larges d'environ m.0,70. L'aqueduc à l'arrivée au bassin de répartition avait une largeur de m. 80 et, d'après des traces laissées, l'eau y avait une hauteur de m.0,50.

La portée de cet aqueduc était, d'après mes calculs, d'environ un mètre cube d'eau par seconde, ce qui donnait une puissance d'environ 260 HP. La puissance utile de chaque roue hydraulique à augets n'était cependant que de onze chevaux-vapeur, car le rendement de ces roues n'est que de 65% au maximum. Les meules en basalte de cette usine avaient un diamètre de m.0.90 et pesaient 1050 Kg. le mètre carré. Une meule pareille de nos jours, avec ventilateur, du poids de 850 Kg/m², peut moulin environ 40 Kg. de blé par heure.³ Les meules de Barbegal par conséquent devaient moulin 45 Kg. de blé par heure, en faisant environ un tour par seconde.

Bélicor⁴ nous dit qu'une meule pesant 2170 Kg., ayant un diamètre de m.1.90 et

² Barral: *Vues Générales d'un projet de canal d'encaissement pour la Durance, du Cante-Perdrix, au Bac de Mirabeau, Marseille, 1792.*

³ Mazzocchi, B.: *Memoriale tecnico*, p. 514.

⁴ Bélicor, *Arch. Hydr.*, vol. 1, L. II, p. 283, Paris, 1737.

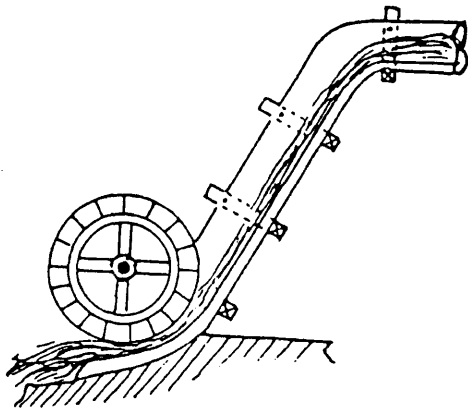


FIG. 1

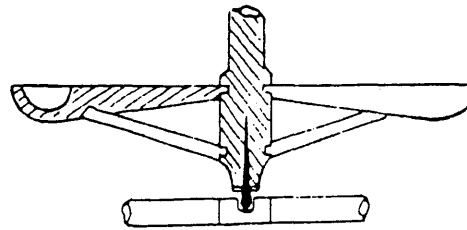


FIG. 2

une vitesse de 53 tours par minute, peut mouler en 24 heures 120 septiers de 75 livres chacun. Cela nous fait environ 200 Kg. par heure. La surface d'une pareille meule étant de m²2,75 le poids du mètre carré est de Kg. 862. ce qui nous donne pour une meule de m.o.90 de diamètre du même poids par unité de surface, Kg. 44 de blé moulu en une heure.

L'usine de Barbegal avec deux séries de roues de 8 roues chacune, pouvait faire marcher 32 meules à la fois puisque la puissance absorbée par chaque meule n'est que de 5 ch.v. La production totale en farine, lorsque toute la meunerie marchait, était donc d'environ 28 tonnes en 24 heures. Il restait encore 16 ch.v. disponibles qu'on utilisait pour les appareils de lavage du blé. La ville d'Arles comptait au III^e siècle environ 10,000 habitants tandis que la farine ainsi produite en pouvait nourrir 80,000. Sans compter la production de petits moulins des campagnes environnantes qui eux-aussi travaillaient certes à plein rendement en fournissant la farine aux villageois des alentours et même aux habitants d'Arles. Il faut donc croire que l'importante meunerie de Barbegal travaillait surtout pour l'exportation, ainsi que Benoit nous le fait bien remarquer. En effet le blé de la Gaule approvisionnait en partie Rome et ses armées, et Arles, port important sur le Rhône, pouvait servir à l'exportation des céréales moulues à Barbegal. Au reste Arles au II^e siècle était la résidence du *Procurateur* pour le service de l'Annone en Narbonnais et même en Ligurie sous Marc-Aurèle.⁵ Cela nous fait croire que la meunerie de Barbegal soit du II^e siècle.

Ces grandes usines à blé n'étaient d'ailleurs pas rares. À Tournus, en Bourgogne, il y avait aussi un port important pour les céréales de la Saône que l'armée romaine utilisait.⁶ Sur les coteaux de cette vallée on a découvert en effet un grand nombre de meules, près du village de Préty (*Pistriacum*) et non loin de la source Bouat. Cela fait croire qu'une importante usine à blé et une boulangerie étaient ici utilisées par les Romains. Du reste sous le Bas-Empire⁷ ces usines étaient nombreuses. Du temps de Vitruve même d'ailleurs des meuneries actionnées par l'eau existaient dans toutes les régions d'Italie, productrices surtout de farine de blé, et c'est en Pouille et en Sicile qu'elles étaient plus nombreuses. En Afrique du Nord aussi les moulins à blé et à huile actionnés par l'eau se trouvaient en grand nombre.

Le moulin du V^e siècle découvert à l'Agora d'Athènes fonctionnait quand cette ville n'était plus qu'un bourg.⁸ Cela signifie que même pendant une époque bien triste pour cette ville autrefois si fameuse, le moulin hydraulique à blé n'avait point disparu avec la civilisation grecque, comme il n'a pas disparu au Moyen âge. Il n'y avait aucune

⁵ Benoit, F.: *op. cit.*

⁶ Jeanton, G. L'ancienne ville romaine de Tournus, *Bull. Arch. du Comité*, p. 158, 1920.

⁷ Rostovzeff. *The Soc. and Econ. Hist. of the*

Roman Empire, pp. 166 et 539, Oxford. 1926.

⁸ Parson, A. W., A Roman water-mill in the Athenian Agora. *Hesperia*, Vol. 1, p. 90, 1936.

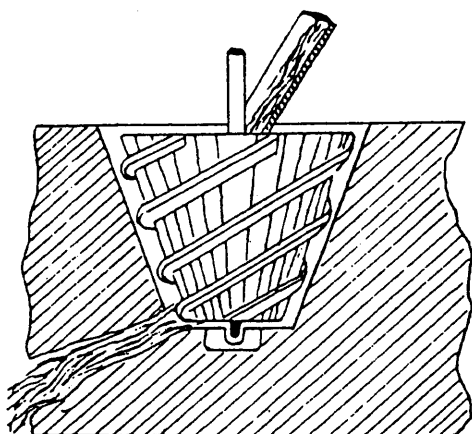


FIG. 3

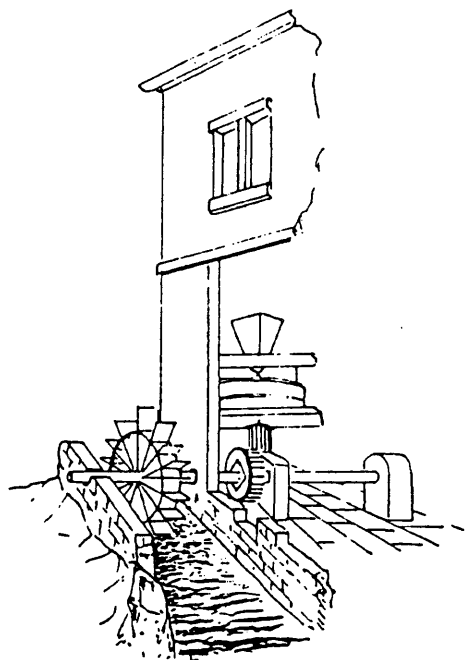


FIG. 4, Moulin du moyen âge

raison d'ailleurs, puisque la mouture ne pouvait cesser, même si la civilisation som-
 brait: Athènes, devenue un village avait en effet toujours besoin de farine par consé-
 quent l'art de la produire se perpétuait sans interruption. C'est pourquoi certaines
 inventions anciennes ont pu traverser les ténèbres du Moyen âge sans disparaître.

La roue du moulin de l'Agora aurait tourné contre le courant ⁹ et avait un diamètre
 de m.3.24 sur une largeur de m.0.54. Parson croit que le rouet (*tympanum dentatum*)
 fixé à l'axe de la roue hydraulique et actionnant la lanterne, roue horizontale de trans-
 mission, était d'un diamètre supérieur à celui de cette dernière dans le moulin de
 l'Agora. Cela était possible si la roue en question était du type des roues de poitrine
 avec vanne à coulisse, puisque la hauteur de chute du bief athénien mesurait 5 mètres
 environ, ce que donnait à l'eau une vitesse d'environ 10 mètres par seconde en faisant
 faire à la roue un peu plus d'un tour par seconde. Cette roue cependant devait avoir
 un diamètre un peu inférieur à celui calculé par Parson.

On a toutefois comme règle que la lanterne fait 5 tours tandis que le rouet en fait un.
 On a cru de bien faire en corrigeant sur cette donnée le texte de Vitruve ¹⁰ où il est
 dit que la lanterne devait être d'un diamètre supérieur à celui du rouet: *secundum id
 tympanum maius* (correction minus) *item dentatum planum est colocatum, quo con-
 tinetur*. Cette correction est, croyons-nous, arbitraire, ainsi qu'il a été indiqué plus
 haut. Du reste le texte de Vitruve s'adapterait encore mieux pour des roues hydrauliques
 d'environ un mètre de diamètre et de m. 2 de large, fig. 1. L'eau conduite par une
 auge très inclinée, de la largeur de la roue, descend avec une grande vitesse en frappant
 les aubes étroites de cette roue, car l'épaisseur de l'eau sur le plan incliné de l'auge
 n'est que de quelques centimètres. C'est une véritable lame d'eau qui se précipite de
 la hauteur d'environ 6 à 7 mètres, et même plus, sur les aubes de la roue hydraulique,
 laquelle acquière ainsi une grande vitesse circonférencielle qu'il faut réduire à l'inté-
 rieur du moulin pour avoir la vitesse de régime des meules. Le texte de Vitruve ne
 semble donc point erroné; il prouverait par contre que des roues hydrauliques de ce
 modèle existaient de son temps.

Bélibidor ¹¹ nous décrit une pareille roue, utilisant cependant des chutes de 2 à 3
 mètres seulement, quand l'eau est abondante. De ces roues font depuis plusieurs siècles

⁹ Parson: *op. cit.*, p. 80.

¹⁰ Vitruve: x, 5.

¹¹ Bélibidor, *op. cit.*, vol. 50, p. 284, fig. 8.

marcher des scieries dans les Alpes Cadoriques où, même de nos jours, ces scieries débitent en planches de grandes quantités de sapin. Des usines semblables sont du reste signalées en France même par Béliador.¹² Les anciens nous ont certes transmis la technique de ces scieries hydrauliques lesquelles, même à l'époque de grandes invasions, continuaient à fonctionner dans les profondes vallées des Alpes, éloignées des routes romaines par où arrivaient les barbares venant du Nord.

De même la turbine nous vient des anciens, puisqu'on trouve dans le haut moyen âge des moulins actionnés par elle. C'est une sorte de roue Pelton à axe vertical d'un diamètre d'environ 2 mètres dont les aubes sont faites en cuillère et reçoivent le choc de l'eau d'une auge, fig. 2. Ces moulins, d'une grande simplicité, où la roue hydraulique communique directement le mouvement à la meule, utilisaient de fortes chutes d'eau à débit limité. De même les roues Pelton utilisent un rapport $H/Q \sim 150$, où H est la hauteur de la chute en mètres et Q le débit d'eau en mètres cubes. En Provence, et dans beaucoup d'endroits en Dauphiné ces roues étaient d'usage courant au XVII^e siècle.¹³ Des roues semblables étaient utilisées aussi en Italie dès le Moyen âge. J'ai vu en effet les restes pourrir d'une pareille roue à Gualdo Tadino, Ombrie; ils étaient ensevelis sous les ramblais d'une très vieille mine abandonnée.

Très anciennes aussi sont les roues à tambour, ayant la figure d'un cône tronqué, que Béliador nous signale sur la Garonne. Ces roues tournaient avec une grande vitesse dans une cuve en maçonnerie, et avaient des aubes formées par des portions de spirale, fig. 3. Au Basacle, à Toulouse, 16 meules de front, dans un même bâtiment en travers de la rivière, étaient encore actionnées au XVIII^e siècle par des roues de ce modèle.

La force hydraulique était donc très adroitement utilisée au Moyen âge, et ses diverses applications venaient des civilisations disparues. Les grandes usines à blé devaient surtout fonctionner avant Dioclétien, qui régna de 284 à 305, puisqu'à son époque une crise économique effroyable sévissait sur l'Empire, ce qui réduisait l'activité sociale d'une façon considérable. Les temps de la grande industrie étant revolus, et le libéralisme économique ne répondant plus aux nécessités de l'heure, Dioclétien crut trouver un remède à cet état de choses dans une discipline aussi sévère qu' inutile, en développant un étatisme myope qui devait finalement entraîner l'Empire dans le désastre. Il ne paraît pas en conséquence impossible que la meunerie de Barbegal puisse avoir été construite au III^e ou IV^e siècle, dans une atmosphère économique de catastrophe. Pour cela Q. Candidius Benignus, ingénieur de grande valeur du Bas-Empire n'a pu être, croyons-nous, le constructeur de cette usine à blé.¹⁴ Il est intéressant cependant de remarquer les signes lapidaires du métier sur le sarcophage de cet ingénieur, c'est-à-dire l' *ascia* et le niveau à fil à plomb. Les maîtres lombards (*i maestri comacini*) n'ont fait donc que continuer une pratique fort ancienne en laissant sur les monuments qu'ils construisaient, en guise de signature des symboles représentant le plus souvent leurs outils.¹⁵ Ces mêmes signes lapidaires étaient employés aussi du temps d'Athènes.¹⁶

L'usine de Barbegal se rattache par ses détails à celle du Janicule à Rome.¹⁷ En effet à Barbegal on a au sommet de l'usine un réservoir régulateur avec trou de vidange, de même qu'au Janicule on a découvert le canal de dérivation de l'*aqua Traina*, avec 2 réservoirs à écluse à rainures réglant le débit d'eau. On a découvert aussi les traces de moulins hydrauliques dans les soutènements des Thermes de Caracalla,¹⁸ ce qui prouve que les eaux conduites à Rome servaient, en partie du moins, au fonctionnement de machines hydrauliques. D'ailleurs la force d'eau était utilisée partout où cela paraissait possible. Ainsi les moulins sur pontons dans les rivières fonctionnaient couramment en Italie et ailleurs.

¹² Béliador: *op. cit.*, vol. 1, p. 321.

¹³ Béliador: *op. cit.*, vol. 1, p. 301.

¹⁴ Benoit, F. *op. cit.*

¹⁵ Sagui, C. L. *Croniche d'arte*, fasc. 4, pp. 1-8, anno 1927: *Isis*, No. 91. March 1942, pp. 602-609.

¹⁶ Sagui, C. L., *Econ. Geol.*, vol. 25, pp. 65-86

(1930).

¹⁷ Van Buren, A. W., Stevens, G. P., *Memoirs of the American Academy in Rome*, 1 (1915-1916), 1917, p. 1, pl. 15; 1927, p. 138, pl. 52; 1933, p. 72, pl. 3.

¹⁸ Ashby, Th. *The aqued. of anc. Rome*, p. 46, Oxford, 1935.

Il ne faut donc méconnaître toutes les applications hydrauliques des anciens, même si les traces de ce lointain passé industriel sont rares et vagues. En *De Rebus bellicis* d'un chroniqueur du Bas-Empire¹⁹ on trouve des choses très intéressantes ayant trait aux mécanismes que les anciens avaient inventés. Il est même question d'un bateau de guerre se déplaçant par l'action de roues à aubes mises en mouvement par des manèges de boeufs opérant sur le pont. L'empereur Commode du reste avait fait installer sur ses voitures des compteurs de distance à engrenage, sur le type du compteur de Héron d'Alexandrie, du 2^e siècle. Il est donc possible que les appareils de ce genre fussent connus à Rome bien avant Héron, d'autant plus qu'Archimède avait établi la théorie des engrenages presque trois siècles avant notre ère. Dès cette époque, du reste, les moulins hydrauliques à engrenage devaient fonctionner aussi bien en Asie Mineure et en Afrique du Nord qu'en Europe. Strabon nous en signale un à Cabire sur le Lycos, royaume de Pont, du 2^e siècle avant Jésus Christ. Les norias d'arrosage existaient elles aussi bien avant notre ère.²⁰ Aussi les moulins à huile, à foulon et pour bien d'autres usages, spécialement dans les mines, fonctionnaient hydrauliquement depuis la plus haute antiquité.

La roue motrice de la fig. 3 devait elle aussi nous venir des anciens, puisqu'Archimède a bien dû se rendre compte que si sa vis en tournant pouvait remonter l'eau, cette dernière, animée d'une vitesse suffisante, devait à son tour actionner un tambour portant des éléments de spirale à sa surface. Le moulin hydraulique devait aussi exister du temps d'Archimède puisque ce philosophe a établi la théorie des engrenages. Pour l'établir il fallait bien que des roues dentées fussent appliquées quelque part; leur application aux moulins hydrauliques me paraît du reste celle dont les hommes avaient le plus besoin, et par conséquent leur esprit inventif a dû tout d'abord s'y intéresser. Il est même probable que les scieries hydrauliques de la pierre, surtout du marbre, avaient eu l'honneur d'être les premières usines actionnées par des roues hydrauliques. Pline²¹ nous dit déjà qu'on sciait la pierre dans les carrières moyennant des lames en acier, ou en cuivre, et du sable siliceux, et cela depuis la plus haute antiquité.²²

En Allemagne nous trouvons une scierie hydraulique au XIV^e siècle, sur un petit cours d'eau du nom de Roer ou Ruer.²³ Un document du 14 Mars 1328²⁴ parle d'une concession du dauphin Guigues à Champagnon de Moras, de gauchoirs et battoirs *tournant et battant* à Beaurepaire, c'est-à-dire actionnés hydrauliquement. Le long de la Sorgue, de Vaucluse à Avignon, il y avait au 13^e siècle des moulins à blé, à huile, à drap²⁵ et on signale de ces mêmes moulins dès le XI^e siècle à Sorgues.²⁶ En Dauphiné l'utilisation de la force hydraulique est aussi fort ancienne. On y trouve en effet, en 1269, des moulins à fouler les draps,²⁷ et en 1266 on établissait une écluse sur la Véronne pour en utiliser les eaux, comme force motrice.²⁸ En Piémont, en Lombardie, et surtout dans la Vénétie, les moulins hydrauliques ont de même une très vieille histoire. C'est d'Italie, du reste, que du temps des Romains toutes ces applications hydrauliques ont émigré dans l'Europe tout entière. Les machines pour percer les troncs d'arbres fonctionnaient dans la province de Belluno dès le Moyen âge, et en France, Embrun s'alimentait à la même époque en eau potable venant des sources situées parfois à des distances de 3 km. Des tuyaux en bois servaient de conduite.^{28 bis}

Le cabestan et les mouffes pour élever de lourds fardeaux étaient aussi d'usage courant dans les temps anciens. Aristote nous rappelle d'un treuil à axe vertical du

¹⁹ Reinach, S. *Rev. Arch.*, 1922; *Amalthée*, p. 256, 1930.

²⁰ Mayence, F. La 3^e camp. à Apamée, *Bull. des musées Roy. d'Art et d'Hist.*, No. 1, p. 5, Bruxelles, 1933.

²¹ Pline, 35, 6, 22.

²² Sagui, C. L., *Econ. Geol.*, Vol. 25, pp. 65-86, 1930.

²³ Poppe, J. H. M., *Gesch. d. Technologie*, Vol. 2, p. 34.

²⁴ Chan, U. Chevalier, *Regeste Dauphinois*, no. 24415, 1913.

²⁵ Cartulaire de l'Abb. de Sénanque, *Arch. dep. de Vaucluse* H, no. 1.

²⁶ Chobaut, H. Chef des arch. du Dép. de Vaucluse. Communication personnelle.

²⁷ *Archives de l'Isère*.

²⁸ *Archives de l'évêché de Grenoble*.

^{28 bis} Sclafert, Th., *Le Haut-Dauphiné au Moyen âge*. Paris, 1926.

La meunerie de Barbegal et les roues hydrauliques

231

nom de zygón, que Vitruve²⁹ appelle *ergata*, ce qui en Italien est devenu *argano*. Dans le *polypastos* de Vitruve³⁰ plusieurs mouffles y travaillaient à la fois. Il est même probable que pour la préparation de grandes quantités de mortier on utilisait les *tribomylos*, machine rappelée par Bocklerius³¹ avec laquelle on broyait le mortier au lieu d'employer des manoeuvres.

Ainsi, au Bas-Empire l'utilisation des forces hydrauliques, animale et humaine avait été poussée très loin, ce qui aggrava d'ailleurs la crise économique qui déferlait à cette époque sur Rome, crise d'abondance de main-d'oeuvre d'abord, ayant comme résultat un chômage toujours croissant, au fur et à mesure que le pouvoir global d'achat tombait, car les ouvriers qui ne travaillaient plus entraînaient d'autres, et toujours plus nombreux, dans l'oisiveté forcée. Le chômage développait le chômage avec la rapidité des mauvaises herbes envahissant un champ. Rien n'allait plus, du reste, dans ce vieil Empire mourant. Constantin, en croyant parer à la crise par des méthodes nouvelles et originales, considéra l'activité des moulins et autres industries semblables comme du travail forcé, c'est à dire pareil à celui des mines ou seulement des esclaves y travaillaient. Il obligea même les ouvriers agricoles à ne plus quitter leur emploi, ni le lieu du travail.

C'est dans un étatsisme de ce genre qu'on chercha le salut, sans cependant le trouver, car l'origine du mal se cachait dans le développement même du capitalisme devenu gênant lorsque le cycle des conquêtes romaines était terminé, en même temps que la propriété foncière grossissait outre mesure, en transformant les petites fermes laborieuses en *latifundia*, où les propriétaires réduisaient peu à peu l'exploitation intensive, ce qui a transformé tous les immenses domaines le long de la mer Tyrrhénienne, en marécages. De nos jours aussi la puissance mécanique et celle du capital ont abouti à un autre genre de *latifundia* d'où la crise actuelle tire son origine.

Ainsi si Pline avait raison de dire, *latifundia perdidere Italiam*, nous avons peut-être raison aussi de nous demander si les *latifundia modernes* ne menacent de ruiner à la base notre civilisation.

²⁹ Vitruve, X, 4.
³⁰ Vitruve, X, 5.

³¹ Bocklerius, *Theatrum machinarum*, Nuremberg, 1662.

Nous reproduisons ici, après acquisition des droits, l'étude de C.L.Sagui publiée dans le volume 38, 1947-1948, p.225-231, de Isis. (N.D.L.R.).