

# Alain Chartrain

## **Approche technologique des meules rotatives de l'Age du Fer et d'époque Romaine**

*les productions d'Orvieto (Italie) dans leur contexte  
entre Ebre et Rhin*

Thèse présentée et soutenue publiquement le 29/01/2021  
en vue de l'obtention du doctorat de Archéologie-Ethnologie  
de l'Université Paris Nanterre  
sous la direction de Mme Isabelle SIDÉRA (Université Paris Nanterre)  
et de Mme Hara PROCOPIOU (co-encadrante, Université de Paris I)

### Jury :

Rapporteure :	<b>Mme BASSO Patrizia</b>	<b>Professeure, Università di Verona (Italie)</b>
Rapporteure :	<b>Mme KRAUSZ Sophie</b>	<b>Professeure, Université de Bordeaux Montaigne</b>
Membre du jury :	<b>M. GONZALEZ VILLAESCUSA Ricardo</b>	<b>Professeur, Université Paris Nanterre</b>
Membre du jury :	<b>Mme ALONSO MARTINEZ Natalia</b>	<b>Professeure , Université de LLeida (Espagne)</b>
Directrice de thèse :	<b>Mme SIDÉRA Isabelle</b>	<b>Directrice de recherche au CNRS, Université Paris Nanterre</b>
Co-encadrante	<b>Mme PROCOPIOU Hara</b>	<b>Professeure, Université Paris I</b>

mémoire de thèse de **Alain CHARTRAIN** :

**Approche technologique des meules  
rotatives de l'Age du Fer et d'époque  
Romaine : les productions d'Orvieto  
(Italie) dans leur contexte entre Ebre et  
Rhin.**

# **ANNEXES**

# ANNEXES \*

1- ANNEXE .1	Le <i>RING-Catillus</i>	20 p.
2- ANNEXE.2	Les 3 Diamètres de l'Anille	1 p.
3- ANNEXE .3	Meules de Style Pompéien en Gaule	2 p.
4- ANNEXE .4	Plateaux de tours de potier	15 p.
5- ANNEXE .5	Le Tour de Potier	14 p.
6- ANNEXE .6	Orvieto : découvertes fluviales de meules à La Svolta	7 p.
7- ANNEXE .7	Profil de Conservation des MRB sur les différents sites d'Orvieto	11 p.
8- ANNEXE .8	Provenance de la Bibliographie	3 p.
9- ANNEXE .9	Rendement de broyage selon les différents types de moulins	3 p.
10- ANNEXE .10	Meules de Style Pompéien : appariements criticables	4 p.
11- ANNEXE .11	MRB d'Orvieto : Tables des données des METAE	3 p.
12- ANNEXE .12	MRB d'Orvieto : Tables des données des CATILLI	5 p.
13- ANNEXE .14	Moulins Plats à Blois La Croupe	31 p.

14- ANNEXE .15	30 Meules Hydrauliques	5 p.
15- ANNEXE .16	<i>Catilli</i> sans Trémie et l'Apparition du Modèle Continental	15 p.
16- ANNEXE .17	Mortiers de pierre – extrait de bibliographie illustré	4 p.
17- ANNEXE .19	ATELIERS de MRB – Tables des assemblages et leur source biblio principale	5 p.
18- ANNEXE .20	EXPERiML – projet d'archéologie expérimentale sur l'usure et le capital horaire des MRB	15 p.
19- ANNEXE .21	Diamètres et IREC des Meules de la carrière de St. Quentin (FR. Gard)	15 p.
20- ANNEXE .22	Rapport D/H et Pression des meules	3 p.
21- ANNEXE .23	Surface de Travail et Pression des <i>Catilli</i> MSP et MRB	5 p.
22- ANNEXE .24	Tables des Diamètres MRB (Ateliers)	6 p.
23- ANNEXE .26	Métrologie – Panorama des Pieds	5 p.

\* Les ANNEXE .13 et .18 initialement prévues et consacrées au Catalogue des *Metae* de Style Pompéien ne figurent pas au présent Volume 2 suite au retrait de la partie consacrée aux Meules du Style Pompéien.

L'ANNEXE .25 relative à l'inventaire des MRB pourvues de Manchons latéraux, ne figure pas non plus au présent mémoire.

# ANNEXE n°1

## Les *Ring-catilli* : un aperçu

On souhaite à travers cette ANNEXE et en complément à un article très récent où il est abordé (ALONSO, FRANKEL 2017, 473-74) montrer la nécessité et le potentiel pour une étude approfondie d'une catégorie de moulins rotatifs relativement négligée. La documentation recueillie concerne seulement 20 meules et se trouve parfois réduite à de simples mentions photographiques, les données chronologiques sont quasi inexistantes. Toutefois il nous semble que se dégagent déjà quelques traits, parmi lesquels la large ouverture (Œillard supérieur à 30% du Diamètre) qui pourrait caractériser les Ring-Catilli et que se font jour quelques directions d'enquête.

### A- TABLE & NOTES

SITES	Référence	Observations
VOLUBILIS (Maroc)	PEACOCK 2013, 94	Observables sur le site et au musée
ORVIETO R.16	A.CHARTRAIN	Provient sans doute de la région du Vésuve
CARTHAGE (Tunisie)		
SOUSSE musée (Tunisie)		
KYRENIA (Chypre)		Lapidarium du Kyrenia
JORDANIE		
JAËN (Espagne)	ANDERSON 2013, 58	
MÉRIDA (Badajoz)	ANDERSON 2013, 663	Carrière BA-6 et Musée Avg. Em.ta, granit
BOLANOS (Calatrava)	ANDERSON 2013, 59, 212, 599	Carrière CR.2 à ring-mills, PL.dessin p.601
SISAPO (Ciudad Real)	ANDERSON 2013, 59, 595-598	Carrière CR.1 à ring-mills
LOS BANOS (Murcia)	ANDERSON 2013, 592	Carrière MU-4 avec 1 ring-mill (dimensions)
Cerro de la Cruz	QUESADA <i>et al.</i> 2014	En contexte d'habitat
<b>Apparentés</b>		
ASWAN	WEFERS, MANGARTZ 2010	Apparentés (œillard étroit)
DOUGA Du.474	DE VOS 2011	Apparentés (œillard étroit)

. PEACOCK 2013 consacre les pages 94-97 au « ring-mill » appellation qui paraît être un raccourci. La dénomination plus exacte de « *ring-catillus mill* » a été proposée par WILLIAMS-THORPE 1988, 260.

. WILLIAMS-THORPE 1988, 260 en signale également la présence au Portugal et en Sicile à Megara Hyblaea.

. ANDERSON 2013, dans sa présentation du type (p. 58), rapporte que PENA, CERVANTES 2010, 66 comptabilisent 10 *ring-mills* sur 35 installations productrices d'huile. PENA, CERVANTES 2013 (*Variantes tecnológicas hispanas*) dénomment ce modèle « molino de muelas horizontales » et le mettent en correspondance avec la locution antique « *mola olearia* » (« meule à huile »).

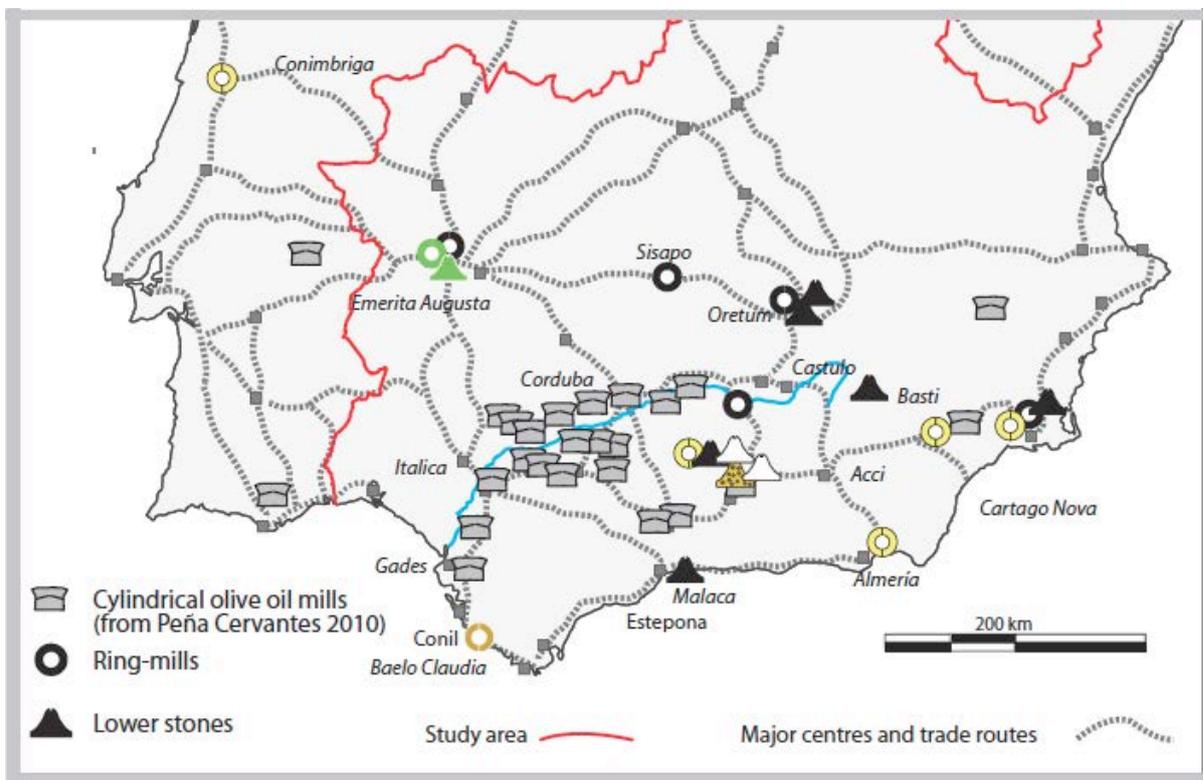
. ANDERSON 2013 utilise la notion intéressante de *D-section* qui est très parlante pour les *catilli* en couronne comme celui de Castulo à Jaën.

. Enfin ANDERSON 2013, 58-59 attire avec raison l'attention sur le fait que bien des *metae* sont qualifiées de « pompéiennes » sans que ne soit examinée la possibilité qu'elles correspondent plutôt ou aussi à des *ring-catilli*. Plusieurs exemples photographiques de telles *metae* sont donnés en FIG.3.18 p. 59. La similitude avait déjà été relevée dans WILLIAMS-THORPE 1988, 260.

. ANDERSON 2013 discute la fonction de broyeur à olive ou non dans son développement sur les « Moulins romains cylindriques » en p. 710-711. Au plan morpho-fonctionnel il opère un rapprochement avec le modèle Haltern-Rheingönheim également connu à Avenches, Bâle et Saalburg.

Ce parallèle, établi semble-t-il principalement sur la base de la présence de 2 encoches latérales verticales situées sur le rebord du flanc, apparaît discutable. En effet la meule Haltern-Rheingönheim ne possède ni une conicité élevée (de type 45 à 75°) ni une largeur d'œillard plus proche de 50-80% du diamètre que de 15-25% (22-25% étant à notre connaissance le maximum observable sur des Meules Rotatives Basses) : le diamètre de l'œillard est en effet de ca. 21% de D.

**FIG.A-1 – Distribution des ring-mills en Espagne méridionale (ANDERSON 2013, 255)**



. Notons pour finir que le *Ring-Catillus* pourrait être également présent en Sardaigne et en Sicile si les *Metae* à large base et à cône central effilé (de type Cerro de la Cruz 6 ou Carthage –cf. catalogue *infra*) s'avéraient lui être systématiquement rattachées. En effet de telles *Metae* sont attestées à

Mulgargia (ANTONELLI *et al.* 2014 –FIG. ci-dessous) ainsi qu'en Sicile (par ex. à Entella n° 3633 : CANZANELLA 1997).

**MULGARGIA : *Meta* publiée par ANTONELLI *et al.* 2014)**

244

E. Antonelli *et al.* / *Journal of Archae*

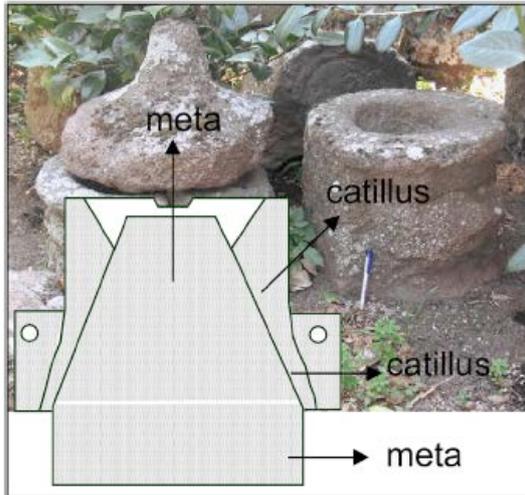
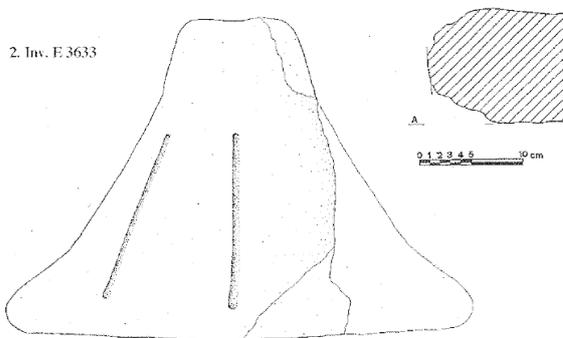


Fig. 1. Fragments of lower (*meta*) and upper (*catillus*) stones of Hellenistic Mulgargia rotary millstones, now exhibited in the garden of a private house at the village.

**ENTEELLA : *Meta* n° 3633 (provenance attribuée à Mulgargia) - CANZANELLA 1997**



Entella. Macine.

## B- ILLUSTRATIONS

### 1- CASTULO, Jaèn (ESP.) – ANDERSON 2013

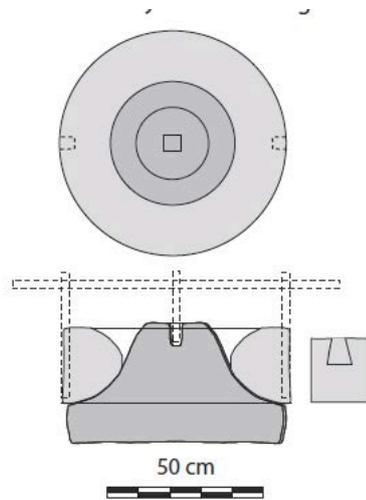


Fig. 3.15: Schema of a Roman ring-mill (drawing by T. Anderson).



Fig. 3.16: Volcanic ring catillus from the Roman city of Castulo (Jaén). The type of rock of the lower stone (not the original pair) has not been determined.  $\varnothing$ : 64 cm (photograph from Linares museum, inv. no. CE01430\_R).

58

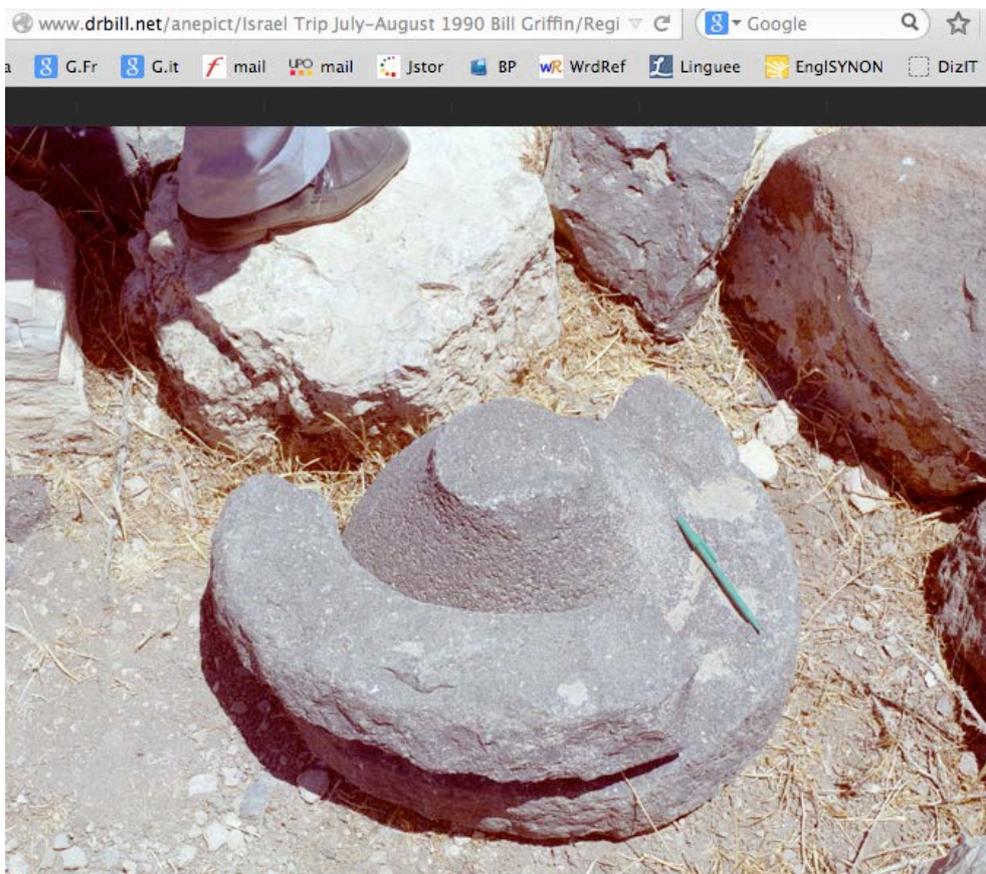
MILLSTONES QUARRIES IN THE SOUTH OF THE IBERIAN PENINSULA

### 2- DOUGA, Tunisie (DE VOS 2011, Du474)



Figure 13. Tunisia, Du474. Lopsided red lava runner stone.

### 3- JORDANIE



### 4- Los BOLANOS, Calatrava (ESP.) – ANDERSON 2013

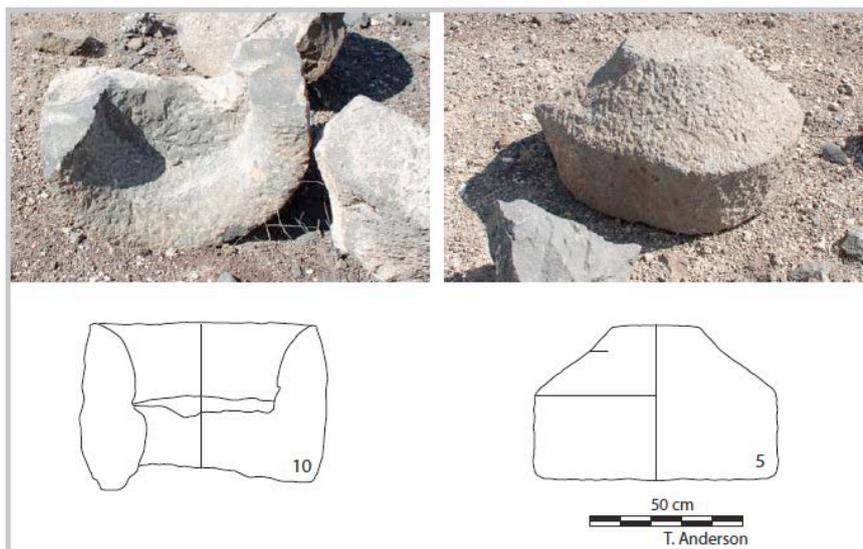
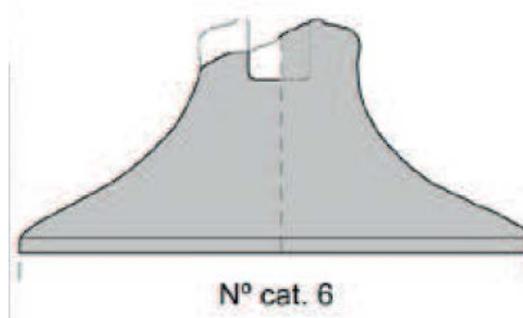
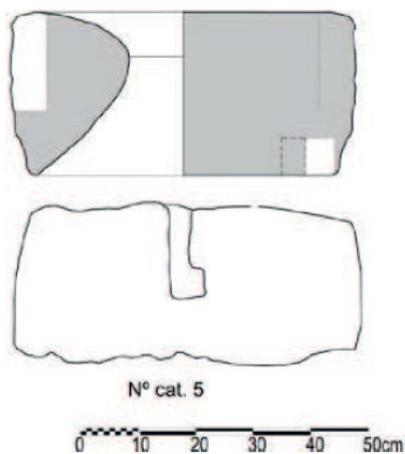
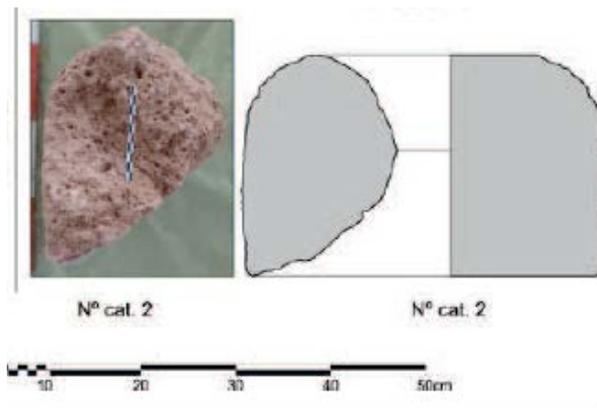


Fig. 11.14: Examples of unfinished millstones from the volcanic quarry of Las Herrerías, near Bolaños de Calatrava. No. 10 is a broken ring-catillus and no. 5 is a conical lower stone, types that are characteristic of the Roman period.

**5- EL CERRO de la CRUZ (ESP.) - Meules Age du Fer (QUESADA *et al.* 2014)  
 exemple de D-section *catillus*  
 cat. N°6**

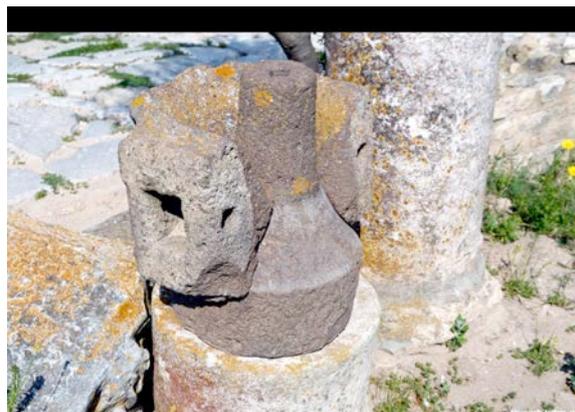
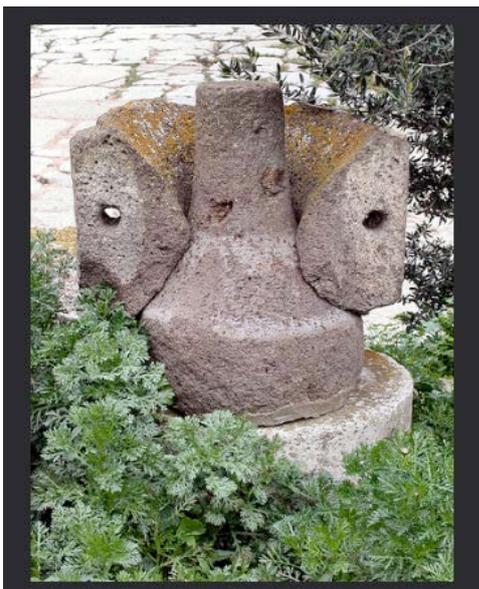


**6- PENA, CERVANTES 2013 – *Ring-mill* à olives en place**



Lámina 4. Sala de prensado de la Casa 2 de Munigua (según Teichner, 2001, fig. 38b).

## 7A- CARTHAGE (Tunisie) (cl. Internet réf. indéterminées)



Exemple de D-section *catillus* avec oreilles latérales à mortaise et trou de clavage.

Ce dernier dispositif est partagé avec les modèles pompéiens dont ce D-section *catillus* aux cônes symétriques ne se distingue guère morphologiquement que par un rapport D/H plus proche de 1 que de 2 (131%) – voir *infra* n° 10 pour comparaison avec le modèle pompéien annulaire

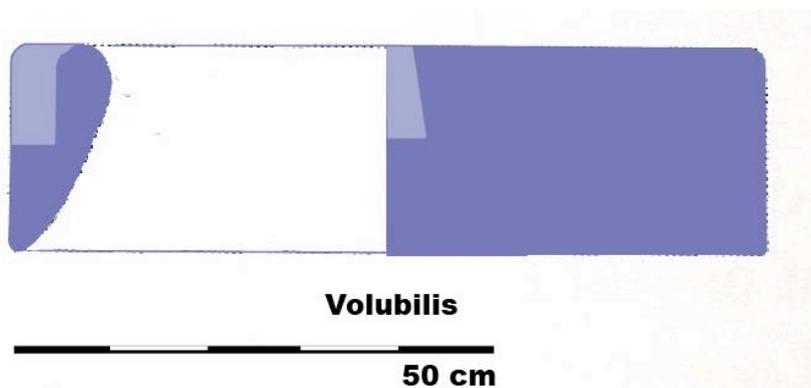
## 7B- SOUSSE (Tunisie)

Ce *catillus* à cônes symétriques se classe parmi les *ring-catilli* en raison de sa très large ouverture qui l'éloigne des modèles de style quasi-pompéien (MSQ-P) dont il présente les oreilles. Il offre des similitudes avec les *ring-catilli* d'Assouan (voir n°12) mais son bord est nettement moins épais (usure de la lave ?). Son rapport D/H paraît de l'ordre de 150 %.



## 8-VOLUBILIS

8-A dessin d'après DE VOS 2011 : exemple de *ring-catillus* à surface active verticalisée et très large ouverture



**8-B** Musée de Volubilis - *Ring-catillus* à surface active verticalisée et très large ouverture  
(cl. Margaux CH.)



**9- ORVIETO** (provenance vésuvienne probable) - *Ring-catillus* R.16-9 à surface active verticalisée et très large ouverture (cl. ACH)

sur les n° 8 et 9 les encoches de suspension sont similaires à celles présentes sur les contrepoids de pressoir à olive

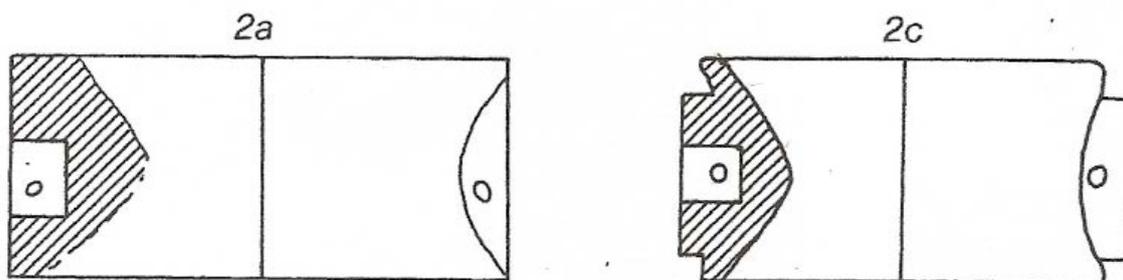


## 10- Lapidarium du Musée de Kyrenia (Chypre) – cl. W. Sauber, wikiconons



## 11- POMPÉI – *catilli* annulaires de style pompéien (types 2a et 2c PEACOCK 1989)

Si ces deux modèles sont des D-section *catilli*, ils se distinguent du n° 5 (Cerro de la Cruz *Catillus* 6) par un rapport D/H cette fois plus proche de 2 que de 1 (224% pour le 2a et 182% pour le 2c contre 133% au n° 5), ce qui leur confère un aspect nettement annulaire



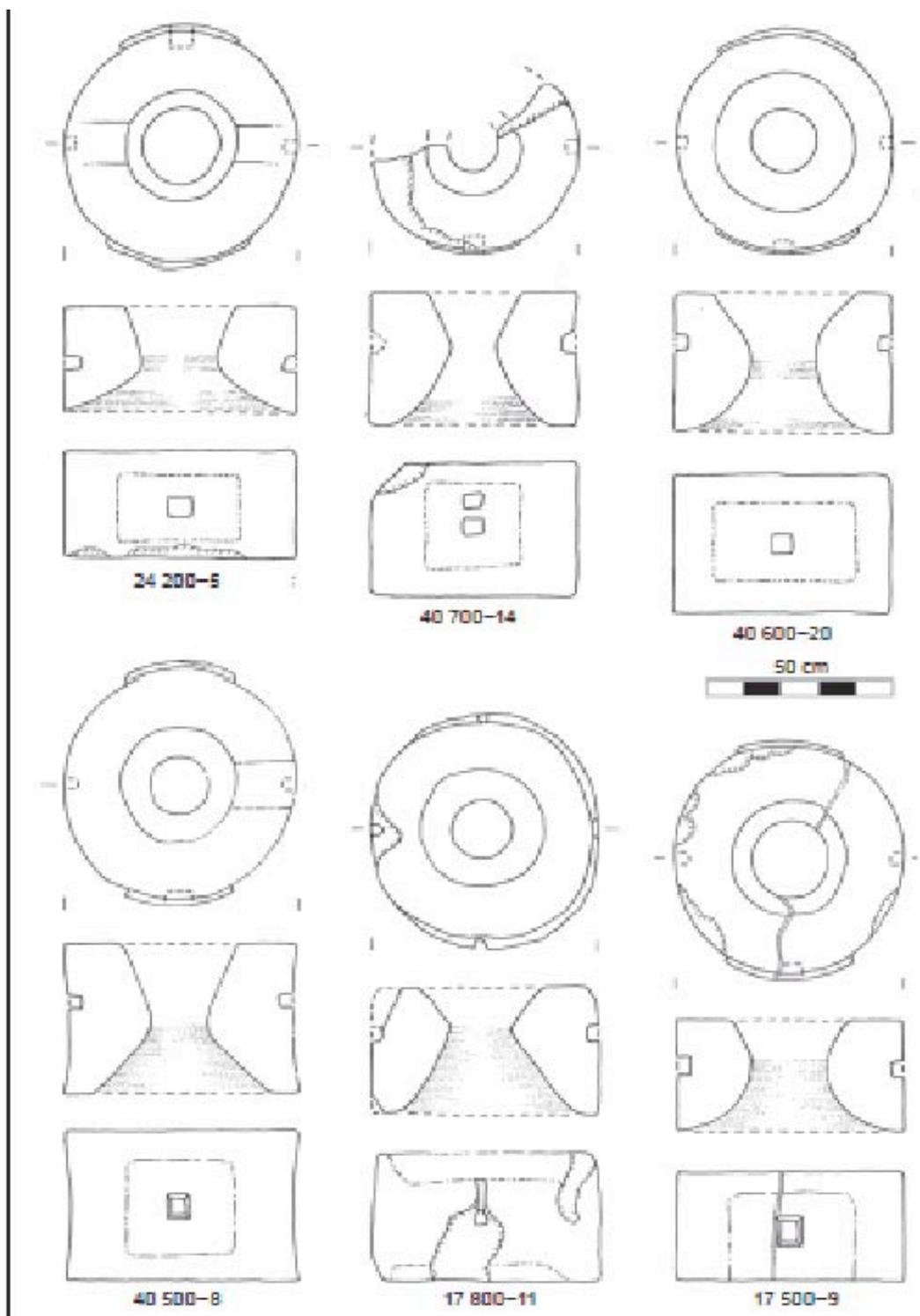
## 12- ASWAN, Elephantine island (WEFERS, MANGARTZ 2010) → [dessins page suivante](#) Apparentés *Ring-catilli*

On observe que les *catilli* d'Assouan sont :

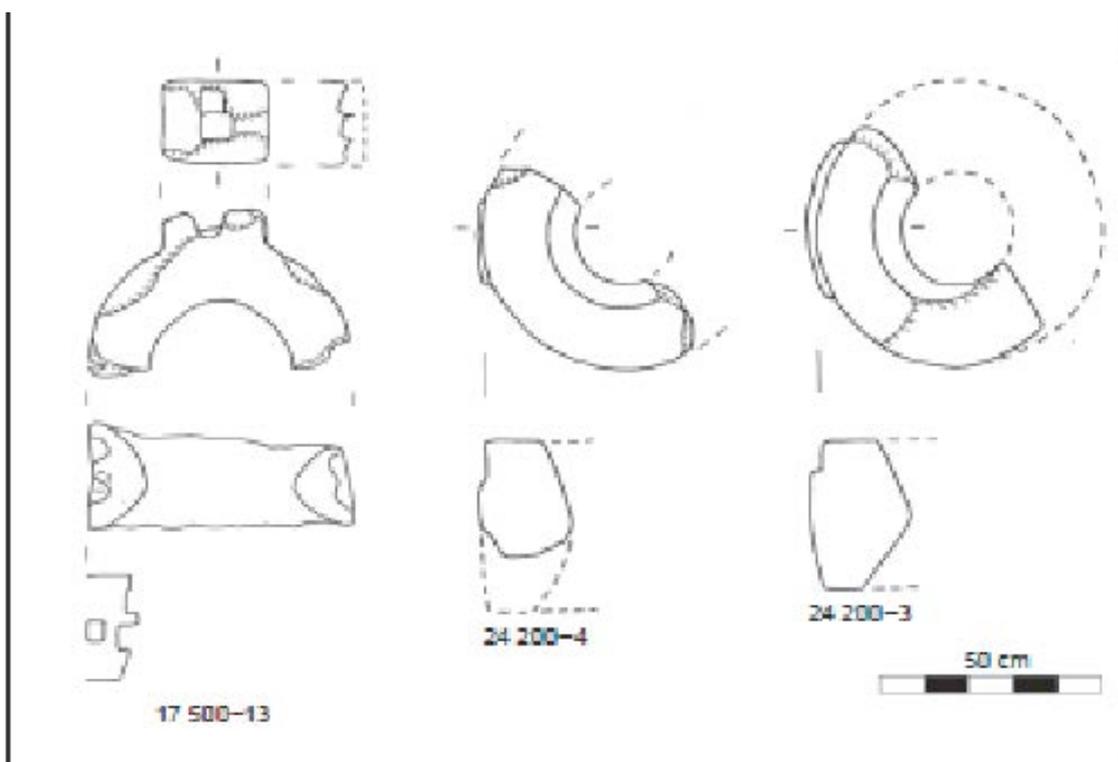
- presque tous des D-section *catilli*
- certains présentent des cônes asymétriques (2 soit n° 40 700-14 et 5 soit 17 800-11)
- certains sont des D-section *catilli* annulaires (le 1 soit n° 24 200-5 ; le 6 soit n° 17 500-9)
- les 3 derniers exemplaires (n° 17 500-13, 24 200-4 et 24 200-3) sont de véritables *ring-catilli*, avec large ouverture (au moins 50% de D.) voire absence d'oreilles
- les 4 premiers et le 6 sont munis d'oreilles, certes à peine saillantes, à face rectangulaire ou carrée, en position médiane ou en 1 cas (6 n° 17 500-9) en position basse

- le 5<sup>e</sup> *catillus* (n° 17 800-11) est dépourvu d'oreilles et présente 2 encoches diamétralement opposées et en forme de trou de clé

- les 2<sup>e</sup>, 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> *catilli* (n° 40 700-14 ; 40 600-20 et 40 500-8) présentent un rapport D/H de 150% (151/153/151%) qui leur confère un aspect trapu et les rapproche du D-section ring-*catillus* de Carthage objet de l'illustration 6 ; ils diffèrent nettement des 1<sup>er</sup>, 5<sup>e</sup>, 6<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> *catilli* (n° 24 200-5 ; 17 800-11 et 17 500-9) qui, avec un rapport D/H variant autour de 200% (respectivement 215/174/204/247%), relèvent de la catégorie des *catilli* annulaires. Munis d'oreilles, les 5<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup> s'apparentent au Modèle Quasi-Pompéien tandis que le 6<sup>e</sup> (17 800-11) est à considérer comme un Ring-*catillus* à encoche latérale.



Elephantine, ASSOUAN : *catilli* 1 à 6

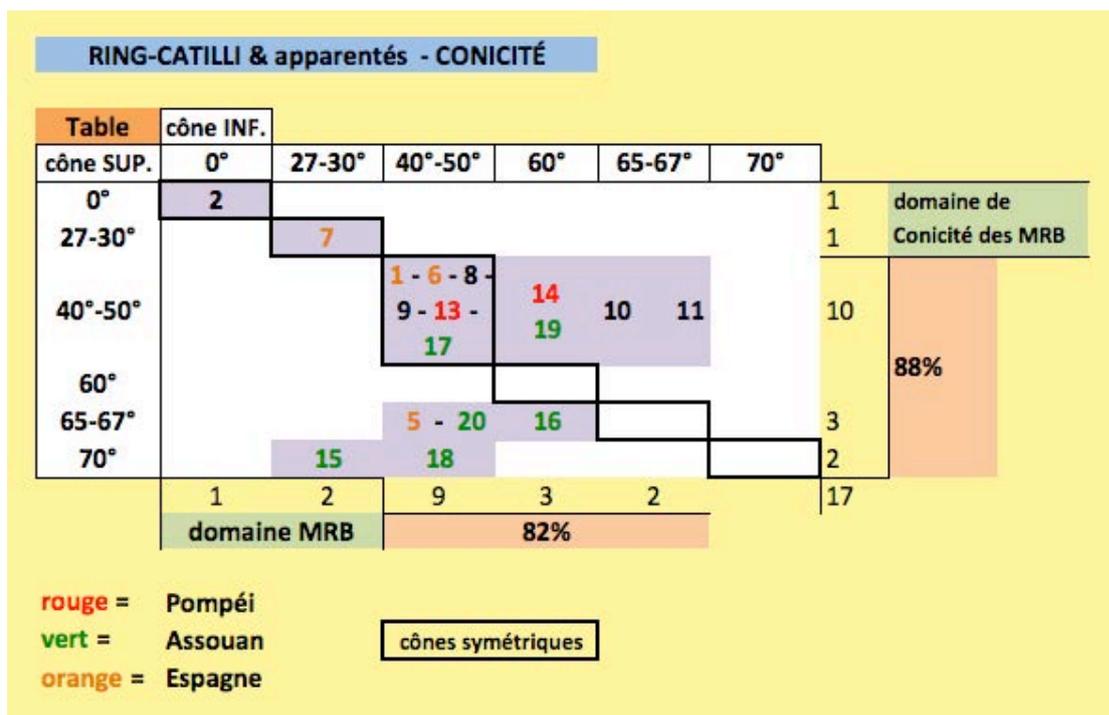


## C- EXPLORATION

FIG.C-1 – Distribution générale des Ring-*catilli* et apparentés



FIG.C-2 – Conicité des Ring-catilli & apparentés

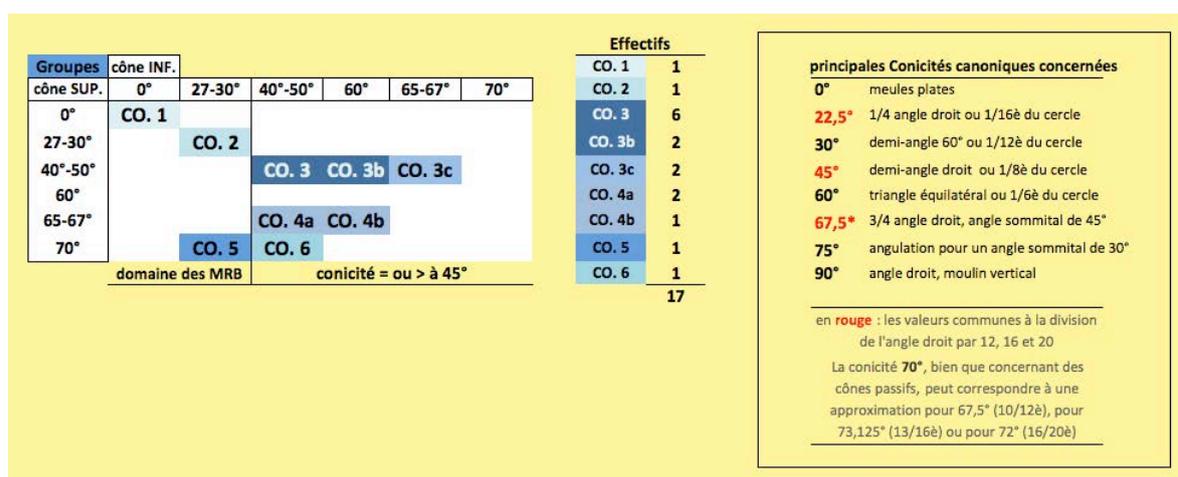


3 catilli sont dans la mouvance des Meules Rotatives Basses (n° 2 Douga Du.474; n° 7 D-section du Cerro de la Cruz 6; n° 15 Aswan 1), Groupes Co.1, Co.2 et Co.5.

Plus de 80% des catilli se situent dans des conicités supérieures ou égales à 45°.

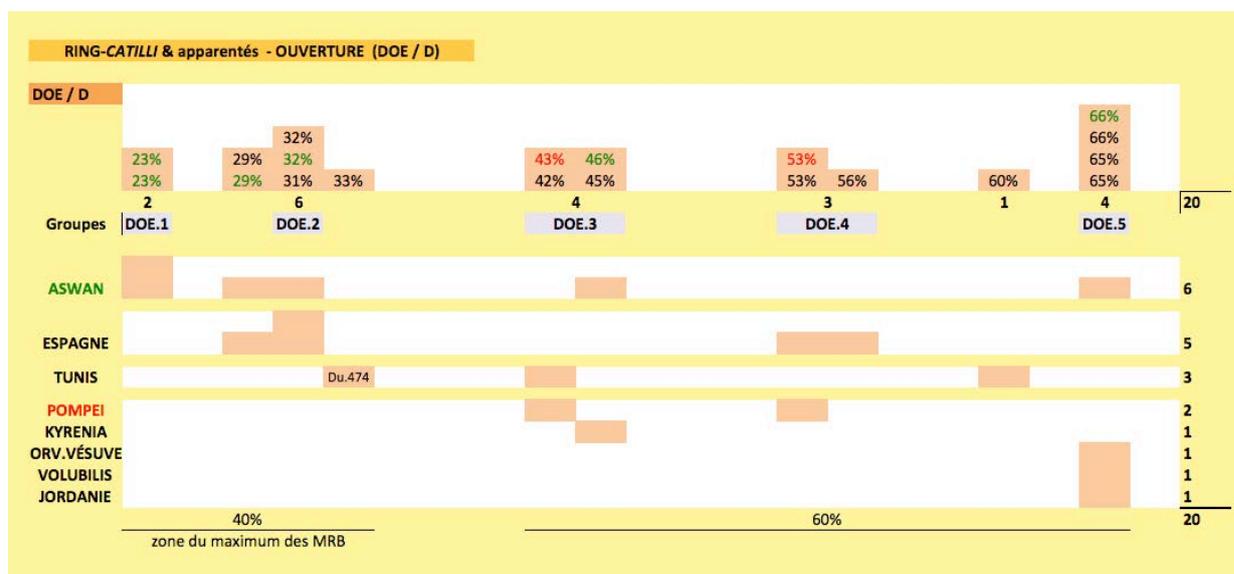
La moitié des catilli présentent deux cônes de même angulation : 1 meule plate (0°), 1 sur 27-30°, enfin 6 de l'ordre de 45° (40 à 50°).

FIG.C-3 – Groupes de conicité des Ring-catilli & apparentés



La conicité canonique 22,5° (1/4 de l'Angle Droit) semble évitée, tant pour les cônes supérieurs qu'inférieurs. Pour les surfaces actives, la conicité la plus fréquente est celle de 45° (en réalité 40-50° et 9 exemplaires) suivie de 60-67° (4 exemplaires).

**FIG.C-4 – Diamètre de l'Œillard et Diamètre (DOE/D) : aperçu de l'Ouverture des Ring-Catilli & apparentés, et de sa géographie**



S

L'Ouverture des Ring-Catilli (Diamètre de l'Œillard) varie de 23 à 66% du Diamètre de la meule. 4 groupes principaux se laissent entrevoir, chacun séparé de 10% (30-33% / 42-46% / 53-56% / 65-66%).

Les 2 Ring-Catilli dont l'ouverture mesure 23% sont dans la zone d'ouverture maximale des Meules Rotatives Basses (DOE valant 23-25% du Diamètre). Le deuxième groupe (DOE.2) se situe un peu au-delà. Cette affinité avec les MRB est présente en Espagne (Age du Fer), en Egypte à Assouan et sur un exemplaire Tunisien.

Les 3 autres groupes (DOE.3 à 5) soit 60% de l'échantillon, ont une ouverture égale à la moitié ou au 2/3 du diamètre du Catillus.

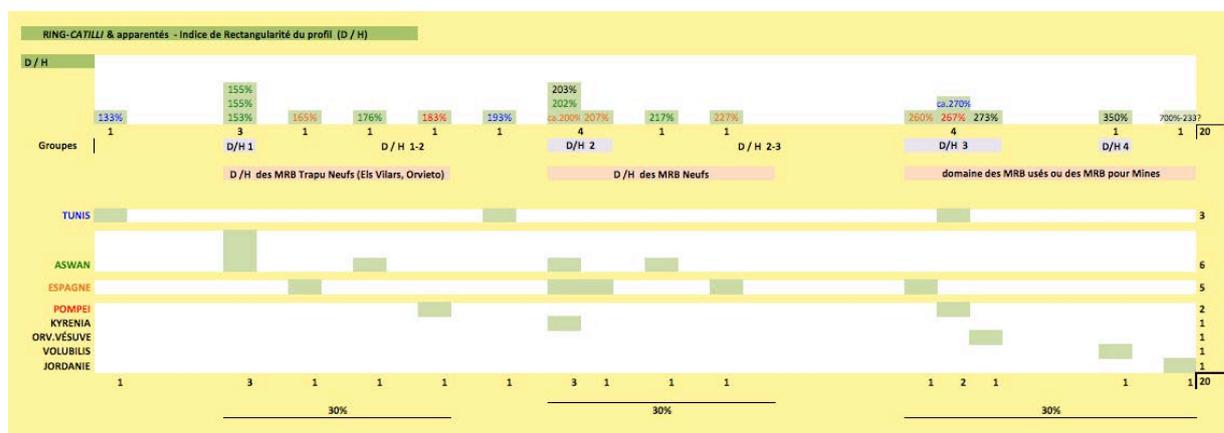
Si l'on prend comme repère le fait que les plus anciens Ring-Catilli sont ceux de l'Age du Fer Espagnol (montrant par ailleurs un profil en D), on peut envisager l'hypothèse que le Ring-Catillus soit né en Espagne méridionale.

Ces Ring-Catilli de l'Age du Fer Espagnol présentent 2 gabarits d'ouverture : un Œillard de 50% du Diamètre et un Œillard de 30%, ce dernier se situant comme nous venons de la voir dans les maxima de l'ouverture des Moulins Rotatifs Bas (MRB). On peut envisager une expansion postérieure des Ring-Catilli à partir de l'Espagne avec peut-être un abandon de l'ouverture la plus faible et, à l'opposé, le développement d'une ouverture très large (60% du Diamètre).

Une origine en Méditerranée centrale (Sardaigne-Sicile-Carthage) est également envisageable mais supposerait que l'on trouve les exemplaires les plus anciens dans cette zone.

Les Ring-Catilli d'Assouan posent un problème particulier. Au niveau classificatoire ils montrent une mixité de traits (DOE/D ; Conicité ; rapport D/H) qui les font relever tout à la fois des MRB, des catilli quasi-pompéiens et des Ring-Catilli. La paire d'encoches diamétralement opposées et en position haute (ca. 1/3 de H) nous semble peut-être relever du levage en carrière ou atelier, mais la caractéristique principale, liée au mode d'entraînement, réside dans la présence des oreilles et de leur mortaise. Si pour définir le Ring-Catillus on retient comme critère prépondérant une grande ouverture (DOE/D), la caractéristique principale des exemplaires d'Assouan est alors leur concentration dans les plus faibles ouvertures (groupes DOE.1 et DOE.2 soit un Œillard de 23 à 33% du Diamètre), ce qui les assimile aux Ring-Catilli d'Espagne ou parfois de Tunisie. Il n'est pas certain que ces catilli d'Assouan relèvent des Ring-Catilli ni qu'ils puissent se situer à l'origine du modèle. Ils pourraient constituer une évolution ultérieure empruntant à diverses traditions morphologiques ou fonctionnelles des moulins rotatifs, notamment peut-être celle des oreilles (à partir des moulins quasi-pompéiens, disymétriques, de Sardaigne, Mulargia) et celle d'une ouverture d'un quart du diamètre, présente sur certaines MRB et sur une partie des Ring-Catilli de l'Age du Fer espagnol.

**FIG.C-5 – Rapport Diamètre / Hauteur des Ring-Catilli**



Le rapport Diamètre / Hauteur, ou Indice de Rectangularité du profil de la meule (IREC) apparaît très variable, s'étendant de 153% (et même 133%) à 270% (ainsi que 350 voire 700%). Ce rapport entre Diamètre et Hauteur varie également à la fois géographiquement et selon l'Ouverture du *catillus* (DOE/D : voir ci-dessous FIG.7).

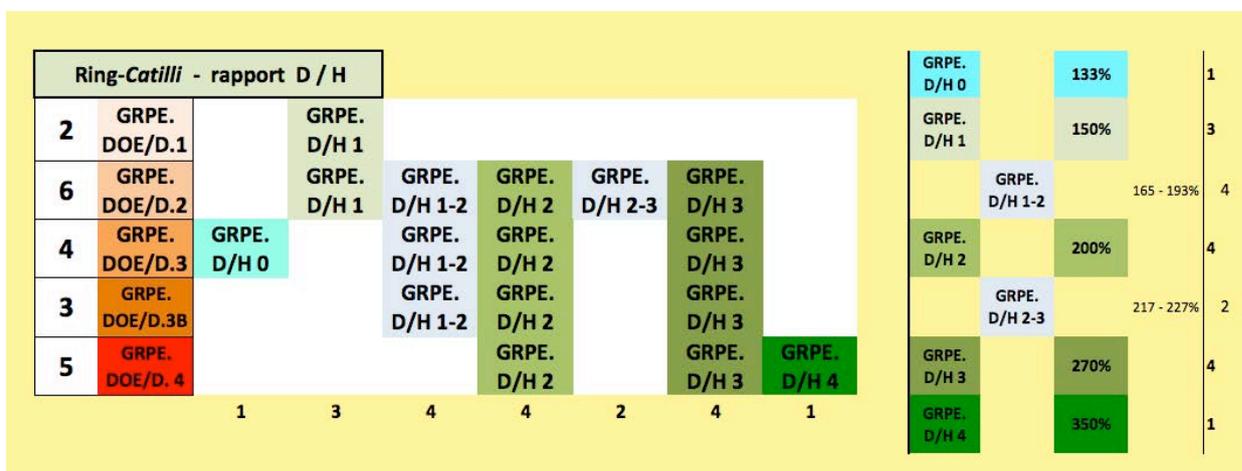
Néanmoins 3 groupements semblent se distinguer : le premier (D/H.1) se situe sur 150% (soit un Diamètre de 1 fois et demie la Hauteur), le second (D/H.2) sur 200% (soit un Diamètre valant 2 fois la Hauteur) et le troisième (D/H.3) est centré sur 270% (soit un Diamètre égal à 2,75 Hauteurs). Il convient de noter que ces rapports concernent généralement des meules utilisées et ne constituent pas des IREC à Neuf, le paramètre H étant sensible à l'usure.

Le groupe 1 (D/H 155%) n'est attesté que sur les *Catilli* d'Assouan et représente un modèle très trapu où le Diamètre est à peine supérieur à la Hauteur de la meule. Etant donné que l'IREC croît avec l'usure (H diminue), ce pic sur 155% peut s'expliquer par le caractère neuf de certains des *Catilli* d'Assouan, les autres (176 – 202 – 217%) étant des *Catilli* utilisés, initialement à partir d'un IREC plus faible, situable sur 150 - 175% voire 200% (Diamètre valant 2 fois la Hauteur).

Le second groupement, sur 200%, peut correspondre soit à des *Catilli* neufs définis par un Diamètre valant 2 fois la Hauteur, soit aussi à des *Catilli* utilisés dont l'IREC à neuf serait inférieur et donc de l'ordre de 150-175%. Il n'y a cependant pas de raison, à fortiori sur un échantillon si réduit, pour que l'usure -qui par définition est continue- produise un groupement sur une valeur. La concentration sur un IREC de 200% pourrait ainsi plutôt refléter une norme à neuf, d'autant qu'un IREC de 200% (Diamètre allant 2 Hauteurs) constitue un rapport entier et métrologiquement canonique (si par exemple H. mesure 1/2 ou 3/4 de pied D. vaut alors 1 ou 1,5 pied). Par ailleurs on notera que chez les Meules Rotatives Basses, l'IREC (D/H) sur les ateliers s'établit en moyenne à 220% : une meule neuve montrant ainsi un diamètre égal à 2 fois ou 2 fois ¼ sa Hauteur. Ce fait renforce la probabilité que les Ring-*Catilli* et apparentés dont le rapport D/H est de 200% soient pour la plupart des meules neuves.

Le même raisonnement peut être appliqué au troisième groupe, constitué par le pic centré sur 270%, soit un diamètre équivalent à 2 hauteurs  $\frac{3}{4}$ . Toutefois on entre là dans le domaine de l'usure courante. Chez les MRB l'usure se situe entre 220% (IREC à Neuf moyen) et 385% (IREC d'usure moyen), elle peut même produire un IREC de 600 à 1000%. Ainsi, s'il s'agissait de MRB, un rapport D/H (IREC) de 270% signifierait un taux d'usure de 13%, c'est à dire une meule peu utilisée. Cela favorise la probabilité que les Ring-*Catilli* dont le rapport D/H est de 270% soient neufs ou faiblement usés.

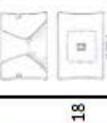
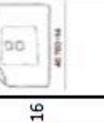
**FIG.C-6 – Rapport D/H et Ouverture**



En pages suivantes :

Tableau des 20 Ring-Catilli et Apparentés classés selon le rapport d'Ouverture (DOE / D).

## D- MATRICE ordonnée selon le Rapport DOE/D (ouverture)

RING-CATILLI & APPARENTÉS - matrice classée selon DOE/D										
N° Obj.	DESSIN ou PHOTO	REF. de l'Objet	DOE / D	D / H	CONCITÉ		CÔNES SYMÉ TRIQ.	UNICÔNE	OREILLES	ENCOCHES
					cone INF.	cone SUP.				
18		ASWAN Elephantine 4 (40 500-8) <small>WEFERS MANGARTZ 2010</small>	23%	155%	50°	70°	quasi		1	
16		ASWAN Elephantine 2 (40 700-14) <small>WEFERS MANGARTZ 2010</small>	23%	153%	55°	67°	quasi		1	

### Groupe DOE /D 1

Commentaires

CLASSE I DOE. 23% EFFECTIF = 2

Ouverture faible (23% du Diamètre, égale au maxima des MRB.

NB : les illustrations des meules en colonne 2 ont parfois été déformées lors de la manipulation et mise en page des tableaux

# Groupe DOE /D 2

		CLASSE II		DOE 30%		EFFECTIF = 6	
<p>Cette Classe II regroupe les RING CASTILLI dont l'Ouverture est, assez faible (DOE 30% du Diamètre), à peine supérieure au maxima des MBS (23-25%).</p> <p>Au delà de ce critère elle apparaît hétérogène.</p> <p>C'est le cas dans son rapport D/H qui relève de 5 Groupes différents pour 6 individus et varie de 155% à 270%. Du moins peut-on dire que 2 mesles ont un REC sur 150% et 4 de 200 à 300%.</p> <p>Mais l'hétérogénéité se montre également dans la Conicité qui relève de 5 groupes différents (sur 9 possibles) pour 6 individus, passant par toutes les valeurs de 0° à 70° à l'exception de 60°.</p> <p>Cette classe admet des Cônes symétriques ou dissymétriques ainsi que leur absence.</p> <p>Cette classe admet Oreilles ou Encoches et probablement leur absence, mais ces 3 attributs semblent fort variables dans toutes les classes dès qu'elles sont un peu fournies en effectifs.</p> <p>Cette Classe II comprend de véritables D-section conifil.</p> <p>En revanche, au vu du caractère limité de l'Ouverture on peut douter qu'elle concerne de véritables RING CASTILLI, à l'exception du n°7 (Cerro de la Cruz 6) qui en est un d'évidence et pour lequel l'appréciation de DOE pourrait être sous-estimée.</p>							
		GRPE. DOE/D.2	GRPE. D/H 1	OR	CO. 3		
		GRPE. DOE/D.2	GRPE. D/H 1-2	?	CO. 4a		
		GRPE. DOE/D.2	GRPE. D/H 2-3	OR	CO. 6		
		GRPE. DOE/D.2	GRPE. D/H 3	?	CO. 1		
		GRPE. DOE/D.2	GRPE. D/H 2	?	CO. 3		
		GRPE. DOE/D.2	GRPE. D/H 2-3		CO. 2		
17	 ASWAN Elephantine 3 (40 600-20) WEESES MANGARTZ 2010	29%	155%	45°	55°	1	1
5	 Cat.2 EI CERRO de la CRUZ (ESP.) QUESADA et al. 2014	29%	165%	40°	65°	1	?
15	 ASWAN Elephantine 1 (24 200-5) WEESES MANGARTZ 2010	32%	217%	27°	70°	1	1
2	 DOUGA (Tunisie) Du.474 De VOS et. Al 2011	Ca. 33%	ca. 270%	0° ?	0° ?	absence de cônes	?
6	 Cat.5 EI CERRO de la CRUZ (ESP.) QUESADA et al. 2014	DOE: 18 31%	207%	45°	50°	1	1
7	 Cat.6 EI CERRO de la CRUZ (ESP.) QUESADA et al. 2014	DOE: 19 32%	227%	35°	30°	1	?

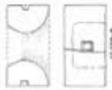
# Groupe DOE /D 3A

8		<b>CARTHAGE</b> Musée ou Villa	42%	133%	50°	48°	1	1	1	GRPE. DOE/D,3 A	OR GRPE. D/H 0	CO. 3	<p><b>CLASSE III</b>    DOE. 42-46%    EFFECTIF = 4</p> <p>Cette classe est homogène dans son Ouverture, proche de 50% du Diamètre (42 à 56%) et dans sa Conicité, groupée sur l'angle 45° plus rarement sur 60°.</p> <p>Elle admet autant les Oreilles que les encoches verticales partant du bord supérieur.</p> <p>Elle intègre les 2 modèles Annulaires Quasi-Pompéiens 2a et 2c de la typologie de Peacock.</p> <p>Elle montre une nette préférence pour les modèles à 2 C-Sonnes symétriques ou quasi-symétriques (même hauteur).</p> <p>En revanche, tout comme la classe II, elle admet tous les rapports D / H (à l'exception de 150% qui est spécifique aux castilli d'Assouan).</p>
12		Lapidarium KYRENIA (Chryse)	ca. 45%	203%	> 30°	> 30°	très probable	1	1	GRPE. DOE/D,3 A	OR GRPE. D/H 2	> 30°	
13		POMPÉI 2a	43%	267%	40°	40°	1	1	1	GRPE. DOE/D,3 A	OR GRPE. D/H 3	CO. 3	
19		ASWAN Elephantine 5 (17 800-11)	46%	176%	60°	40°	1	1	1	GRPE. DOE/D,3 A	GRPE. D/H 1-2	ENCOCH CO. 3b	

# Groupe DOE /D 3B

		CLASSE IV					DOE. 05%	EFFECTIF = 3
1	 CASTULO, JAËN (ESP.) ANDERSON 2013	53%	260%	ca. 40° ca. 40°	QUASI	1	GRPE. DOE/D.3B GRPE. D/H 3 ENCOCH CO. 3	
14	 POMPEÏ 2c	53%	183%	55° 60°	1	1	GRPE. DOE/D.3B GRPE. D/H 1-2 OR CO. 3b	
4	 los BOLANOS, Calatrava (ESP.) ANDERSON 2013	56%	ca. 200%	? ?	proba ble	? ?	GRPE. DOE/D.3B GRPE. D/H 2 ? ?	

# Groupe DOE /D 4

9		SOUSSE (Tunisie)	ca. 60%	193%	40°-50°	40°-50°	1	1	1	GRPE. DOE/D. 4	GRPE. D/H 2	OR	CO. 3
10		VOLUBILIS (Maroc)	65%	350%	65°	65°	1	1	1	GRPE. DOE/D. 4	GRPE. D/H 4	ENCOCH	CO. 3c
3		JORDANIE	ca. 65%	233% ca. 700% (usure)	50°-70°	50°-70°	1	?	?	GRPE. DOE/D. 4	?	?	?
11		ORVIETO, site R.16 provenance Vésuve probable	66%	273%	65°	ca. 30°-45°	1	1	1	GRPE. DOE/D. 4	GRPE. D/H 3	OR	CO. 3c
20		ASWAN Elephantine 6 (17 500-9)	66%	202%	45°	65°	1	1	1	GRPE. DOE/D. 4	GRPE. D/H 2	OR	CO. 4a

étranger

à ce groupe par sa SYMETRIE et son ANGLE faible.

**CLASSE V DOE 65% EFFECTIF = 5 (4)**  
 Cette classe regroupe les *Cortili* de grande Ouverture (DOE = 2/3 du Diamètre).

Comme pour les autres Classes, le rapport D/H y apparaît variable mais plutôt élevé si l'on associe le *cortilius* quasi-pompéien n° 9.

En revanche, cette classe associée à une grande ouverture une Conicité plutôt forte, située sur 60-70°, notamment pour le cône actif inférieur.

# ANNEXE n° 2 : Chronospatialité des 3 Diamètres de l'Anille

Longueur de l'ANILLE - chronologie et géographie ACH IV-205

	Σ	45%	31%	25%		
LT	34%	n° 78	n° 9 - 27 - 84 - 85 - 97 - 101 - 127 - 134	n° 14 - 23 - 24 - 28 - 30 - 31 - 76 - 95 - 102 - 106 - 112 - 113 - 114 - 121 - 122 - 126 - 129 - 131 - 133 - 135 - 136		
	30					
		1	3%	8	27%	21
Rom.	22%	n° 11 - 15 - 144 - 145	n° 8 - 16 - 40 - 41 - 44 - 60 - 119 - 141 - 143	n° 33 - 40* - 62 - 98 - 120 - 142		
	19	4	21%	9	47%	6
indatés undated	44%	n° 10 - 56 - 57 - 63 - 67 - 69 - 70 - 71 - 73 - 74 - 80 - 91	n° 2 - 3 - 13 - 38 - 49 - 53 - 55 - 61 - 66 - 96 - 111 - 118	n° 6 - 12 - 19 - 23 - 24 - 36 - 51 - 54 - 82 - 88 - 89 - 90 - 92 - 109 - 116		
	39	12	31%	12	31%	15
Σ	88					
	Σ	17	29	42		
		19%	33%	48%		

\* l'anille 40 a deux valeurs

1- La moitié des anilles observent la norme 25%, un tiers sont dimensionnées à 31% du diamètre et un cinquième à 45%.

2- La moitié des anilles à 25% (soit le quart du total) se placent à La Tène, 14% à l'époque romaine. La situation est équilibrée (30%) pour les anilles dimensionnées à 31% du diamètre.

3- Sur ces bases une lecture chronologique est possible :

Période 1 :  
 - apparition de l'anille au cours de La Tène avec 2 normes (25% et 31% du diamètre) et une troisième, rare (45%).  
 - la norme dominante au cours de LT est celle à 25% du diamètre  
 - la seule meule observant la norme marginale (45%) provient du N-E de l'Espagne (Puig Castellar, n° 78), elle est aussi la plus ancienne anille (III<sup>e</sup> BC).

Période 2 :  
 - la norme à 25% diminue de moitié à l'époque romaine (passant de 70 à 32%) tandis que la norme à 31% double (de 27 à 47%).  
 - parallèlement la norme à 45% semble croître tout en restant marginale (0,4 soit 21%) et largement espagnole.

- Durant la période romaine la norme dominante (anille à 31%) est moins écrasante (47 contre 70% à LT) du fait du bon maintien de celle à 25% et d'une tendance à l'essor de la norme à 45%.

4- La cartographie des anilles laténiennes dimensionnées à 25% du diamètre rend très probable l'existence d'une zone de prédilection correspondant au grand Est français : la Picardie, la Bourgogne, La Franche Comté et le Jura Suisse, l'Alsace et très vraisemblablement aussi la Lorraine (les données n'ont pu être réunies pour le Luxembourg la Rhénanie et la Belgique).

5- Toutefois on ne saurait déduire de la dominance laténienne de l'anille à 25% et du développement romain de la norme à 31% que les anilles courtes ont précédé les anilles à tiers. En effet on doit tenir compte de 2 faits :

- A- Les anilles les plus anciennes de la série relèvent de la norme à 31% (meules 84 et 85 de Martigues, Ile 2 soit ca. 150 BC; meule 97 de Puig Castellar en Catalogne datant du III<sup>e</sup> BC) et de la norme 45% (n° 78 Puig Castellar III<sup>e</sup> s.).
- B- Les exemplaires de la norme à 25% sont datés de LTD ou LT sans précision.

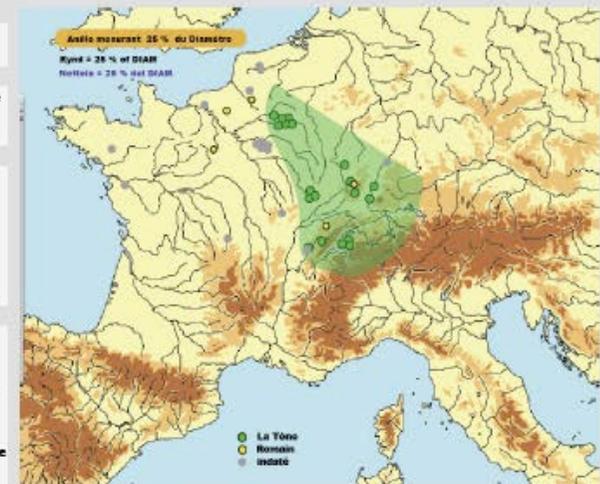
A.Chartrain IV-2015

6- Un cadre chrono-géographique peut ainsi être esquissé qui devra être soumis à l'épreuve de l'enrichissement des données notamment chronologiques :

- 1- La plus ancienne norme connue pour l'anille est celle d'un dimensionnement à 31% du diamètre (III<sup>e</sup> et II<sup>e</sup> s. BC).
- 2- L'origine est peut-être méridionale mais les données, encore rares, ne permettent pas de l'assurer.
- 3- L'anille courte, normée sur 25% du diamètre, caractérise à La Tène D le grand Est français, son probable foyer d'origine. Elle y est attestée sur une grande variété de roches (dont pour la moitié des grès).
- 4- Cette norme représente 70% des anilles référencées pour la période laténienne.
- 5- Elle diminue de moitié (à 32%) durant l'époque romaine au profit de la norme à 31% qui double (de 27% à LT à 47%) et, marginalement de la norme à 45%.
- 6- L'époque romaine est caractérisée par la coexistence de 3 normes apparues dès l'origine de l'anille, la dominante (47%) est l'anille dimensionnée à 31% du diamètre, suivie de l'anille courte qui totalise le tiers des effectifs.
- 7- Les meules en roche volcanique, absentes des anilles à La Tène, sont représentées dans les 3 normes. Toutefois si leur présence dans la norme marginale 45% est proportionnelle, force est de reconnaître que les normes 25 et 31% ont fui le matériau volcanique où elles sont présentes 9 et 3 fois moins.
- 8- Malgré un recouvrement géographique, l'anille courte (norme 25%) n'est pas associée au moulin plat (foyer laténien Picardie/Normandie) ni aux meules à faible conicité (moitié Nord de la France et Belgique).
- 9- Selon de premières données les moulins modernes sembleraient privilégier la norme à 31%, qui aurait alors en quelque sorte été validée par l'histoire.

NB : 2 anilles par-dessous à Serra de l'Esperasa, à priori II BC, cotées SE.5 et SE.6 DIAM 36 et 40 cm

NB: L'anille est à ce jour absente à Orvieto mais cela peut être dû à l'état des ébauches sauf chronologie antérieure au II<sup>e</sup>-I<sup>e</sup> s. a.C.



Anille à 25% de D.

norme à 25% LT	
calc. Cérît	6
vauugnèrite	3
rhyolite	1
divers grès	11
	21

A.Chartrain IV-2015

anilles sur roche volcanique (9%)		total norme	
norme	Q, réf. Meules / total	& rapport	
25%	2 n° 62, 109	5%	48% x-9
31%	3 n° 35, 61, 141	10%	33% x-3
45%	3 n° 15, 36, 37	19%	18% =

Anille à 31% de D.



# ANNEXE n°3 :

## Liste des *Catilli* de Style Pompéien en Gaule & Germanies

### LISTE des *CATILLI* POMPEIENS en Gaule & Germanies

sources: JACCOTTEY, LONGEPIERRE 2011 ; GLUHAK et al. 2017

Lieu	Q.	
<b>LEUCITITE (R.M.P.)</b>	<b>37</b>	
ARLES (13)	2	
ASPIRAN (34)	2	
TOURBES (34)	1	
PEZENAS (34)	1	
LASCOURS (34)	4	
LATTES (34)	1	
Les MARTYS (11)	9	
LUNEL Mas de Fourques (34)	1	
NÎMES (30)	7	
ORANGE (84)	1	
St Hippolyte de Montaigu (30)	1	
MAYRAN (30)	1	
VIENNE (38)	2	
AIX (13)	2	
LYON (69)	1	
PEYRIAC-de-Mer (11) n°11 ACH2017	1	
<b>VOLCANIQUE non IDENTIFIÉ</b>	<b>14</b>	
JOUARS-Pont-Chartrain (78)	1	Eifel ou MCentral ?
LIMOGES (87)	1	MC ?
LUNEL VIEL (34)	1	RMP ? MC ?
LYON (69)	4	RMP, MC ou Eifel ?
PARIS (75)	1	EIFEL ?
REIMS (51)	4	EIFEL ?
AMIENS (80)	1	EIFEL ?
BOURBONNE LES BAINS (52)	1	EIFEL ?
<b>EIFEL</b>	<b>10</b>	
Mangartz 2008	6	
2017 n° 32 SEDAN (08)	2	
SOISSONS (60)	1	
HALTERN	1	
<b>MASSIF CENTRAL</b>	<b>4</b>	
2017 n° 24 TOURS (37)	1	
2017 n° 25 ORLEANS Fontaine (45)	1	
2017 n° 30 REIMS Cernay (51)	1	
2017 LYON (69)	1	
<b>65</b>	<b>TOTAL VOLCANIQUE</b>	

<b>GRÈS de FOSSES-BELLEU</b>	<b>7</b>	
MEAUX (77)	2	
REIMS (51)	1	
AMIENS (80)	4	

<b>GRÈS et RHYOLITE</b>	<b>3</b>	
CHALON/SAÔNE (71)	1	
AMIENS (60)	1	
2017 N° 17 LES ARCS (83)	1	Rhyolite Provence ?

<b>INDETERMINÉES</b>	<b>3</b>	
BORDEAUX/TOULOUSE (P. Caussade)	1	peut-être 2 ou 3
2017 n° 16 la GARDE (83)	1	
2017 n° 18 ENTRECASTEAUX (83)	1	

<b>13</b>	<b>TOTAL non VOCANIQUE</b>
-----------	----------------------------

  
**Total = 78**

<b>TOTAL VOCANIQUE</b>	<b>83%</b>	minimum
<b>TOTAL non VOCANIQUE</b>	<b>17%</b>	

Total Narbonnaise & Lyon	46	59%
	44	soit 95 à 100 % volcanique

# ANNEXE n° 4

## PLATEAUX des TOURS de potier : un Aperçu

Le parallèle que nous avons souhaité opérer entre la technique du moulin rotatif et celle du tour de potier nous a amené à examiner une série de disques d'argile ou de pierre qui sont interprétés comme des plateaux de tour de potier (« tournette »). Il s'agissait en particulier de connaître le diamètre de ces plateaux ainsi que leur volume ou poids afin de les comparer aux meules tournantes (*Catillus*) voire d'en apprécier l'énergie cinétique.

Pour ce faire nous avons considéré 2 lots de disques, parmi les plus anciennement connus, ceux « minoens » trouvés en Crète (XANTHOUDIDES 1927) au nombre de 9, et ceux du III<sup>e</sup> millénaire aC du Levant Sud (ROUX, MIROSHEDJI 2009) au nombre de 19 (9 disques supérieurs et 10 petits disques inférieurs). Au total la série se compose de 28 disques et fournit 25 mesures de Diamètre (D.), Epaisseur (H.) et Volume à travers 16 grands disques supérieurs et 9 petits disques du dessous<sup>1</sup>. L'étude mériterait d'être développée notamment à partir de l'article récent de HASAKI 2019 et des références qu'il cite telles que EVELY ou BERG.

Nous pouvons titer de l'étude de notre petite série les conclusions suivantes :

**1-** Les deux séries (voir Tables dans la Partie B- ci-dessous) composent **un ensemble cohérent du point de vue dimensionnel.**

### GRANDS DISQUES SUPÉRIEURS (rotatifs) :

Le Diamètre de ces 16 disques (argile cuite, pierre dont basalte) occupe l'intervalle 23,5 à 36,8 cm, complété d'un exemplaire à 40 cm ; **la moyenne est de 32,2 cm soit environ 16 Dgt<sup>2</sup> ou 1 pied.**

L'Epaisseur (H.) des disques varie de 3,1 à 7 cm, la moyenne s'établissant à 4,9 cm, soit **ca. 2,5 Dgt.**

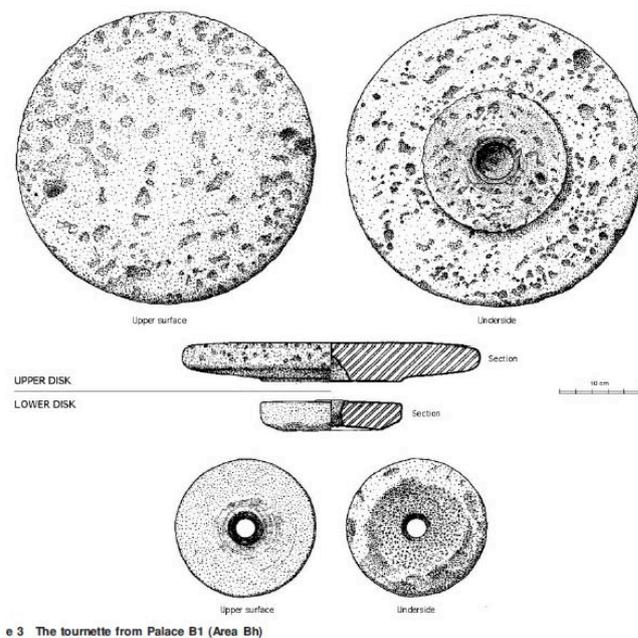
Le Volume moyen est de **3 800 cm<sup>3</sup>**, soit un Poids de **8 kg** pour une roche de densité 2,2 g/cm<sup>33</sup>.

---

<sup>1</sup> 2 individus classés parmi les Grands Disques de la table 1 de ROUX, MIROSHEDJI 2009 (Halif.101 et Megiddo XVIII) mesurant 13,2 et ca. 18 cm ont été reclassés dans les Petits disques au vu de leur diamètre, en l'absence de dessin technique on ignore s'ils possèdent les traits spécifiques des Grands Disques (non perforation et sous face montrant un anneau en relief muni en son centre d'un cône en négatif pour accueillir un pivot).

<sup>2</sup> Le doigt (*Digitus* ou dactyle) sera abrégé en Dgt, le Pouce (Uncia) en Pce. L'approximation métrologique est calculée pour un pied de 32,65, pour un pied de 29,5 le Diamètre moyen correspondrait à 17 Dgt et l'épaisseur à 2,6 Dgt.

<sup>3</sup> Cette densité correspond assez souvent à celle de scalcaires lourds, d'une partie des grès et des laves vacuolaires ; il est regrettable que les auteurs ne présentent pas les objets.



**FIG.1 Grand Disque supérieur et Petit Disque inférieur de Tel Yarmouth (ROUX, MIROSHEDJI 2009)**

Cependant les volumes des grands disques supérieurs se répartissent en 4 classes (1800/3000/4800/6800 cm<sup>3</sup>), 10 des 15 volumes calculables relevant des classes II et III. Les disques suivent donc un registre d'environ 4 kg/6,6 kg/10,5 kg/15 kg. Le changement de classe correspond à un saut de l'ordre de 25% par rapport au

volume moyen de la classe antérieure. La progression de volume s'accompagne d'une progression tendancielle de l'épaisseur.

PETITS DISQUES INFÉRIEURS :

Le Diamètre de ces 9 disques (tous réalisés en basalte) occupe l'intervalle 10 à 19 cm ; la moyenne est de 15,5 cm soit environ 8 Dgt ou 1/2 pied (sur les Gabarits des disques voir *infra* point 4).

L'Épaisseur (H.) de ces disques varie de 3 à 6,5 cm, cette étendue est donc la même que celle des Disques Supérieurs. La moyenne s'établit à 4,3 cm (contre 4,9 aux Grands Disques), soit ca. 2 Dgt.

Le Volume moyen est de 800 cm<sup>3</sup>, soit 5 fois moins que celui des grands Disques Supérieurs. Le Poids moyen serait de 2 kg pour une roche de densité 2,2 g/cm<sup>3</sup>.

Les volumes des petits disques inférieurs semblent se répartir en 3 classes (300/700/1 400 cm<sup>3</sup>). La plus grande de ces classes est plus petite que la première des grands disques (1 900 cm<sup>3</sup>). Le changement de classe correspond sans doute à un saut de l'ordre de 50% par rapport à la classe antérieure. A l'exception du disque provenant de Halif 101, chaque classe de volume est corrélée à une épaisseur croissante.

**2-** Les Disques, petits ou grands, apparaissent comme des objets répondant à une série de normes. Ces **normes** de diamètre, d'épaisseur et finalement de volume (donc sans doute de poids) sont de nature **métrologique** : elles répondent au système du Pied manipulé à travers sa division en Doigts. **Il est toutefois possible**, mais non obligatoire, que ces normes recèlent ou répondent à des **normes techniques**, attachées en particulier au poids du plateau et à l'énergie cinétique qui lui est liée<sup>4</sup>. Ces normes peuvent également correspondre à un registre de dimensions des vases réalisés, ou du moins de la motte de terre initiale à modelée sur la tournette.

<sup>4</sup> Non que la RKE ait été calculée mais certainement appréciée empiriquement avec une certaine précision à partir de vitesses habituelles d'actionnement et du poids du plateau, lequel pouvait éventuellement être changé selon les vases à monter ou à achever.



Etant donnée la très faible RKE il était donc impératif, pour que le tour possède une certaine inertie qui fasse durer la rotation, que les forces de friction soient limitées au maximum et que l'essentiel du poids du plateau et de sa charge céramique repose sur la pointe de l'axe formant pivot. A cet égard il est probable que les pivots de pierre trouvés à l'Age du Fer en Espagne (AVILA 2013 – FIG.4) aient été d'une certaine efficacité mais il est probable que des pointes de bronze et notamment de fer l'aient été bien plus encore. De telles raisons pourraient expliquer la généralisation du tour rapide en Méditerranée centrale et occidentale à partir de 500 aC, phénomène contemporain de l'apparition et de la diffusion du moulin rotatif.

L'existence de disques en argile, plus légers que ceux en pierre, pourrait indiquer que **l'essentiel de l'Energie Cinétique de rotation provenait de la charge céramique et non du disque** et l'on peut concevoir une évolution chronologique qui substituerait les plateaux en céramique voire en bois, à ceux de pierre. Ce report de la masse nécessaire depuis le plateau vers la charge pourrait indiquer que l'essentiel du travail de tournage concernait de vases d'une certaine envergure plutôt que des petites formes. Tout autant les plateaux pouvant être changés selon le type plus ou moins lourd de vases à tourner, et les plateaux légers, notamment en bois, n'ont pas été conservés.

FIG.4 AVILA 2013



istoria de la Comarca de Mérida. Fotos C. López

**6-** On doit pour finir ces remarques revenir sur le caractère double des disques des tours de potier anciens. Le dispositif associe en effet deux disques de taille différente, tous deux portant une face polie qui témoigne de leur frottement durant une rotation relativement rapide ou longue. Il apparaît probable que le petit disque du dessous, au diamètre deux fois moindre (18 cm ca.) ait revêtu une fonction anti-oscillation permettant au grand disque supérieur de tourner sans pencher et entrer alors dans une rotation décentrée, conique<sup>5</sup>. Le dispositif offrant une large surface de contact (18 cm de diamètre soit ca. 254 cm<sup>2</sup> contre 1063 au disque supérieur) nécessite comme condition de fonctionnement que les forces de frottement soient réduites au minimum : à l'issue d'une période de rodage, le polissage obtenu sur la face supérieure du petit disque et sur la sous-face du grand disque peut avoir répondu à cet impératif, très probablement avec l'aide d'un abrasif initial puis vraisemblablement d'un lubrifiant (huile végétale ou graisse)<sup>6</sup>.

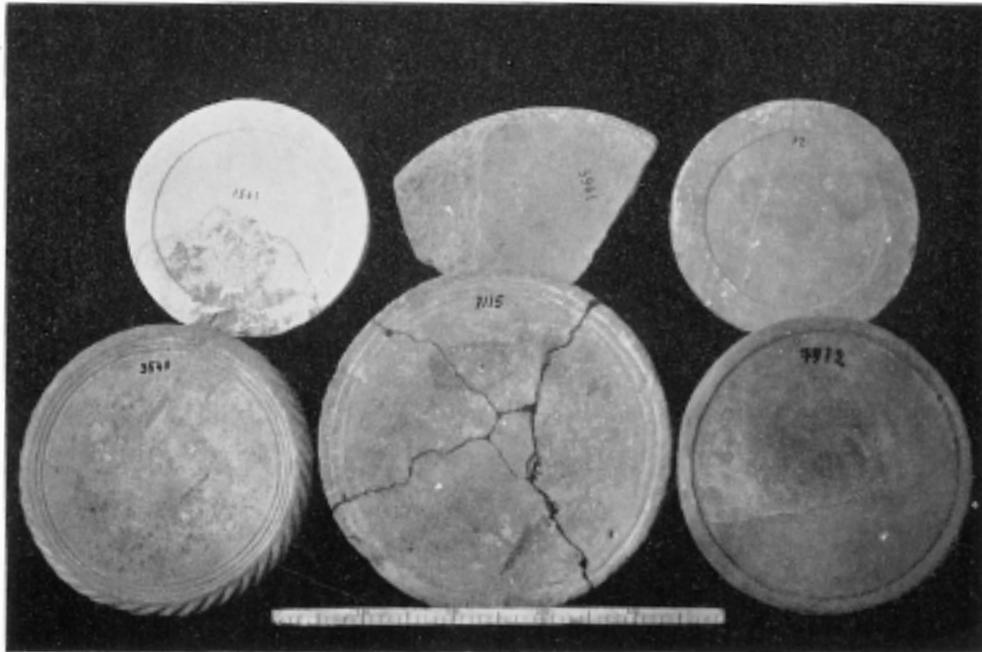
Toutefois cette association de deux disques appelle de nombreux approfondissements : on peut ainsi s'étonner de la présence parfois d'un anneau en relief à la surface du disque inférieur comme de l'étranglement incisif de l'œil du petit disque (résultant de la perforation jointe à partir des 2 faces) peu favorable à la durabilité de l'axe (ces deux caractères étant présents sur l'exemplaire Tell Yarmouth B1). La nécessité technique d'un axe fixe en bois enterré peut aussi être sujette à interrogations. Enfin le fait que dans chacun des 3 pieds on ait fabriqué 70 à 80% de grands disques et 30 à 20% de petits disques ne correspond pas vraiment au couplage systématique de 2 disques (pourcentage attendu : 50%).

<sup>5</sup> Cette problématique de l'oscillation est commune au tour de potier et au moulin rotatif.

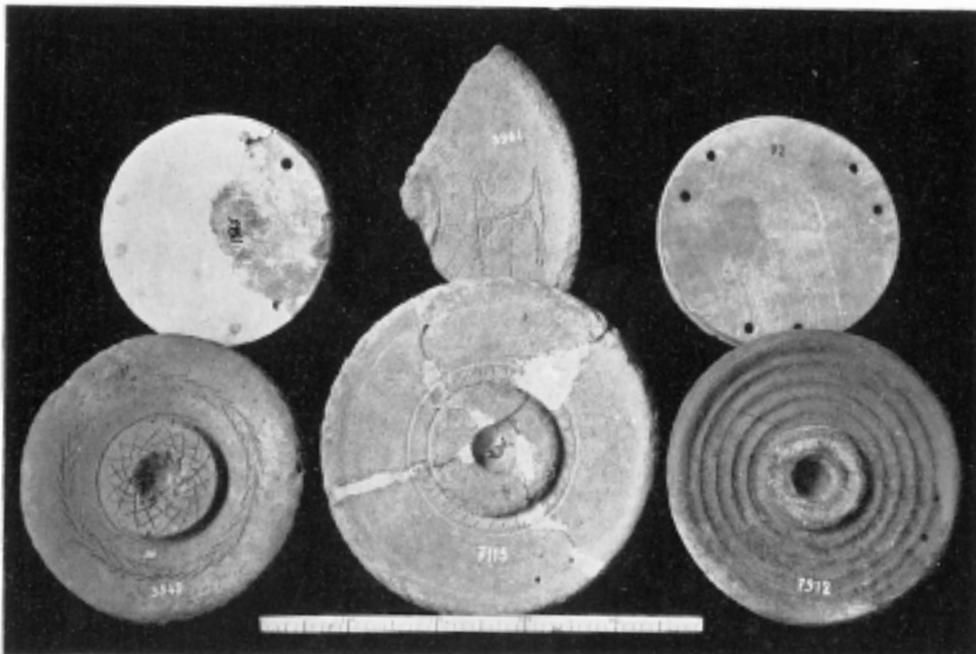
<sup>6</sup> Sur les lubrifiants, intéressantes notations et références dans HASAKI 2019, note 22.

## A- CATALOGUE iconographique

### 1. DISQUES MINOENS (XANTHOUIDES 1927)



a. UPPER SIDE



b. UNDER SIDE

XIX DISCS FROM TYLISSOS, PHAISTOS, HAGIA TRIADA,  
AND KNOSSOS



*a.* UPPER SIDE

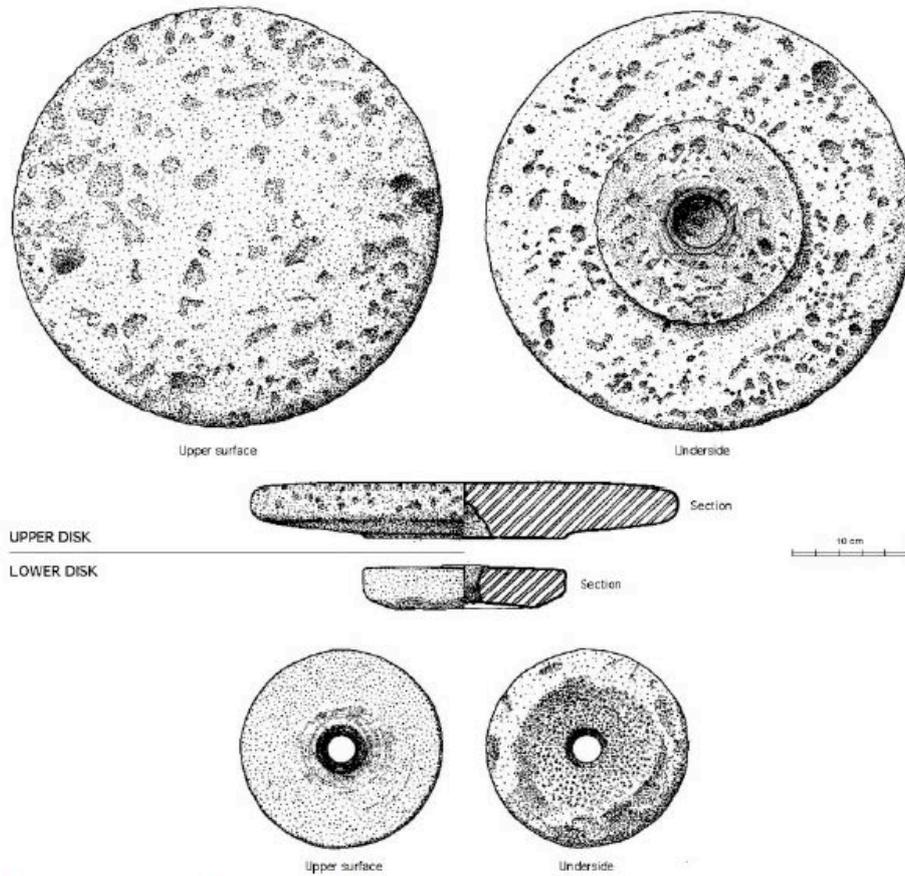


*b.* UNDER SIDE

XVIII. THE FIVE CLAY DISCS FROM GOURNIA

## 2. DISQUES du LEVANT (ROUX, MIROSHEDJI 2009)

### Couple 1 : Disques trouvés en zone B1



e 3 The tournette from Palace B1 (Area B1)

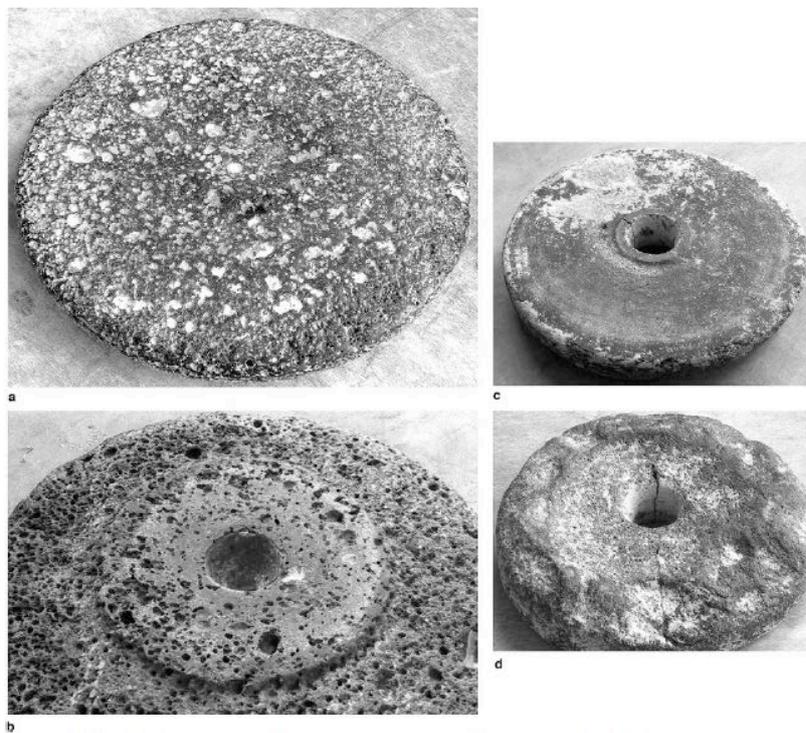


Figure 4 Details of the tournette from Palace B1. a) upper surface of the upper disk, b) underside of the upper disk, c) upper surface of the lower disk, d) underside of the lower disk

Couple 2 : Disques trouvés en zone Ja

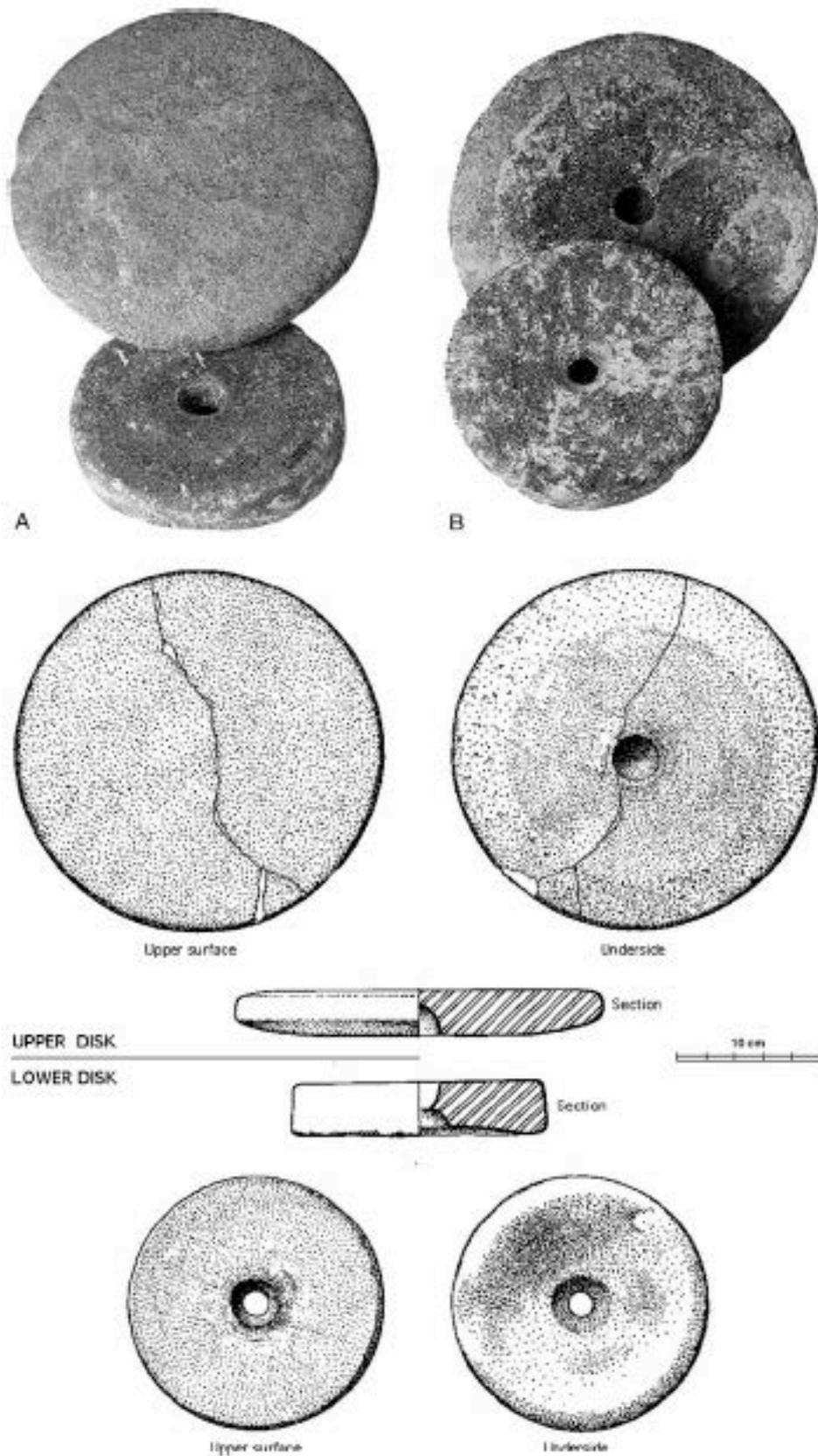


Figure 5 The tournette from Area Ja

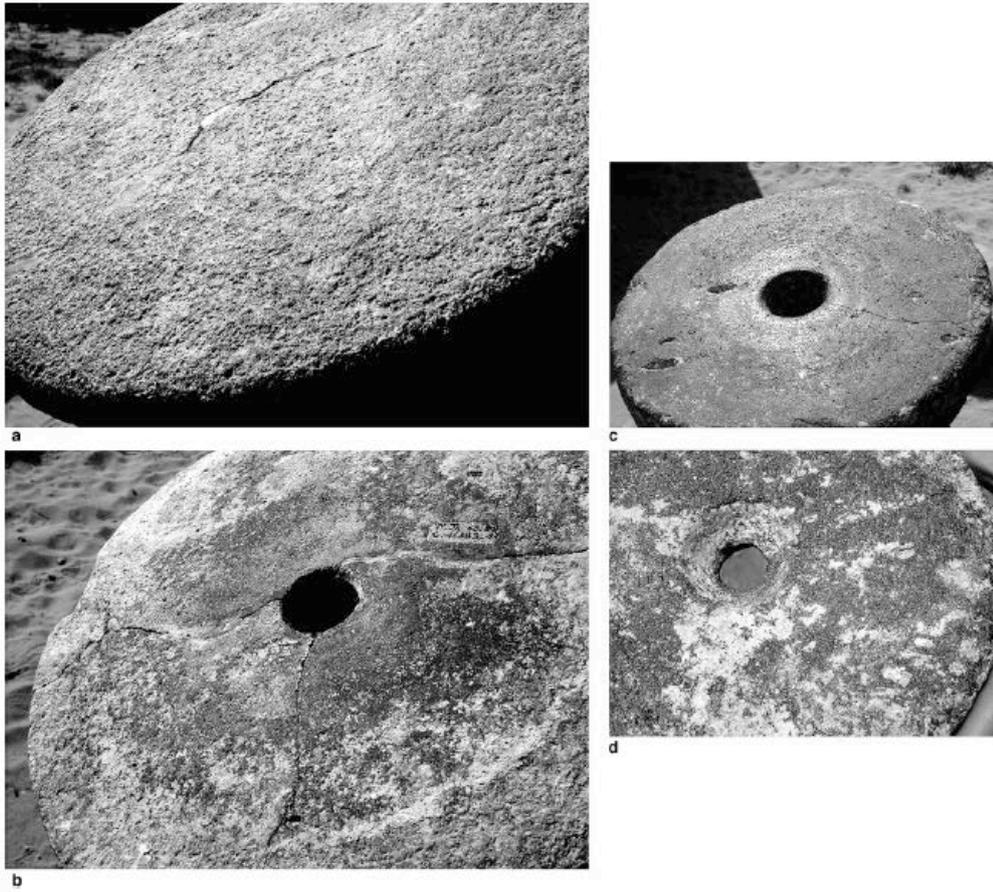


Figure 6 Details of the tournette from Area Ja. a) upper surface of the upper disk, b) underside of the upper disk, c) upper surface of the lower disk, d) underside of the lower disk

## Réutilisation expérimentale des Disques 1 (B1)



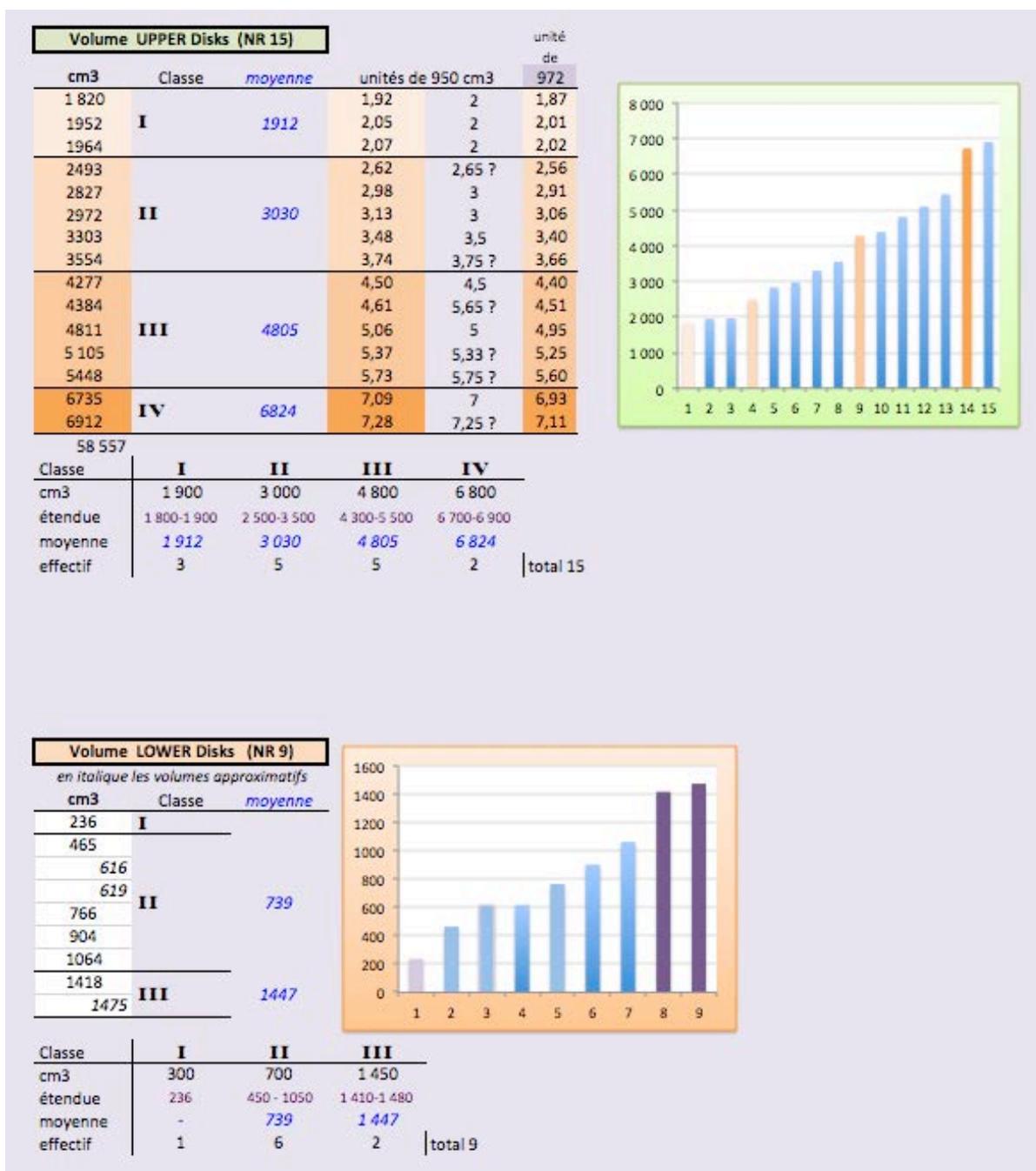
Figure 7 Experimental use of the tournette of Palace B1 with potter Doron Yakobi. Note that the wheel is operated by an assistant and not by the potter himself. Note also, on the right, the lower disk is inserted into a wooden stick fixed into the ground, and clay spread between the two disks as a lubricant

## B- TABLE & COMMENTAIRES

TABLE.1 – Table des Diamètres, Hauteur et Volume des Disques Supérieurs et Inférieurs

DIMENSIONS & VOLUMES des PLATEAUX de TOUR de POTIER						
sources : XANTHOUDIDÈS 1927 ; ROUX, MIROSHEDJI 2009						
	SITES	DIAM.	H.	cm3	Classe	
UPPER Disks	YARMOUTH.1	36,8	4,8	5 105	III	
	YARMOUTH.2	26,5	3,3	1 820	I	
	HALIF.101	13,2	5,6	766		
	MEGIDDO XVIII	ca. 18,0	-	-		
	QIRYAT ATA I	ca. 32,0	3,1	ca. 2 493	II	
	BETH YERAH	ca. 23,5	4,5	ca. 1 952	I	
	MEGIDDO XVI	ca. 30	-	-		
	JERICHO	25,0	4,0	1 964	I	
	9 UMEIRI	ca. 30,0	ca. 4,0	ca. 2 827	II	
	Total ca.*	203,8	29,3	16 161	2 694	5,9
moyenne /7	29,1	4,2	2 287	6,1	kg pour 2,2 g/cm3	
clay discs Minoens	GOURNIA 6738	29	5	3 303	II	
	GOURNIA 3169	35	7	6 735	IV	
	GOURNIA 3167	30,5	6	4 384	III	
	GOURNIA 3166	34	6	5 448	III	
	GOURNIA 3165	35	5	4 811	III	
	TYLISSOS 7115	40	5,5	6 912	IV	
	PHAISTOS 3549	33	5	4 277	III	
	total	295	49,2	42 394	4 710	10,4
moyenne /9	32,78	5,47	4 613	10,1	kg pour 2,2 g/cm3	
stone discs Minoens	KNOSSOS 72	29,5	5,2	3 554	II	
	TYLISSOS 1565	29	4,5	2 972	II	
Total général	498,8	78,5	58 555	3 904	8,6	
moyenne	31,2	4,91	3 745	8,2	kg pour 2,2 g/cm3	
DGT	15,7 DGT	2,4 DGT	calcul pour un pied de 32,65			
	16,82 DGT	2,66	calcul pour un pied de 29,5			
LOWER Disks	HALIF.101	13,2	5,6	766	II	
	MEGIDDO XVIII	ca. 18,0	-	-	-	
	W. GHATZEH	10,0	3,0	236	I	
	MESER I	ca. 17,0	c. 6,5	ca. 1 475	III	
	MEGIDDO St.IV	19,0	5,0	1 418	III	
	QIRYAT ATA I	13,0	3,5	465	II	
	Tell DALIT II	ca. 14,0	ca. 4,0	ca. 616	II	
	QASHIH B-XIIA	ca. 15,0	ca. 3,5	ca. 619	II	
	YARMOUTH.1	17,4	3,8	904	II	
	10 YARMOUTH.2	18,4	4,0	1 064	II	
	Total ca.**	155,0	38,9			** dont UpperDisks supposés 13,2 et ca.18
	moyenne /10	15,5	4,3	816	1,8	kg pour 2,2 g/cm3
	DGT	7,6 DGT	2,1 DGT	calcul pour un pied de 32,65		

**TABLE.2 – Classes de Volume des Disques Supérieurs & Inférieurs**



**TABLE.3 – Echelle des Poids estimés (pour 2,2 g/cm<sup>3</sup>)**

Le saut de valeur est calculé sur la moyenne de la classe précédente (voir Fig.2)

ECHELLE des POIDS			
Poids estimé des UPPER Disks			
cm3	2,2 g/cm3	écart	saut
1 820	4,004		
1952	4,2944	0,2904	
1964	4,3208	0,0264	
2493	5,4846	<b>1,1638</b>	28%
2827	6,2194	0,7348	
2972	6,5384	0,319	
3303	7,2666	0,7282	
3554	7,8188	0,5522	
4277	9,4094	<b>1,5906</b>	24%
4384	9,6448	0,2354	
4811	10,5842	0,9394	
5 105	11,231	0,6468	
5448	11,9856	0,7546	
6735	14,817	<b>2,8314</b>	27%
6912	15,2064	0,3894	

kg

ECHELLE des POIDS			
Poids estimé des LOWER Disks			
cm3	2,2 g/cm3	écart	saut
236	0,5192		
465	1,023	<b>0,5038</b>	97%
616	1,3552	0,3322	
619	1,3618	0,0066	
766	1,6852	0,3234	
904	1,9888	0,3036	
1064	2,3408	0,352	
1418	3,1196	<b>0,7788</b>	48%
1475	3,245	0,1254	

**TABLE.4 – Analyse de l'Unité de Volume qui semble transparente :**

1- Les classes de Volume font apparaître une **régularité** qui pourrait renvoyer à un **système de mesure** de capacité ou de poids.

En effet, de 3.000 cm<sup>3</sup> à 4.800 il y a un écart de 1.800 que l'on retrouve avec les 1.900 de la classe I et dans l'écart entre 3.000 et les 6.800 de la classe IV (1.900 x 2).

L'absence de cet écart rythmique entre 1.900 et 3.000 cm<sup>3</sup> (1.100 cm<sup>3</sup>) laisse présager d'une unité qui soit la moitié de 1.900 soit 950. On teste donc la série sur cette base (950).

950	attendu	observé	
		moyennes	erreur
x 1	950		
x 2	1900	1912	0,63%
x 3	2850	3030	6,32%
x 4	3800		
x 5	4750	4805	1,16%
x 6	5700		
x 7	6650	6824	2,62%

2- Le total des volumes (58 557 cm<sup>3</sup>) correspond à 61,64 unités de 950 cm<sup>3</sup>. Pour 61 unités le volume attendu serait de 57 950 cm<sup>3</sup>.

On peut également envisager que 58 557 soit corresponde à un nombre entier d'unités. Si ce total est de 61 unités alors l'unité est de 960 cm<sup>3</sup> (959,95 exactement). Si le total correspond à 60 unités, alors l'unité serait de 976 cm<sup>3</sup> (975,95).

Le tableau ci-dessous figure en complément le test pour une unité valant 960 cm<sup>3</sup>.

960	attendu	observé		972	attendu	observé	
		moyennes	erreur			moyennes	erreur
x 1	960			x 1	972		
x 2	1920	1912	-0,42%	x 2	1944	1912	-1,65%
x 3	2880	3030	5,21%	x 3	2916	3030	3,91%
x 4	3840			x 4	3888		
x 5	4800	4805	0,10%	x 5	4860	4805	-1,13%
x 6	5760			x 6	5832		
x 7	6720	6824	1,55%	x 7	6804	6824	0,29%
			7,28				6,98

Si l'on fait varier la valeur de l'unité on s'aperçoit que c'est la valeur **972 cm<sup>3</sup>** qui donne l'erreur la plus faible. Il est donc possible que la valeur de l'unité soit un peu supérieure à celle donnée en première approximation par les écarts entre moyennes. Cependant, sur le total général de 58 557 cm<sup>3</sup> l'unité de 972 cm<sup>3</sup> donne un total de 60,24 unités contre 61 pour l'unité de 960. L'unité de 976 qui donne également un total entier (60 unités) donne en revanche une erreur légèrement plus importante sur les moyennes (7,14%). On considérera donc l'unité de 960 cm<sup>3</sup> pour la phase suivante d'exploration.

3- On peut en effet se demander si l'unité de 960 ou 976 cm<sup>3</sup> qui semble servir pour définir le volume des plateaux de tour ne correspond pas à un volume de base qui pourrait prendre la forme notamment d'un disque ou d'un cylindre correspondant à une mesure de capacité à liquide ou à grain.

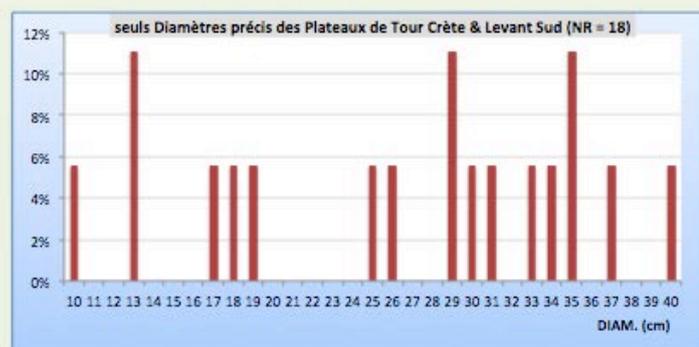
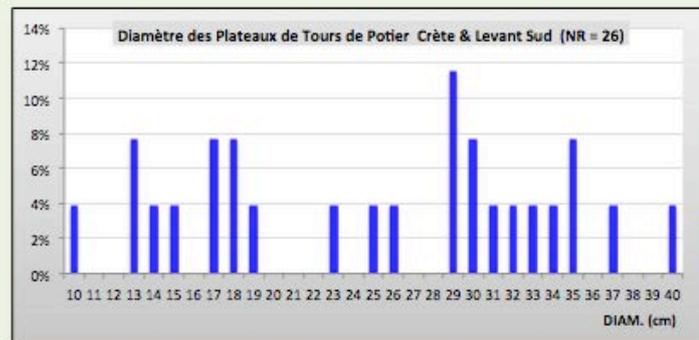
Dans cette optique on explore les cylindres qui correspondraient le mieux à l'unité de 960 cm<sup>3</sup>, ceci dans les 3 pieds que nous avons détecté sur les diamètres des disques supérieurs et inférieurs, à savoir : le Pied Dorique de 32,65 (disques de Tell Yarmouth) et surtout le pied de type Ionique (29,5 cm) ainsi qu'un pied non répertorié de 30,46 cm.

On utilise la formule suivante :  $960 \text{ cm}^3 = (R^2 \times 3,1416 \times H)$  en faisant varier H de 1 à 3 DGT sinon plus. Cela permet de définir un disque ou cylindre et d'en transcrire les dimensions D et H en doigts (DGT).

## C- MÉTROLOGIE des DISQUES de Tour de potier

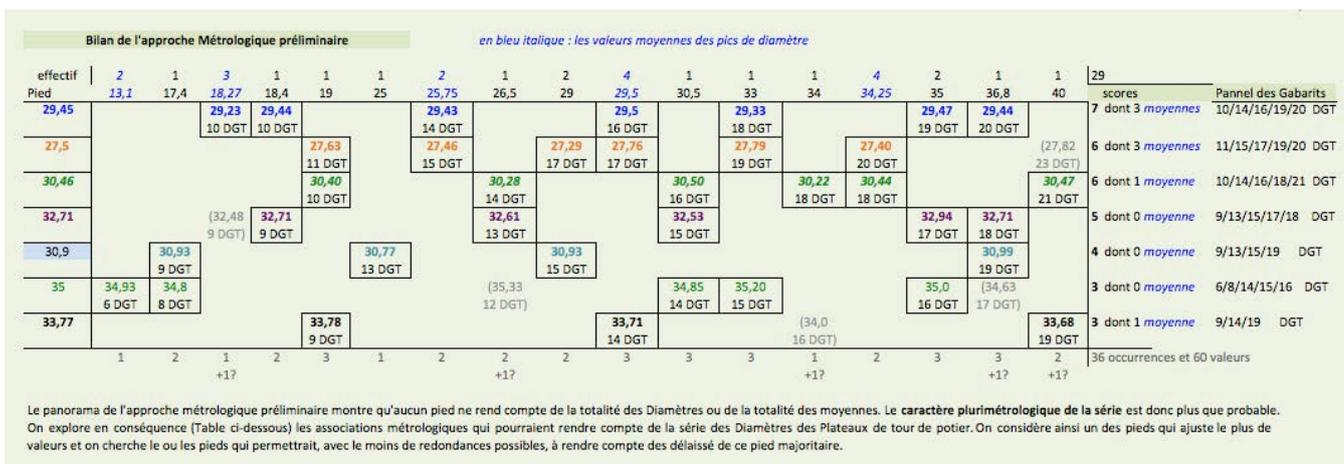
TABLE.5 et DIAGRAMME. 6 – Diamètre des Disques

MÉTROLOGIE des DISQUES de TOUR de Potier				
	SITES	DIAM.		
UPPER Disks	YARMOUTH.1	36,8		
	YARMOUTH.2	26,5		
	QIRYAT ATA I	ca. 32,0		
	BETH YERAH	ca. 23,5		
	MEGIDDO XVI	ca. 30		
	JERICHO	25,0		
	9 UMEIRI	ca. 30,0		
	clay discs	GOURNIA 6738	29	
	Minoens	GOURNIA 3169	35	
	GOURNIA 3167	30,5		
	GOURNIA 3166	34		
	GOURNIA 3165	35		
	TYLISSOS 7115	40		
	PHAISTOS 3549	33		
stone discs	KNOSSOS 72	29,5		
Minoens	TYLISSOS 1565	29		
LOWER Disks	HALIF.101	13,2	Upper reclassés en Lower	
	MEGIDDO XVIII	ca. 18,0		
	W. GHAZZEH	10,0		
	MESER I	ca. 17,0		
	MEGIDDO St.IV	19,0		
	QIRYAT ATA I	13,0		
	Tell DALIT II	ca. 14,0		
	QASHIH B-XIIA	ca. 15,0		
	YARMOUTH.1	17,4		
	10 YARMOUTH.2	18,4		

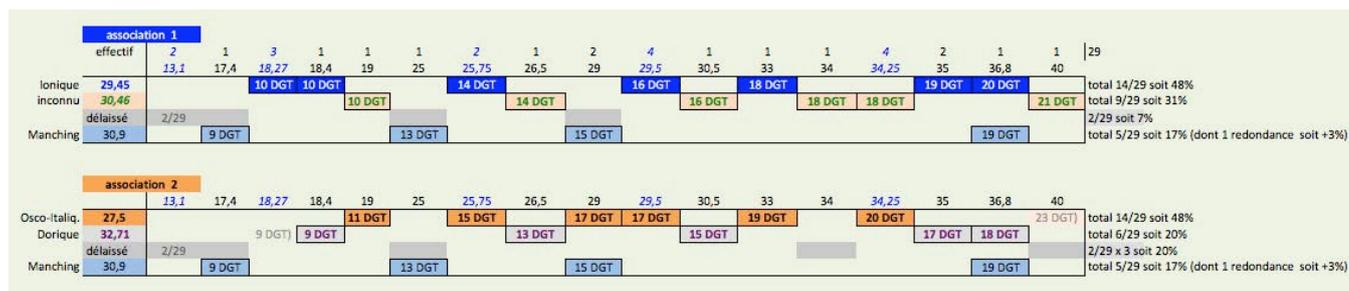


**TABLE.7 – Correspondance entre Diamètres et Pieds possibles**

Lire : le Diamètre 18,4 correspond à 10 Dgt d'in pied de 29,44 cm et à 9 Dgt d'un pied de 32,71



**TABLE.8 – Comparaison entre 2 associations de 3 Pieds pour rendre compte de la série des Diamètres des Plateaux de tours de potier : l'association 1 apparaît plus probable (la 2 laissant deux valeurs orphelines : les diamètres de 34 et 40 cm)**



# ANNEXE n° 5

ACH V-2019

## Le TOUR de POTIER dans une perspective comparative avec le Moulin Rotatif Bas

Le TOUR de POTIER nous semble digne d'intérêt dans l'approche technique en raison des points de comparaison qu'il offre avec le MRB. Plutôt que seulement indiquer ou affirmer des points communs ou des distinctions, il nous a paru intéressant sinon nécessaire d'entrer dans un examen plus rapproché de ces deux équipements, afin de mieux en dégager les composants, les forces et mécanismes en jeu ou encore les points soulevant des interrogations.

Naturellement, même si nous avons cherché à être au plus près des savoirs actuels, cette vue rapprochée ne saurait prétendre se hausser au meilleur niveau de connaissance ou de questionnement de plusieurs spécialités : des techniques potières à la mécanique de la rotation en passant par les sciences des matériaux, le champ est assez vaste et à notre connaissance il ne semble curieusement exister aucune thèse sur le tour de potier. On remarque également un fort cloisonnement bibliographique entre mondes antiquisant et égéen ou entre les littératures anglo-saxonnes et les autres. Nous serions satisfait si seulement cette présentation atteignait ou prolongeait les standards usuels de l'approche archéologique antiquisante en la matière<sup>1</sup>. Il est clair à nos yeux que la technologie du tour appelle une approche plus décomposée, plus analytique et plus interdisciplinaire à la fois que l'actuelle, avec en premier chef la collaboration de la mécanique<sup>2</sup>.

On proposera ici une présentation classifiée des principaux types de Tours de Potier tels qu'ils peuvent être restitués à la fois à partir de témoins archéologiques (tels que plateaux, pivots, crapaudines), à partir d'observations ethnographiques ou à partir de reconstitutions expérimentales. Pour ce faire on s'appuie essentiellement sur les contributions décisives suivantes : EITELJORG II 1980 ; POWELL 1995 ; JEFFRA 2011, ainsi que les développements plus récents dus à EVELY, MORRISON 2008 ; AVILA 2013 ; BERG 2013 ; JEFFRA 2013 ; PERNOT 2013 ; DESBAT 2014 ; PULITANI *et al.* 2017, HASAKI 2019. L'ouvrage ROUX, CORBETTA 1989 traite du montage au tour et non du tour.

EITELJORG II 1980 dans une discussion sur la technique de réalisation des cercles concentriques sur la céramique géométrique opère un examen critique du vocabulaire

---

<sup>1</sup> Dont l'article DESBAT 2014 donne une vue représentative et sans doute inégalée.

<sup>2</sup> Une première approche mécanique figure dans VAN DER LEEUWE 1976 résumée dans POWELL 1995 ; un appel à un développement en ce sens est également exprimé dans JEFFRA 2013 note 1 à propos des tours « steady-state » ou « non-steady-state » dont la distinction dans sa thèse (JEFFRA 2011) constitue une avancée certaine détachant l'archéologie de la vieille nomenclature « tournette / tour lent / tour rapide » qui ne prend guère en compte que la vitesse et non l'inertie ni les frictions; par ailleurs si de nombreux auteurs parlent de la RKE ou RSE et du rôle du poids (POWELL 1995) il est surprenant qu'aucun n'ait calculé cette Energie Cinétique tant du plateau tournant-même que de ce dernier appesanti de la charge argile (à laquelle POWELL 1995 accorde une attention rarement observée).

concernant le ou les tours antiques et propose une catégorisation valide. Dans ses expérimentations, POWELL 1995 attire l'attention sur le pivot et sa géométrie, sur les problèmes de friction également. Elle mesure les vitesses autorisées par la technique du pivot, non distinctes de celles du « tour rapide ». Enfin JEFFRA 2011 rejette la primauté accordée implicitement à la vitesse de rotation. Elle est la première à classer les types de tours en deux catégories, indépendamment de leur construction (pivot, axe fixe ou mobile) mais selon qu'ils comprennent une composante inertielle ou non.

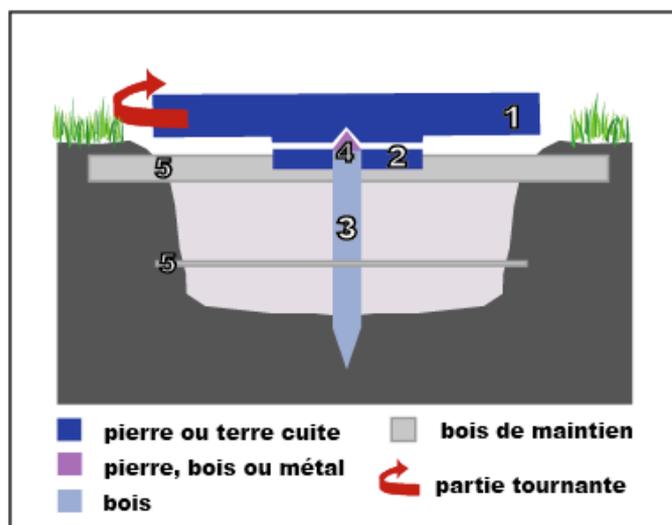
Sur cette base l'approche archéologique du tour est sans doute prête à franchir un cap décisif si elle collabore avec des mécaniciens. L'un des domaines restant à explorer est constitué par l'oscillation et les dispositifs inventés au cours de l'histoire du Tour ou du moulin pour y remédier. On pense en particulier au développement de ces deux machines sur 2 plans parallèles distants ayant pour effet de maintenir l'axe verticalement. Les calculs de l'Energie Cinétique que nous avons faits inciteraient par ailleurs à mettre un moindre accent sur une RKE plutôt réduite et en revanche à approfondir la question des frictions, dans la technologie du pivot comme dans celle de l'axe mobile tournant à la fois dans une crapaudine, dans un plan inférieur, et dans un œil, dans un plan médian ou supérieur.

Voici donc la présentation des Tours de Potier que nous avons souhaité faire dans l'optique de discuter des éléments communs et des éléments distinctifs entre la technologie du Tour et celle du Moulin Rotatif.

Deux classes principales de Tours sont proposées : les Tours à pivot ou axe fixe et les Tours à axe mobile, chacune déclinée en 2 versions (Types 1A et 1B, Types 2A et 2B).

Les caractéristiques de diamètre, de poids et d'Energie Cinétique (RKE) sont précisées pour chacun des 4 types envisagés.

## Tour de TYPE 1 : Plateau tournant sur pivot, axe fixe



**FIG.1-A Type 1A**

Ce type est ici restitué d'après les photographies (FIG.2 et 3) publiées par XANTHOUDIDES 1927 dans son article sur les disques en argile et en pierre de la Crète Minoenne où est montré un tour rudimentaire en action (et supportant une grande jarre).

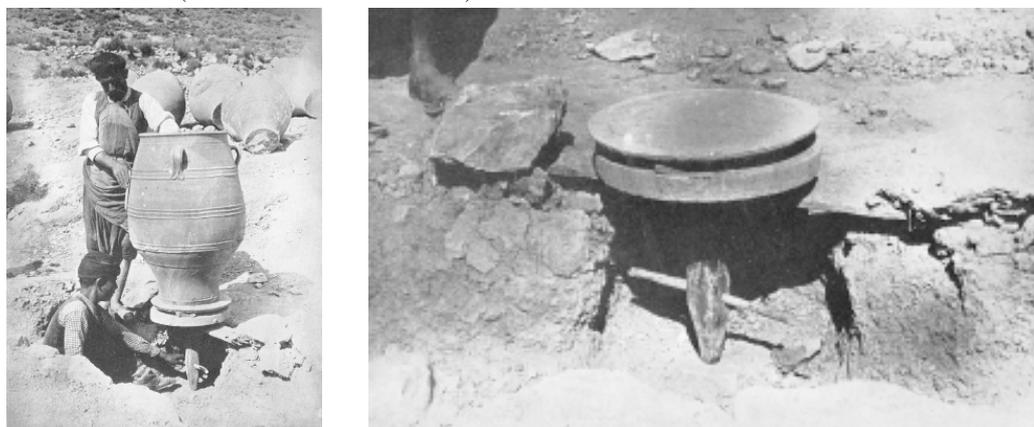
Cet équipement correspond à ce que l'on appelle généra-

lement « Tournette » ou de manière plus ambiguë « Tour lent » (en effet ce qualificatif peut aussi correspondre au modèle à axe tournant mais vitesse de rotation limitée –autour par exemple de 50/80 rpm- notamment en l'absence d'un entraînement par bâton, pied ou pédale ou d'un volant suffisamment large).

Le Type 1 est composé d'un axe fixe en bois, d'assez forte section, fiché en terre au fond d'une petite fosse (dimensions estimables à ca. 30 cm de profondeur et

40-50 cm d'envergure) **qui supporte un plateau tournant** (engl. *Wheelhead*)<sup>3</sup>. Le dispositif à l'interface entre l'axe et le plateau est rarement documenté archéologiquement et dans les reconstitutions expérimentales. **Un sommier de bois ou traverse** (engl. *Support beam*) passe sous le plateau **selon un axe diamétral** et se trouve calé sur ou dans les bords de la fosse.

**FIG.2 et 3** (XANTHOUDIDES 1927)



Deux exemplaires de plateaux datés de 2.600-2.300aC ont été trouvés à Tell Yarmouth (ROUX, MIROSHEDJI 2009) et associent chacun 2 disques façonnés dans du basalte. Le plus grand (*upper disk* d'un diamètre 26,5 ou 36,8 cm) présente en sous-face un logement creux en forme de cône ainsi qu'un disque en léger relief (diamètre 18 cm) qui présente un polissage d'usure. Ce disque correspond à un second disque (*lower disk*) d'envergure plus réduite qui présente un œil perforé<sup>4</sup>. La face supérieure est usée, la face inférieure brute de façonnage.



**FIG.4 Réutilisation expérimentale du couple de disques 1 (B1)** (ROUX, MIROSHEDJI 2009)

Le grand disque supérieur correspond dans ses caractéristiques (non perforation, dimension, métrologie)

<sup>3</sup> Une typologie des plateaux minoens a été établie par EVELY 2000, à laquelle nous n'avons cependant pas eu le loisir d'accéder.

<sup>4</sup> La perforation correspond à 2 cônes aboutés et présente de ce fait un goulot d'étranglement médian, cette configuration répond très vraisemblablement à un forage par mèche en V et non pas tubulaire (MORERO 2015) auquel il a été procédé à partir de chacune des faces, elle constituerait donc un état brut de forage.

aux disques minoens. ROUX, MIROSHEDJI 2009 ont procédé à des essais fonctionnels sur une des 2 paires de disques, sur le modèle de tour de la FIG.1 en précisant que l'axe était fixe et en bois<sup>5</sup> (FIG.4).

Le volume du disque supérieur 1 est de 5.000 cm<sup>3</sup>, celui du disque 2 de 1.800 cm<sup>3</sup> soit un poids respectivement de 11,2 et 4 kg pour un matériau de 2,2 g/cm<sup>3</sup>. Pour une rotation à 60 rpm l'énergie cinétique serait de 3,75 joules pour le premier et de 0,7 J pour le second (s'il tournait), ce qui apparaît très faible<sup>6</sup>.

Le diamètre des disques inférieurs connus tend à être constant.

Au **plan technique** ce tour de Type 1A peut être résumé ainsi :

- axe fixe (engl. *axle*)
- plateau tournant (engl. *wheelhead*) assez lourd avec logement en creux (engl. *socket*) pour pivot
- pivot formé par la tête de l'axe ou inséré dans cette tête
- absence de volant d'inertie (engl. *fly-wheel*) distinct, ce rôle est rempli par le plateau et la motte d'argile ; l'Energie Cinétique est très faible (de l'ordre de 4 J pour un diamètre de 40 cm et un poids de 10 kg à 60 rpm)
- distance entre volant d'inertie et plateau : 0

Observations : 1- la faible inertie nécessite une relance incessante de la rotation, ce qui mobilise soit une des deux mains du potier soit un second opérant ;

2- en l'absence d'une pointe dure fichée dans la tête de l'axe fixe, les forces de friction doivent être élevées et limiter une Energie Cinétique déjà faible en raison de la petitesse du diamètre : l'autonomie de rotation et la vitesse doivent en ce cas s'en trouver tout à fait réduites. L'appellation de « Plateau Tournant » serait sans plus adaptée à cet équipement du moins pour ses utilisations les plus fréquentes.

Ce dispositif pose quelques questions :

1- le caractère fixe de l'axe associé à la faible profondeur (2 à 3 cm) du logement du pivot dans le plateau entraînent un **risque d'oscillation** (engl. *wobble*), le plateau ayant tendance à se comporter comme une toupie oscillante

2- pour une bonne rotation, la tête de l'axe doit sans doute être munie d'un pivot spécifique tel qu'une tête pointue de bois dur, une pointe en pierre ou de métal (le bronze est possible pour les époques anciennes du Levant et d'Egée)

3- la rotation du plateau, assez lourd (4 à 10 kg) sur l'axe fixe doit avoir tendance à entraîner une usure rapide de la tête de l'axe, or celui-ci n'est pas réglable (sauf si le disque inférieur repose sur des cales et peut être abaissé au fur et à mesure de l'usure de l'axe)

---

<sup>5</sup> Le mode de raccord entre l'axe et le cône du disque supérieur n'est pas précisé, on peut supposer qu'il s'est agi d'une tête plate enfoncée à force.

<sup>6</sup> En comparaison, l'Energie Cinétique de Rotation (RKE) d'une meule de gabarit courant (D. 42 cm et H. 15 à 18) s'établit de 24 à 20 Joules, ce qui est aussi très faible.

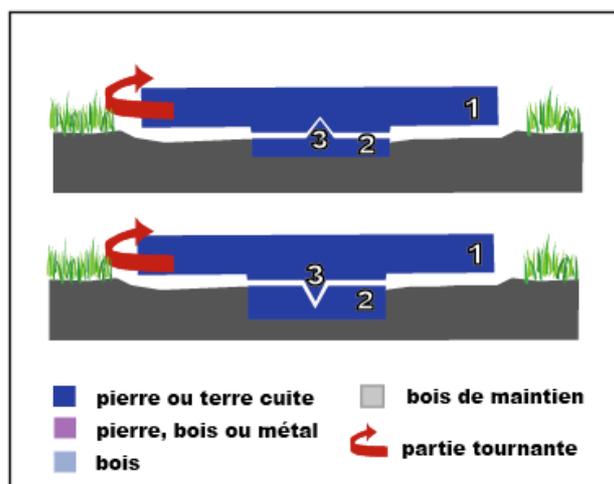
4- si le pivot n'est pas de qualité suffisante (frottements) la rotation du disque doit avoir tendance à entraîner une rotation occasionnelle du disque inférieur voire de l'axe, le disque inférieur doit donc être soigneusement calé au sol voire dans ce dernier (cf. POWELL 1995 , FIG.10.7)

5- la nécessité de ce disque inférieur, de diamètre plus faible<sup>7</sup> et portant des stigmates de polissage dû à la friction en cours de rotation n'apparaît pas évidente. Au contraire du Tour de Type 1B (*infra*) il n'apporte en effet pas de résistance (masse) pour garantir l'immobilité du pivot même s'il peut servir à éviter son inclinaison (mais ce rôle serait rendu plus efficace par une perforation tubulaire et non pas en goulot).

On peut penser que le disque inférieur vise à contrer la tendance à l'oscillation en offrant une surface en quelque sorte de « portance » du disque supérieur. A Tell Yarmouth le diamètre de ces disques inférieurs vaut respectivement 47 et 69% du grand disque supérieur, envergure que l'on peut rapprocher de celle d'une anille par-dessous des moulins rotatifs laquelle connaît 3 normes (25, 33 et 45%).

## Tour de TYPE 1B : Plateau tournant sur pivot

Un second type de tour (1B) semble pouvoir être restitué d'après des découvertes archéologiques. Il a été reconstitué et expérimenté avec succès (POWELL 1995). Dépourvu d'axe, il est constitué (FIG.5) d'un plateau tournant reposant sur une pierre, l'une de ces deux composantes étant munie d'un pivot de pierre s'insérant dans la crapaudine de l'autre.



**FIG.5** Restitution graphique d'un

**tour à pivot de pierre** (au-delà de l'apparente similitude, le modèle du bas de la Figure, avec le pivot pointu en bas et solidaire du disque supérieur, correspond en réalité à la technologie du Type 2A : en effet, si l'on allonge le pivot sous la forme d'un axe cylindrique l'exemplaire du haut se transforme en Type 1A tandis que l'exemplaire du bas se transforme en type 2A)

Ce type est restitué notamment d'après les découvertes de pivots en pierre, comme en Egypte Ancienne (FIG.6Bis ci-dessous), et l'abandon de leur éventuelle interprétation comme gonds de porte (AVILA 2013).

<sup>7</sup> Contrairement aux disques supérieurs qui évoluent dans un diamètre situé autour du pied (plus précisément entre 16 et 20 doigts), les disques inférieurs de Tell Yarmouth et du Levant (ROUX, MIROSHEDJI 2009) sont indépendants du diamètre du grand disque ; ils ont tendance à être constants en diamètre (ca. 18 cm).

**FIG.5Bis** Reconstitution et expérimentation d'une table tournante à pivot de pierre (POWELL 1995)



Figure 10.7. The reconstruction "simple wheel" showing the pivot and socket arrangement.

Le Type 1B est composé d'un plateau de pierre tournant muni soit d'un pivot de pierre, soit d'un logement négatif en cône destiné à recevoir un pivot. Ce plateau repose sur une pierre, non tournante, de forme apparemment variée et assez peu massive dont on peut supposer le calage dans le sol voire dans une table en charpenterie si la position de travail est assise ou debout.

**FIG.6** Pierre inférieure à logement de pivot (engl. *socketed-stone*) et aire centrale polie provenant de Cancho Roano (AVILA 2013)

De telles pierres semblent offrir un parallèle avec le disque inférieur des modèles du Levant (type 1A ci-dessus). Les quelques exemplaires qui ont été trouvés présentent parfois, autour du logement du pivot, une aire polie large d'une vingtaine de cm qui témoigne du frottement du plateau tournant supérieur.



FIGURA 3. Piedra con perforación hallada en el patio de Cancho Roano correspondiente a la parte inferior del engranaje de un torno de alfarero, según Gran-Aymerich, 1990 y Celestino, 1996

**FIG.6Bis Exemples de pierres-pivot d’Egypte Ancienne (POWELL 1995)**

Le caractère bi-zoné de l’aire polie ca. 16 cm sur un diamètre de 22 soit 72% - FIG.6) correspond vraisemblablement à la friction régulière de la partie proximale avec la base du plateau tournant. La partie distale réduite ne devait qu’occasionnellement frotter voire seulement lors des premières utilisations. Sur la pierre de Cancho Roano, le Diamètre maximal du logement est de 7,5 cm et le diamètre minimal, à la pointe de ca. 4 cm (la profondeur et donc l’angle ne sont pas documentés). Le bloc lui-même est large de ca. 40 cm et pèse plusieurs kg. Il a peut-être subi une retaille de remploi et laisse sur sa partie gauche entrevoir une forme circulaire d’un diamètre de ca. 52 cm, soit 2 pieds : le poids et la dimension correspondants

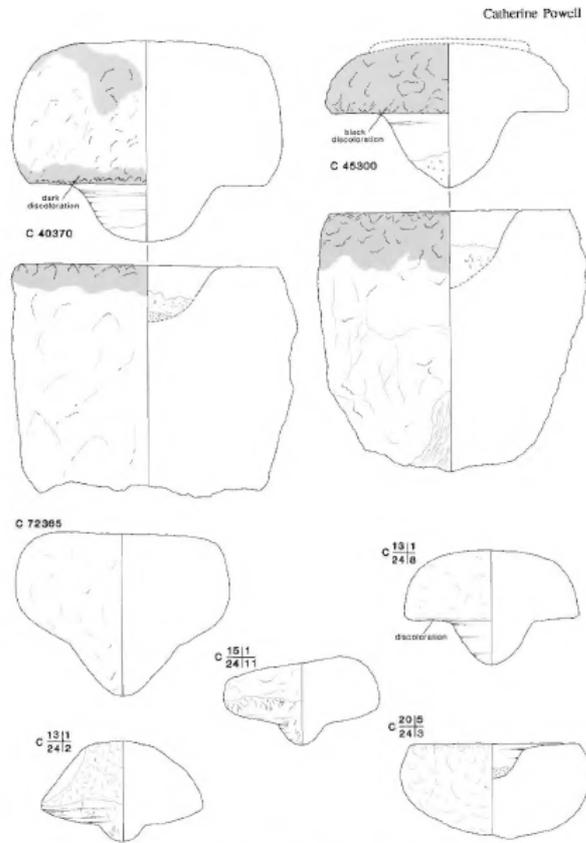


Figure 10.2. Potter's wheel-bearings in the Cairo Museum. Scale 1:3.

313

conviendraient mieux à une pierre d’assise creusée d’une crapaudine pour recevoir un pivot de pierre. Toutefois les fonctions tierces telles que le gond sont difficiles à écarter totalement, même si l’on suppose que le polissage a été produit par une rotation assez rapide et répétée impossible à associer à un gond.

Les expérimentations de POWELL 1995 que la cavité et le pivot ne doivent pas être de forme bien ajustée autrement après quelques rotations le lubrifiant est expulsé ainsi que l’air et les deux pierres se bloquent fortement en raison du vide. Il semble également que la forme, plus ou moins large ou pointue, du sommet du pivot joue un rôle importante.

**FIG.7 Pivot de pierre de Mérida, dit « piedra de torno »**



FIGURA 1. Diversas vistas de la piedra de torno. Colección de Prehistoria de la Comarca de Mérida. Fotos C. López

L’Age du Fer hispanique fournit quelques unes de ces pierres à crapaudine ainsi que des pivots de pierre comme celle de Mérida (AVILA 2013, FIG.7). Le bloc mesure 21 cm de large, selon une forme

ovale proche du cercle peut-être obtenue par reprise d'un bloc initial plus ample. La Hauteur totale est de 13,5 cm dont 8 pour l'assise du Cône. Ce dernier est haut de 5 cm, large à sa base de 11 cm et de 3 au sommet. Son angle mesure 60°. Le gabarit n'est pas essentiellement différent du logement de pivot montré par la pierre de Cancho Roano (DCône 7,5 à la base de 4 cm au sommet) dont l'angulation n'est cependant pas documentée.

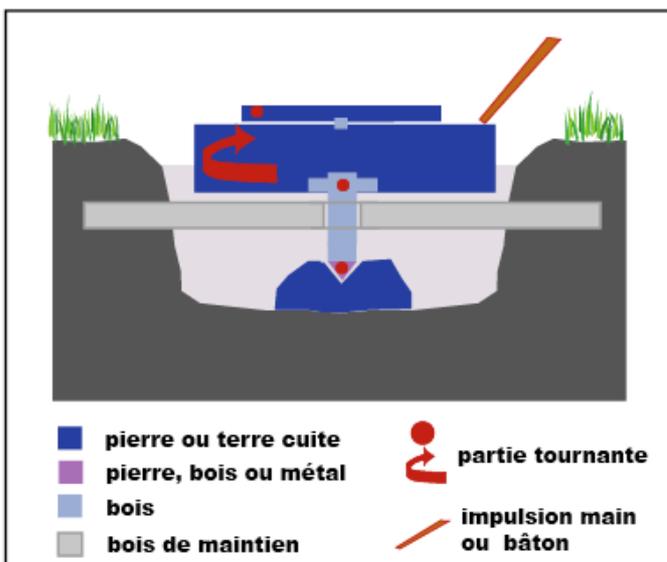
Au **plan technique** ce tour de Type 1B peut être résumé ainsi :

- axe réduit à un pivot en cône prenant place dans le logement négatif d'une seconde pierre ; ce pivot est relativement ample (6-10 cm de hauteur et diamètre) , l'angle semble réduit (60° sur un pivot)
- plateau tournant inconnu, possiblement en pierre mais sans doute aussi en bois
- absence de volant d'inertie distinct, ce rôle est rempli par le plateau **et la motte**
- la RKE est faible (pour un plateau aux dimensions POWELL 1995 , soit un diamètre 53 cm et un poids de 14,9 kg, l'Energie stockée est de 10,33 J)
- distance entre volant d'inertie et plateau : 0
- seuls les modèles dont le pivot est solidaire du plateau tournant relèvent du Type 1B.

## Tour de TYPE 2 : Tour avec axe tournant

### TYPE 2A : Axe tournant et Volant haut

Sur ce modèle, le plateau tournant est solidaire d'un axe qui se termine par une pointe (pivot) qui va tourner dans une cupule façonnée dans une pierre, une terre cuite voire dans du bronze.



**FIG.8** Tour à Axe mobile et Volant haut

Si de telles crapaudines sont réalisées dans une pièce en terre cuite (on en a retrouvé des exemplaires d'époque romaine)<sup>8</sup> leur usure va être rapide et le coefficient de frottement très élevé par rapport à la pierre (qui se polit vite) ou au métal (idem) même si la crapaudine en céramique était lubrifiée sans doute plus régulièrement que les autres. Il faut cela dit souligner la rareté des crapaudines dans le mobilier archéologique (néan-

moins voir FIG. 8bis), ce qui à note avis milite en faveur de leur réalisation le plus fréquemment en bronze ou en fer voire dans certains bois.

<sup>8</sup> Par exemple en Andalousie (O. Bourgeon in DESBAT 2014, 548).

**FIG.8 Bis** Crapaudines des ateliers de potier d'Argonne (IV<sup>e</sup> s. pC) -

CHENET, GAUDRON 1955 cités par DESBAT 2014

L'axe tournant peut être plus ou moins long selon la hauteur de travail, le potier pouvant travailler au sol, en position assise ou debout. L'oscillation est évitée par le fait que l'axe, vers le haut, passe dans une traverse de bois (engl. *support beam*) qui, avec la crapaudine en bas, constitue un second point bloquant les tendances de l'arbre de rotation à s'incliner. Ce point haut est généralement dénommé *bearing* dans la littérature archéologique anglo-saxonne<sup>9</sup>. Le passage au sein de la traverse de bois nécessite à la fois un bon ajustement entre diamètre de l'axe et diamètre du passage, ainsi que des techniques d'évitement de l'échauffement que le frottement en rotation produit, avec des températures s'élevant rapidement. Le contact bois sur bois est à éviter et la lubrification n'est peut-être pas toujours un remède suffisant, un contact entre deux matériaux différents est généralement préféré. Une bague métallique fixée à cet endroit de l'axe ou dans la paroi du trou de la traverse de bois peut constituer une des meilleures solutions.

Ce point délicat existe exactement **dans les mêmes termes pour les moulins**, lors du passage du gros fer en rotation à travers l'œil de la *meta* perforée (meule fixe inférieure) dans le cas d'une motion hydraulique par dessous. Un second point commun réside dans les dispositifs de solidarisation entre le plateau tournant et l'axe ou arbre, qui généralement d'ailleurs doivent être réversibles pour qu'on puisse intervenir en maintenance sur l'arbre ou le plateau. Ces dispositifs de solidarisation entre axe et plateau ou volant<sup>10</sup>, mériteraient de faire l'ob-

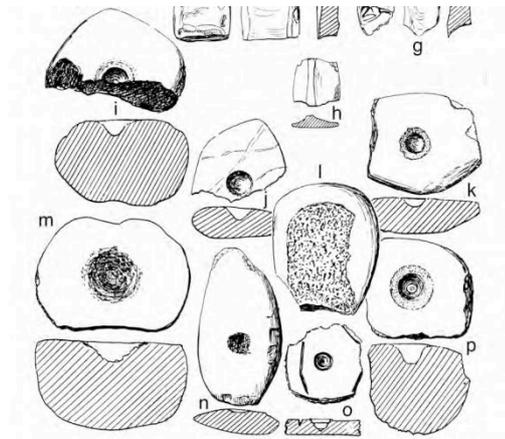


Fig. 9 — Lissoirs en silex et crapaudines de tour des ateliers d'Argonne (d'ap. Chenet, Gaudron 1955).

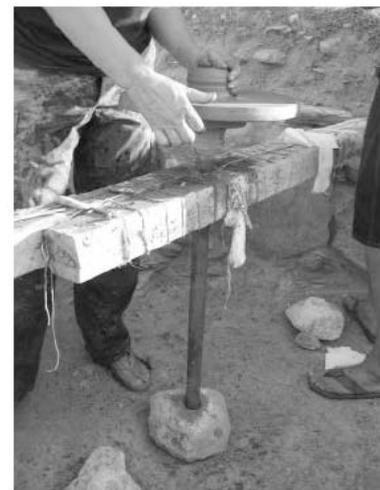


Fig. 4: The Mochlos potter working alone on the LM experimental wheel.

**FIG.9A et B** Tours expérimentaux à axe mobile reconstitués pour l'analyse de céramiques Minoennes (EVELY, MORRISON 2008 )<sup>11</sup>

<sup>9</sup> Le terme est général, avec une signification de « support » ou de « portant » et en mécanique le sens de « palier » avec ses déclinaisons plus spécifiques telles que « coussinet », « roulement », « butée » etc.

<sup>10</sup> Les plus fréquentes ou efficaces sont généralement de type ailettes ou barre en T ou croix fixées sur l'axe ; une solidarisation est régulièrement évoquée par les expérimentateurs : le collage par l'argile molle.

<sup>11</sup> Toutefois l'article n'indique pas quels éléments archéologiques fondent le choix de l'axe mobile et de la crapaudine, ou si des crapaudines ont été observées ; les tours à l'origine de la poterie LM pourraient tout autant être de type 1A.

jet d'un recensement des solutions techniques connues et, parallèlement, des traces archéologiques correspondantes observées.

**Le Plateau tournant et le volant d'inertie se confondent**, il n'y a pas de « second wheel » : c'est le plateau qui fait office de volant d'inertie. L'Énergie Cinétique est donc limitée et similaire au Type 1.

**Le dispositif utilisé** pour ce type de tour à axe mobile correspond à la première technologie de la roue, où le disque solidaire d'un essieu tourne avec ce dernier. Dans le tour de potier, la roue opposée se trouve remplacée par une pièce rendue indépendante. L'essieu est désolidarisé de cette pièce opposée, qui est bloquée et munie d'une cupule dans laquelle l'essieu va tourner en raison de son extrémité pointue. **Ce tour semble donc combiner 2 technologies, celle de la rotation à la fois d'un arbre et d'une pièce solidaire, et celle du pivot** disposé à l'autre extrémité de l'arbre dans un palier. La désolidarisation entre arbre et pièce permettent à l'arbre de tourner sur une pointe en un point fixe. La pièce avec sa cupule, couramment nommée crapaudine en technologie potière (engl. *socket*), est en fait ce que la mécanique appelle un palier : un dispositif qui bloque l'arbre en un même point et l'empêche de se déplacer (ce qui n'est pas le cas de la pointe d'une toupie)<sup>12</sup>. La crapaudine fixe la rotation en contraignant l'axe. Ce dispositif est connu depuis les III<sup>e</sup>-II<sup>e</sup> millénaires au Proche Orient dans le cadre du travail de la pierre par forage au tour à archet ou *Bow-drill* (ILAN 2016) : une *cap-stone* conique permet de maintenir et guider le haut de l'axe en le coiffant et en permettant la rotation dans sa cavité, à l'opposé, la pointe tourne et fore. La dureté des matériaux et le polissage limitent à l'extrême les frictions. En conséquence, même avec une Énergie cinétique faible (faible masse du plateau ou du volant ou faible diamètre) la rotation va être durable et régularisée.



Fig. 1: Experimental LM potter's wheel built on the flat to pot in a seated position.  
Source: The Knossian Team.

**FIG.9C Capstone du tour à archet** (ILAN 2016)

Une troisième technologie rotative est mobilisée, de manière plus ou moins importante, celle du volant d'inertie. Le tour entre en rotation à partir d'une impulsion (application d'énergie) exercée par la main, le pied, un bâton, une pédale voire un courant d'eau. La rotation stocke une énergie produit à la fois de la masse, du carré de la vitesse et du diamètre. Cette énergie de

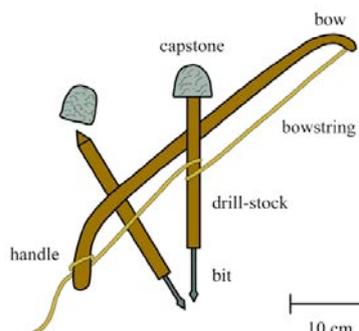


Figure 1. The components of a bow drill (after Wilkinson 1878: fig. 171).

<sup>12</sup> Ce dispositif s'appelle une « contrainte en rotation » (blocage du déplacement) cf. PERNOT 2013, 51.

mouvement stockée, dite **Energie Cinétique de Rotation** (engl. *RKE ou RSE*) permet, si elle est importante, **de faire durer la rotation** avant qu'intervienne la décroissance de la vitesse<sup>13</sup>. Plus l'énergie cinétique est importante, plus le palier entre lancement du tour et décélération sera long. L'Energie Cinétique permet **aussi de lisser les à-coups de la machine et de régulariser la rotation** (ce qui est important notamment pour les moulins).

Toutefois le pire ennemi de la rotation et de son Energie stockée réside dans les frottements. Si les frottements sur le plateau, l'axe ou la crapaudine sont forts la rotation s'arrête rapidement et le tour doit être rapidement relancé (après quelques secondes). De même si les frictions sont élevées la durée de rotation à vitesse constante va se trouver limitée. Toutefois durée et régularité de la rotation peuvent être obtenues avec une faible énergie cinétique (RKE) si les frottements sont très minimisés. Le meilleur exemple en est la toupie, jeu d'enfant ultra-léger aux frottements réduits quasi à néant (un seul point de contact, poli et utilisé sur surface lisse ou vitrifiée).

Par conséquent **un tour dont le plateau est de faible poids ou diamètre peut**, comme la toupie, **donner une vitesse élevée et durable si les frictions sont quasi-inexistantes** sur les deux points que sont la crapaudine et le passage de l'arbre dans la traverse. Un volant de fort diamètre et/ou de forte masse, telle une roue (ou une grande meule) de 3 pieds (90 cm- 1m) peut compenser des frottements mal minimisés ou au contraire, si la friction est très réduite, atteindre une vitesse et une durée de rotation élevées à partir d'une impulsion faible ou espacée.

Notre Figure 8 incorpore **en partie sommitale un disque léger détachable**, en céramique ou bois, (engl. *Bat*) qui se pose sur le plateau tournant. Certains des disques archéologiques crétois ou Levantins (cf. **ANNEXE 4**) interprétés comme plateaux pourraient sans doute plutôt correspondre à des *bats*. Les stries qu'ils portent en face supérieure pourraient d'ailleurs indiquer la taille (et donc le poids) de la motte d'argile correspondant à certaines formes ou constituer une zonation indicatrice de paramètres tels que le ralentissement de la rotation si tel ou tel cercle est atteint par la base de la motte. Un tel « sur-disque » léger permet également d'enlever le vase achevé, sans problème d'adhérence et sans lui faire risquer la déformation. S'il est encastrable et solidariable avec le plateau, ce disque permet alors également un centrage quasi-automatique de la charge argileuse prédisposée sur le disque. Ce dernier diminue ainsi sans doute de façon importante la phase de lancement-centrage (*starting* chez HASAKI 2013) qui est gourmande en relances de la rotation et exige une vitesse semble-t-il plus élevée.

Au **plan technique** ce tour de Type 2A peut être résumé ainsi :

- axe tournant
- plateau tournant solidaire de l'axe
- pivot situé à la base de l'arbre et logé dans une crapaudine
- absence de volant d'inertie distinct (engl. *second wheel*), ce rôle est rempli par le plateau ; même avec un plateau de 60 cm de diamètre, un poids déjà

---

<sup>13</sup> Cette durabilité de la rotation due à l'Energie Cinétique, et qui correspond à un palier entre une phase initiale (lancement) de la rotation, qui crée et stocke l'énergie, et une phase finale (décélération) plus ou moins tronquée par la relance du tour, peut semble-t-il atteindre plusieurs minutes (par exemple 5 selon JEFFRA 2011, 48 ce qui permet de tourner en une fois la plupart des formes potières.

élevé de par exemple 20 kg et une charge céramique importante de 5 kg, la RKE reste dérisoire (22,21 J)

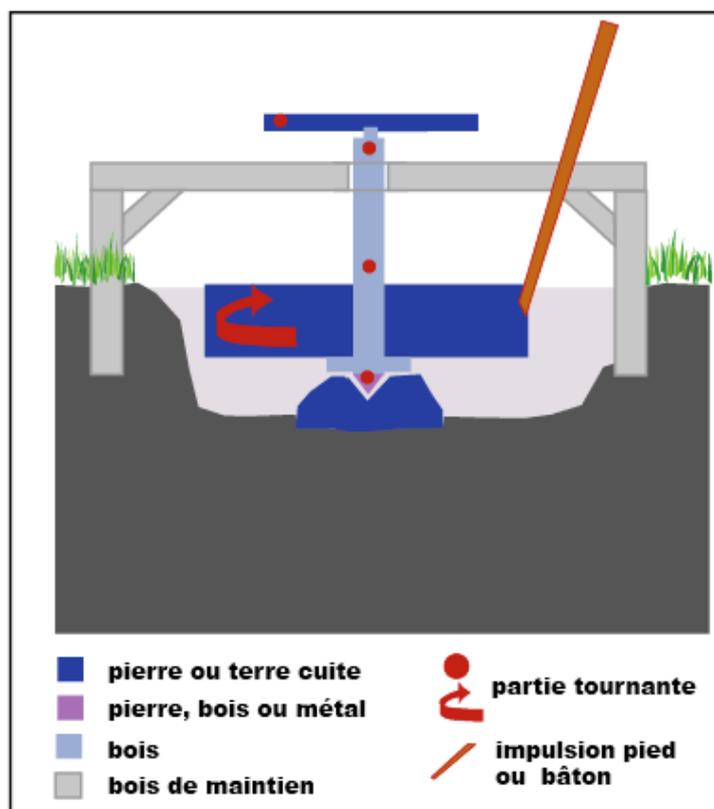
- distance entre volant d'inertie et plateau : 0

L'avantage de ce modèle réside probablement dans les possibilités de rotation rapide et prolongée ouvertes par l'emploi de la crapaudine qui minimise les frottements et le report de presque tout le poids sur une surface quasi-punctuelle («rotational point » JEFFRA 2011, 44) : la pointe du pivot. Par ailleurs, par le calage de l'axe sur 2 plans éloignés (la crapaudine en bas et la traverse en partie haute), ce dispositif contrecarre sans doute plus efficacement les tendances à l'oscillation que le système du disque inférieur du Type 1 à axe fixe.

**FIG.10** Tour de Type 2B à  
Axe fixe et Volant bas

### **TYPE 2B : Axe tournant et Volant Bas**

La limite du modèle 2A tient sans doute à la fusion persistante entre le plateau tournant et le volant d'inertie : bien que l'on connaisse ethnographiquement (DESBAT 2014, 546, Fig.27 et 28) de très larges plateaux (supérieurs à 50-60 cm de diamètre), une rotation rapide et sans doute peu fréquemment relancée s'obtient sans doute mieux par un volant bas (Type 2B, FIG.10) dont à la fois le poids et le diamètre peuvent croître sans gêner le potier. Ce dernier peut choisir à volonté la taille de son plateau tournant et impulser le tour du pied, libérant ainsi ses deux mains pour le tournage. Ce tour à volant distinct (*double wheel*) est représenté par les tours à bâton (engl. *stick-wheel*) et le tour à pied (*kick-wheel*) traditionnellement dits « tours rapides ». Ce type 2B a bien été individualisé par EITELJORG II 1980 et JEFFRA 2011. Pour la Gaule romaine (où la paroi de la céramique tournée courante est invariablement de 2,5 mm d'épaisseur) on parle régulièrement de « tour rapide » mais curieusement semblent surtout attestés des tours de type 1A à axe fixe (DESBAT 2014, 540 sq.), selon une perception peut-être faussée à la fois par la rareté de la découverte de crapaudines et par une focalisation sur les « trous de calage » centraux dans les fosses de tours : une partie de ces calages, certes parfois un peu profonds<sup>14</sup>, ne pourraient-ils pas avoir servi au calage du bloc-crapaudine ? Il est



<sup>14</sup> Profondeur de 15 à 20 cm soit ca ; 2 fois le diamètre.

certain qu'en Gaule impériale la céramique tournée était montée au tour, sans doute avec des vitesses assez élevées, mais les tours employés étaient peut-être variés, parfois à axe mobile, parfois à axe fixe. Le volant d'inertie bas (type 2B) semble à ce jour incertain, et l'emploi de meules usagées a plus de chance d'avoir calé une crapaudine ou un axe fixe que d'avoir servi de lest à un volant d'inertie<sup>15</sup>.

Le summum du modèle à axe mobile et volant bas (Type 2B) sera atteint par le tour rapide « à l'italienne » dont un dessin sera publié au XVI<sup>e</sup> s. par Piccolpasso (FIG.11), tour dont la roue basse/volant est mue au bâton, au pied ou à la pédale. Un tour de ce type (2B), s'il est muni d'une roue ou d'un volant de 80 cm de diamètre et d'un poids de 100 kg, dispose d'une RKE de seulement 126 Joules. Celle-ci peut grimper à 190 Joules si le poids (roue charpentée lestée) est poussé à 120 kg. Sa qualité réside probablement dans la vitesse de rotation qui peut être atteinte et dans la durabilité de cette rotation, performances dues au caractère minime des frottements plus qu'à une Energie Cinétique de Rotation qui reste on le voit fort modeste.

**FIG.11** Tour « à l'italienne » (Type 2B) avec volant bas mû au pied



*Le plus ancien tour à pied avec bâti connu. Italie, XVI<sup>e</sup> s. D'après Piccolpasso:  
Li tre libri dell'arte del vasaio. Firenze, éd. Conti, 1976.*

**En définitive**, cette revue exploratoire des grands types possibles de tours de potier nous amène à considérer comme **vraisemblable qu'en matière de technologie du tour de potier tout se joue ni vraiment dans la manière de résoudre la question de l'oscillation ni dans l'importance de l'Energie Cinétique mais plus probablement dans les modalités de maximalisation de la réduction**

<sup>15</sup> En ce cas en effet, étant donné le faible diamètre des meules (de 30 à 48 cm), cet apport de poids se ferait autour de l'axe alors qu'il serait préférable qu'il se fasse à la périphérie (propriété mécanique connue de l'Antiquité et pratiquée pour ...les meules tournantes).

**des frictions sur le pivot haut ou bas (crapaudine) comme sur l'éventuel œil de la traverse-support.**

Ce point de vue a déjà été exprimé (BERG 2013, 115) au vu du résultats de plusieurs expérimentations. Les travaux expérimentaux à venir gagneraient à mesurer, pour les différents types de tour, d'une part la force d'impulsion donnée à chaque lancement du tour<sup>16</sup> ainsi que la fréquence des relances et la durée des paliers de rotation persistante, mais ils gagneraient d'autre part à mesurer également les frottements, leur nombre de points et la dissipation de l'énergie à chacun de ces points. Il est probable qu'une grande partie d'un tel travail puisse être réalisée par simulation numérique modélisée.

---

<sup>16</sup> Par exemple impulsion donnée par un enfant de 8 ans, de 12-15 ans, par lancement à la main, au pied, au bâton.

# ANNEXE n° 6

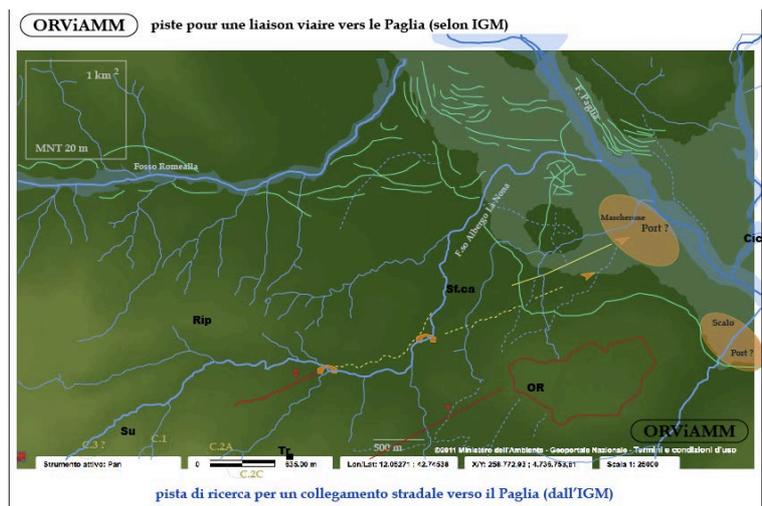
ACH V-2019

## Les découvertes Fluviatiles de La Svolta

### Potentiel portuaire & acheminement des meules vers le Paglia

L'analyse de morphologie préliminaire qui a pris place dans le cadre de la formulation du projet de recherche ORViAMM présenté à la Surintendance d'Ombrie fin 2012<sup>1</sup>, a mis en relief deux possibles zones de port fluvial antique sur le Paglia (**FIG. A**) : celle de *Scalo* à l'Est de la ville et celle de *Mascherone* juste au Nord. Cette désignation d'un potentiel archéologique particulier correspond à la définition de deux parcours de moindre pente (**FIG.B**) qu'on peut envisager comme optimaux pour l'acheminement des meules depuis les zones d'extraction jusqu'au fleuve Paglia qui, 10 km plus au Sud à *Pagliano*, conflue dans le Tibre, véritable autoroute fluviale dans l'Antiquité<sup>2</sup>. Le pôle portuaire de Mascherone correspondrait à un acheminement des produits meuliers par le Nord d'Orvieto et celui de Scalo répondrait à un acheminement (hors carte FIG.A) par le Sud.

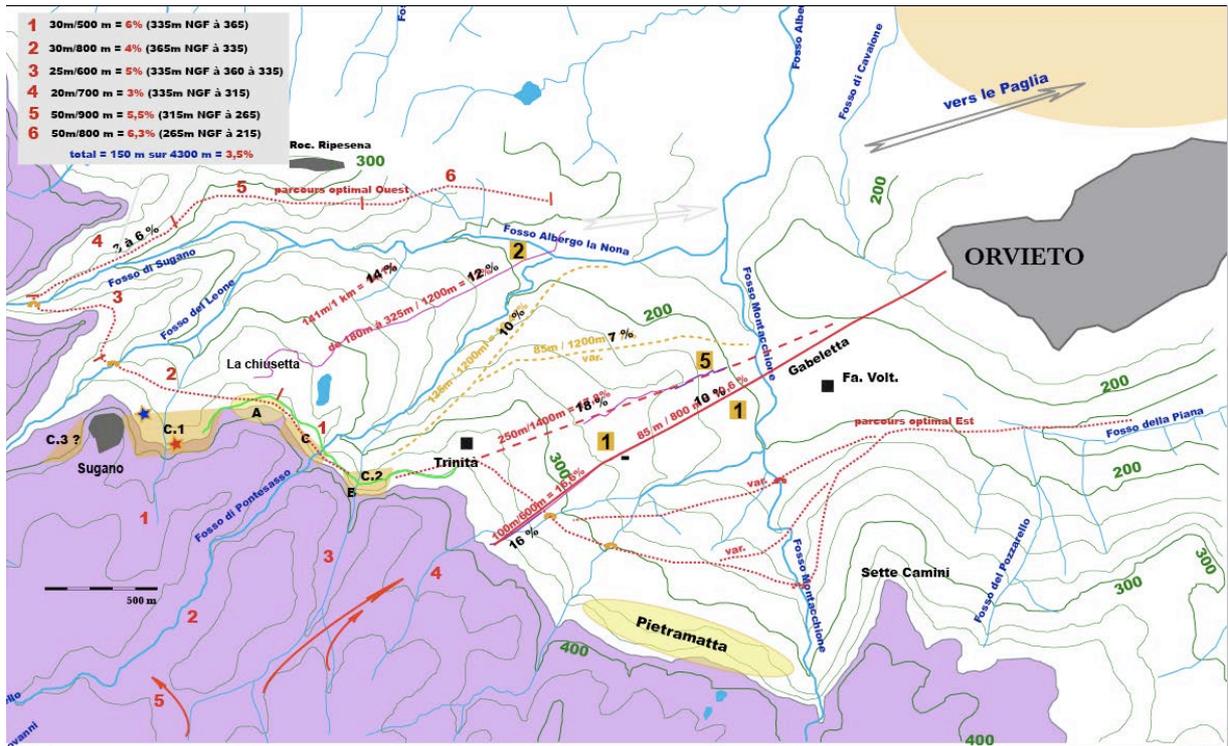
**FIG.A Réseau hydrologique actuel et traces fossiles repérables, avec acheminement Nord et 2 zones portuaires antiques possibles : Mascherone et Scalo** (élab. ACH, ORViAMM 2012)



<sup>1</sup> CHARTRAIN, GUALTIERI, LONGEPIERRE 2012, disponible en téléchargement sur le site <http://orviamm.com>, 16<sup>e</sup> rubrique du menu latéral gauche.

<sup>2</sup> Voir les contributions réunies dans *Mercator Placidissimus*, 2018.

**FIG.B** Hypothèses d'acheminement optimal Ouest et Est (élab. ACH, ORViAMM 2012)

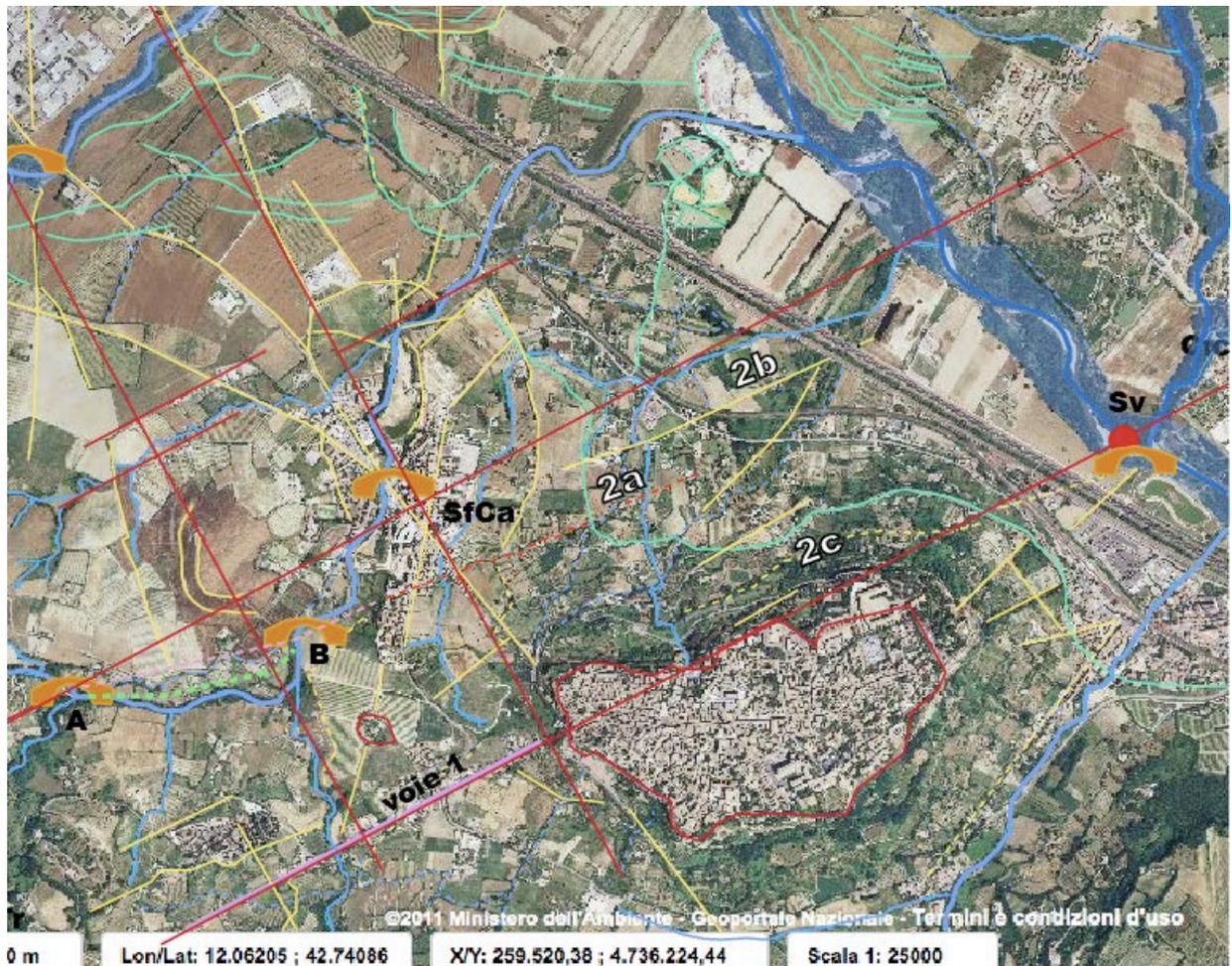


La zone basse et de contact avec le Paglia (en orangé sur la **FIG.B**) est présentée de manière plus détaillée sur la **FIG.C**. Celle-ci fait apparaître le potentiel archéologique sous la forme de traits de morphologie agraire actuels ou fossiles, de tracés viaires présents ou anciens (figurés en jaune) ainsi également que de franchissements. Le cercle rouge représente le point focal des découvertes de meules en contexte fluvial (site R.30), à La Svolta, au confluent du Paglia et de la rivière Chiani.

L'avantage de l'aire portuaire potentielle de Mascherone par rapport à celle de Scalo est qu'elle a donné lieu, à La Svolta (Sv sur la carte), à la découverte d'une trentaine de meules (site R.30).

**FIG.C Réseau morphologique antique possible (traits rouges), tracés viaires (jaune) et zone portuaire potentielle de la Svolta sur le Paglia** (élab. ACH, ORViAMM 2012)

- le symbole figuré sous forme d'un pont orangé indique la probabilité d'existence de franchissements aux points A, B et Sferracavallo) tels que proposés par le croisement entre un cours d'eau et une voie (tracés en jaune) ou un axe cadastral ancien (traits rouges) – les tracés 2a, 2b et 2c correspondent à de probables voies ou chemins anciens dont certains segments figurent à la morphologie paysagère actuelle -



## Les découvertes meulières de La Svolta

Des meules ont été découvertes en 3 occasions dans le secteur de la Svolta. La série 1 est composée de 2 *metae* de style pompéien (R.30-3 et R.30-4) recueillies dans les années 1990. Elles sont, comme les autres, déposées dans le parc archéologique de la Nécropole *Crocefisso del Tufo* où est entreposé cet ensemble impressionnant surtout composé de modèles géants. La série 2 comprend 18 meules recueillies à l'été 2012 dans des conditions mieux documentées, lors d'une surveillance archéologique accompagnant les travaux de la nouvelle voie et du pont de La Svolta, travaux ensuite endommagés par la crue majeure de Novembre 2012 qui a également rasé le site antique de Pagliano. L'opération archéologique a été réalisée par la coopérative italienne ArcheoStudio qui en collaboration avec ORViAMM a présenté un poster de cette découverte au congrès d'Almeria en mars 2014. Enfin 8 nouvelles meules ont été découvertes dans des conditions qui ne nous sont pas précisément connues, à l'été 2018. Au total la collection de La Svolta

comprend à ce jour 28 meules soit près de 10% du corpus actuel (313), 26 sont de modèle pompéien.

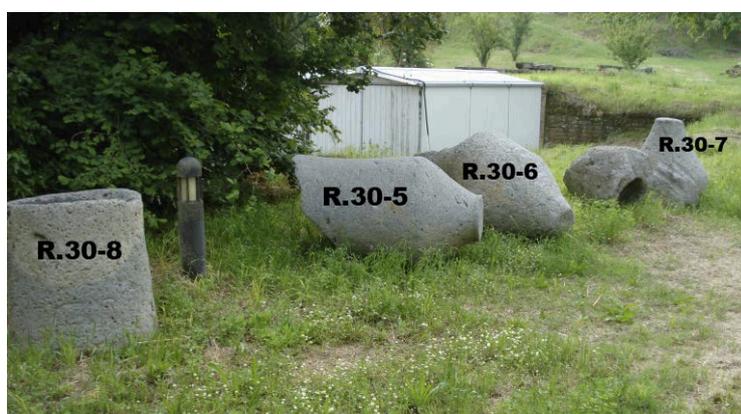


**FIG.D** Vue des 2 *metae* de La Svolta série 1 (ca. 1990)

Les découvertes s'étirent sur 600 m depuis à l'amont, un massif maçonné rectangulaire d'environ 4 x 2 m, support possible de voie sur passerelle plutôt que de pile de pont. Une partie des meules apparaissent alignées *in*

**FIG.E** Vue panoramique partielle des meules de la Svolta série 2 entreposées à la nécropole Crocefisso del Tufo (cl. ACH)

*situ* les unes contre les autres (FIG.G 5<sup>e</sup> photo) et pourraient avoir constitué le soubassement d'un barrage ou d'une chaussée. Toutefois, notamment en raison de la concentration des blocs et à la fois de leur étirement dans le sens du courant, il est difficile d'écarter l'éventualité que ces meules aient correspondu une embarcation, éventuellement coulée avec un chargement destiné à former un ballast entrant dans la réalisation d'un ouvrage.

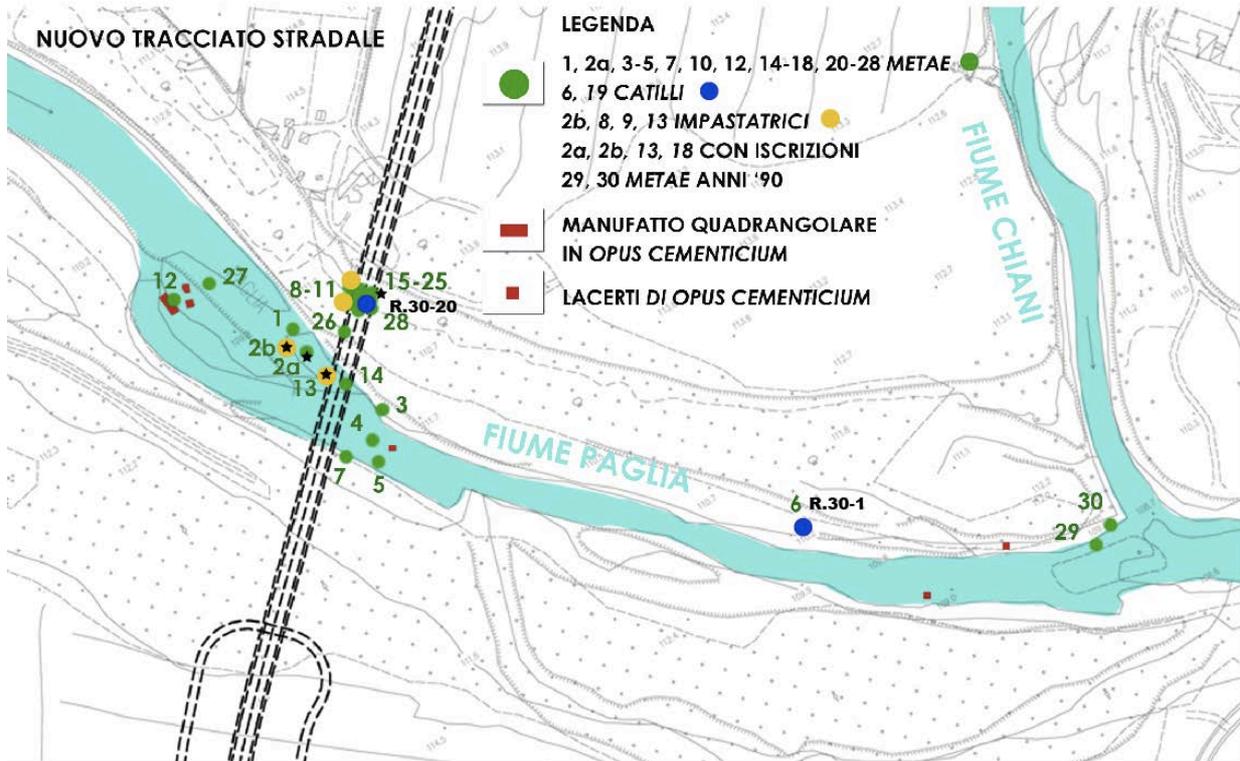


Les découvertes faites à La Svolta soulèvent plusieurs questions et sont d'un grand intérêt. L'assemblage apporte tout d'abord une sérieuse documentation concernant les modèles pompéiens géants, d'âge impérial puisqu'on les retrouve, selon d'autres typologies, à Pompéi et à Ostie. Dans le même temps, la quasi absence totale des *Catilli* interroge : elle interdit d'interpréter l'ensemble comme une cargaison prête à prendre la route du Tibre et d'Ostie, et oriente le regard vers les raisons d'un choix sélectif.

## Une sélection et des questions

La dispersion des meules sur plusieurs centaines de m est probablement due au courant du Paglia, ancien ou plus récent. Ceci, tout comme le caractère certainement encore partiel de l'exploration, rend probable l'existence d'autres meules voire d'autres maçonneries dans le lit actuel ou fossile du fleuve. La lecture qu'on peut aujourd'hui faire de la distribution spatiale des découvertes appelle prudence. Cependant plusieurs points peuvent être relevés qui portent souvent à d'intéressantes pistes interprétatives en vue d'une enquête systématique ultérieure.

**FIG.F Plan de localisation des meules de la série La Svolta 2 (document ArcheoStudio, A. Ponzi et al. – ACH pour le surlégendage *Catilli*, *Impastatrici* et R.30 )**



1- Que la découverte soit advenue dans le lit actuel ne signifie pas automatiquement que les meules étaient à l'origine disposées dans la rivière et l'on doit tenir compte des amples variations du cours des eaux, de sa morphologie (méandres, anastomose etc.), de son régime (plus ou moins torrentiel) voire de son emplacement. De telles variations sont connues pour des périodes récentes (travaux du Prof. Cencetti) et notre première approche de la morphologie paysagère montre tout le potentiel d'une telle étude qui figure au programme ORViAMM. Les meules pouvaient ainsi être en totalité ou en partie disposées sur la rive ou dans des terrains moins fermes, voire en partie dans le lit ou encore opérer un lien avec des îles de grave. Elles ont pu participer à des ouvrages de barrage, de franchissement, de quai ou de bordure, de renforcement, de plateforme de débarcadère.

2- Il n'est par ailleurs pas certain que les meules appartiennent à un seul et même ensemble ou aménagement. En effet s'il s'agit, comme il apparaît probable, essentiellement de remplois, ceux-ci pouvaient recouvrir plusieurs objectifs et se répartir en plusieurs endroits.

3- Si les meules elles-mêmes sont, au moins en ce qui concerne les modèles pompéiens, d'époque impériale, cela ne signifie pas que les aménagements auxquels elles correspondent soient de même époque. Une chronologie tardo-antique sinon médiévale ou moderne est tout aussi possible. Cependant le caractère antique des massifs de maçonneries, dont le plus long semble en place, rend possible une datation romaine dès lors que les meules et ces massifs se trouveraient liés, par exemple dans un même aménagement.

4- Il reste d'ailleurs à déterminer le degré d'homogénéité chronologique des meules, ce qui ne peut être fait actuellement faute de référencement par des fouilles. Une certaine variété chronologique semble transparaitre de l'épigraphie (BUONOPANE, CHARTRAIN, GUALTIERI 2021 in *Mélanges Feugère*) mais l'épaisseur de résolution est large.

**FIG.G 6 photos illustrant la découverte de la série 2 de La Svolta (cl. ArcheoStudio 2012) – la photo en haut au centre correspond à un massif maçonné d'époque romaine, la suivante à une cuve à pétrin**



5- L'assemblage de La Svolta est marqué par l'absolue prépondérance des meules fixes (*metae*) qui a peu de chance d'être rééquilibré par de futures découvertes vers la parité 50/50% qui est celle de la production et du fonctionnement. Ce fait traduit une sélection, ou le cumul de plusieurs sélections également orientées en faveur des *metae* parmi les formes disponibles. La raison pourrait tenir, plus qu'au poids de ces meules, pour la plupart de modèle géant ou très grand (dont la hauteur dépasse 83 cm et atteint 1,30 m, soit 3 à 5 pieds) et pesant de 500 à 1.800 kg, à leur configuration fusiforme et à leurs extrémités mâle et femelle. Ces attributs ont pu jouer un rôle face au flux de l'eau, par la possibilité de bloquer les meules en les emboîtant ou par le remplissage de grave entrée dans leur base excavée. On doit également envisager que ces éléments aient pris place dans un agencement de madriers de bois, disparus depuis en raison des variations du niveau ou du cours des eaux.

6- L'assemblage de la Svolta se caractérise également par une proportion anormalement forte de cuves à pétrins (4 des 5 connues à Orvieto et 4 sur 28 meules soit 1 pour 7 meules contre 1 pour 13 sur le corpus total). La massivité de ces pièces ainsi que leur caractère creusé a pu relever des mêmes critères de sélection que pour les *metae*.

7- La concentration des trouvailles au Nord, est constituée de meules couchées et serrées les unes contre les autres (FIG.G 5<sup>e</sup> photo), formant peut-être une fondation pour un barrage armé, une chaussée ou une plateforme, peut-être le bourrage interne d'une fondation maçonnée disloquée ? Cet ensemble a dû rester relativement préservé des assauts du courant et des affouillements. On peut imaginer sa situation dans une zone sédimentée, en retrait de la berge ou dans un secteur convexe plutôt à l'abri des attaques des courants. Ces meules organisées reflètent probablement une organisation originelle, laquelle a pu caractériser une zone initialement plus étendue. On ne saurait dire en l'état des données et de la réflexion si elle était celle de l'ensemble de l'aménagement, depuis disloqué voire dispersé, ou celle d'une partie localisée. En définitive, le panorama général et en particulier le tri ayant présidé à la réalisation du ou des aménagements de La Svolta à base de *metae* et de cuves à pétrin ne saurait refléter la dispersion d'un stock ou magasin de meules prêtes à l'embarquement, même si plus de 5 sur 6 sont achevées.

## Panorama des 28 meules de La Svolta

TABLEAU de SYNTHÈSE des MEULES de La SVOLTA (R.30)

N°	N° Archeo Studio	TYPE	H	Poids kg*	Conser vation	Achèvement	Observations	Epigraphie	Secteur
R.30-1	6	CAT	118	300-400	50%	cône inachevé	1/2H conservée = 59 cm		aval
R.30-2	8 / 9	IMP	94	900	100%	creusement inachevé ?	cylindrique		
R.30-3	29/30	MET	+79	-	100%	a priori achevée	série 1		aval Chiani
R.30-4	29/30	MET	+80	-	100%	a priori achevée	série 1		aval Chiani
R.30-5		MET	136	2.150	100%	achevée	rebut : cassure base ?		
R.30-6		MET	151	2.810	100%	achevée			
R.30-7		MET	+98	-	30%	inachevée, tr.outils + cône disymétrique	tête seule, tête asymétrique cylindrique; bris 1/3 vertical;		
R.30-8	2b/13	IMP	76	900		inachevée	marquée avant achèvement	C B CER	concentration centrale
R.30-9		MET	80	439	100%	quasi-achevée ? Cône oblique	fruste		
R.30-10		MET	83	438	100%	quasi-achevée ?	plutôt mal venue		
R.30-11		MET	59,5	199	100%	probablement achevée	tête ratée ou érodée		
R.30-12		MET	145	1.990		achevée	tête trop étroite ou trop conique?		
R.30-13	2a / 18	MET	83	ca. 500	100%	probablement achevée	lave sombre, tête conique	BER	concentration centrale
R.30-14		MRB	29	50-60	100%	non finition	D = H		
R.30-15	2a / 18	MET	83	572		achevée, marquée	grande fissure, pré-dépositionnelle?	C IVL VES	concentration centrale
R.30-16		MET	+123	1.774	50%	semble achevée	lave sombre, cassure oblique		
R.30-17		MET	138	2.140	100%	achevée	rebut car fissurée verticalement?		
R.30-18	8 / 9	IMP	77	900	100%	non finition intérieure			
R.30-19	2b/13	IMP	78	900	100%	inachevée intérieur ?	lave brune; cuve étroite (pilon?) marquage avant achèvement ?	AVE TER	concentration centrale
R.30-20	19	CAT	68	150-180	100%	a priori achevé	cône inférieur non observé		concentration centrale
R.30-25	-	MET	+144	ca. 2.000	50%	semble achevée			-
R.30-26	-	MET	126	1800-2000	100%	achevée		N IEF ?	-
R.30-27	-	MET	+114	1800-2000	65%	semble achevée			-
R.30-28	-	MET	+128	1800-2000	80%	semble achevée			-
R.30-29	-	MET	54,5	ca. 200	100%	presque achevée, flanc non fini ?			-
R.30-30	-	MET	+111	1800-2000	ca.60%	semble achevée			-
R.30-31	-	MET	+70	-	30%	sans doute inachevée	tête en forme de boule : inachevée plutôt qu'ér		-
R.30-32	-	MET	+74	-	50%	inachevée ?	tête inachevée ? Car assymétrique		-

NB : les n° R.30-21 à R.30-24 proviennent du site R.49 (fouille Bruschetti au Campo della Fiera)

\* les Poids chiffrés en 00 sont indiqués par rapport à des meules pompéiennes de dimensions semblables

**FIG.H** Quelques vues des meules de la série 3 (2017), les plus claires sur les clichés (cl. ACH)



de g. à dr. : R.30-26, -27, -28 et -30



**R.30-26**



**R.30-25**



**R.30-28**

# ANNEXE n°7

ACH VI-2019

## Le Taux d'INTÉGRITÉ des MEULES à ORVIETO

Dans cette Annexe nous mettons à disposition la documentation précise concernant le taux de Conservation (ou d'Intégrité) des Meules et Ebauches trouvées à Orvieto.

Ce taux, exprimé en pourcentage du volume initial, a été apprécié empiriquement. Cela limite la reproductibilité des données mais permet de ne pas alourdir le travail (qui a duré 3 jours pour 215 individus) nécessaire à l'obtention d'un bénéfice en précision qui aurait probablement été limité. En pratique il apparaît souvent plus aisé d'apprécier la partie manquante plutôt que le volume présent. Cette appréciation s'est faite par consultation des différents clichés numériques de chaque meule. Si l'estimation est assez immédiate s'agissant des petites Meules Rotatives Basses car elle s'opère à partir du cercle ou demi-cercle, l'appréciation de la Conservation d'une meule de Style Pompéien, en particulier les *Catilli*, demande un peu plus de pratique.

La présente Annexe fournit pour chaque assemblage majeur ainsi que pour la plupart des découvertes limitées ou ponctuelles, une table du taux d'Intégrité ainsi qu'un profil de l'assemblage correspondant. En raison d'un enregistrement trop partiel de ses meules qui aurait distordu le profil, les découvertes de Sugano (R.50 pour R.19, R.31, R.50, R.53 et R.54) n'ont pas été prises en compte.

Dans la table de chaque assemblage, les Meules Rotatives Basses (MRB) sont distinguées en caractère bleu afin de rendre possible une comparaison avec les Modèles de Style Pompéien (MSP) qui figure en bilan au bas de la 3<sup>e</sup> table intitulée « profil », lorsque l'assemblage n'est pas composé quasi uniquement de MSP. Les Meules en Bobines et les Cuves à Pétrin, qui relèvent du domaine Pompéien ne sont pas individualisées.

Comme il ressort des tables et des histogrammes qui suivent, le taux d'Intégrité (ou de Conservation) permet de mieux caractériser les différents assemblages (se reporter aux commentaires à la fin de cette Annexe).

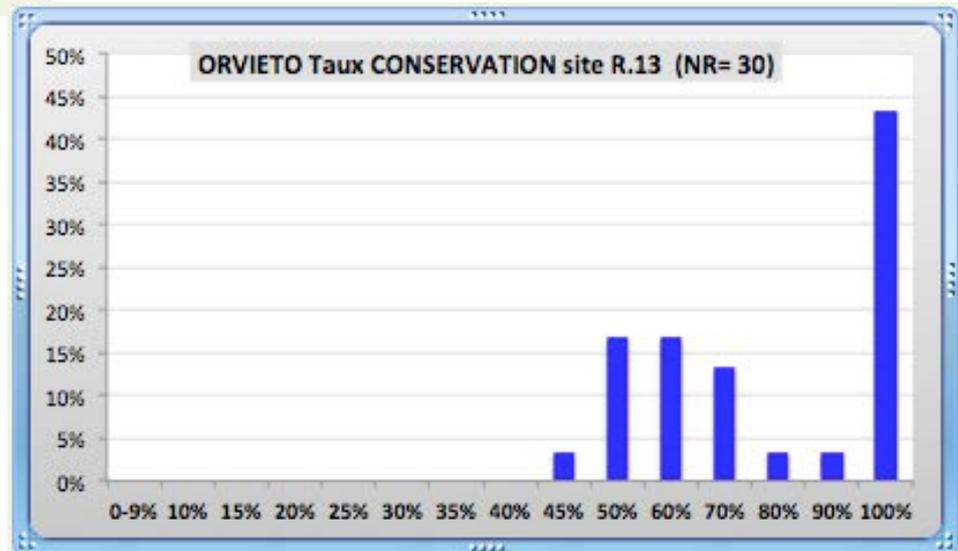


**SITE MAJEUR R.13 NR = 30**

Intégrité de R.13	
R.13-1/10	100%
R.13-2	65%
R.13-3	70%
R.13-4	100%
R.13-5	100%
R.13-6	100%
R.13-7	100%
R.13-8	100%
R.13-9	70%
R.13-11	100%
R.13-13	50%
R.13-14	50%
R.13-15	80%
R.13-16	70%
R.13-17	95%
R.13-19	60%
R.13-20	100%
R.13-21	70%
R.13-22	100%
R.13-23	45%
R.13-24	55%
R.13-25	50%
PcK-1	65%
PcK-2	100%
PcK-3	60%
PcK-4	65%
PcK-5	50%
PcK-6	100%
PcK-7	75% ?
PcK-8	100%
PcK-9	100%
<b>30</b>	<b>2370%</b>
	<b>79%</b>

R.13	
50%	45%
50%	50%
60%	50%
60%	55%
65%	70%
65%	100%
65%	100%
70%	100%
70%	100%
70%	100%
70%	100%
80%	100%
95%	870%
100%	79%
100%	
100%	
100%	
100%	
100%	
100%	
100%	
100%	
1500%	
79%	

Profil de R.13		
0-9%		
10%		
15%		
20%		
25%		
30%		
35%		
40%		
45%	1	3%
50%	5	17%
60%	5	17%
70%	4	13%
80%	1	3%
90%	1	3%
100%	13	43%
	30	100%
	MRB =	POMP
	79%	= 79%

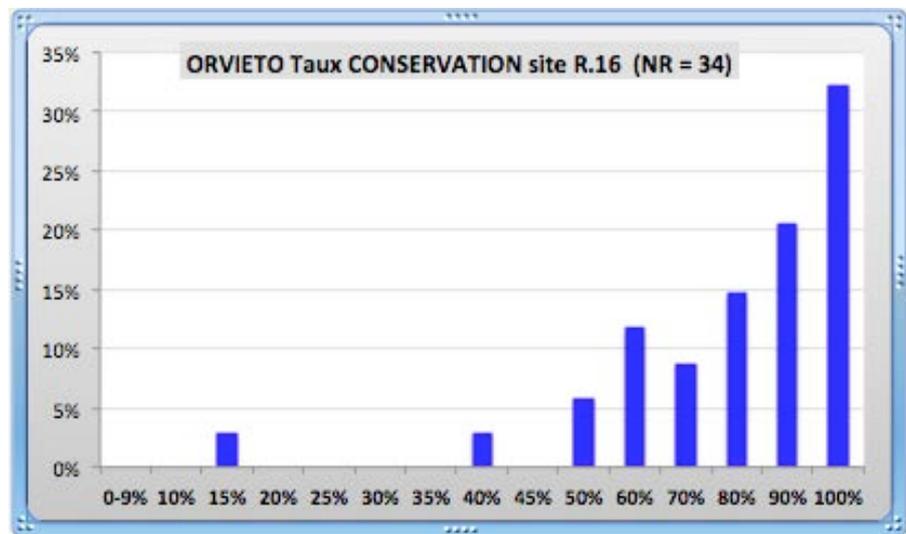


**SITE MAJEUR R.16 NR = 34**

Intégrité R.16	
R.16-1	100%
R.16-2	75%
R.16-3	90%
R.16-4	80%
R.16-6	100%
R.16-7	85%
R.16-8	100%
R.16-9	100%
R.16-10	60%
R.16-11	65%
R.16-13	100%
R.16-14	100%
R.16-15	100%
R.16-16	95%
R.16-17	95%
R.16-18	60%
R.16-19	85%
R.16-20	100%
R.16-21	100%
R.16-22	85%
R.16-23	50%
R.16-24	55%
R.16-25	60%
R.16-27	40%
R.16-28	95%
R.16-29	90%
R.16-30	15%
R.16-31	90%
R.16-32	100%
R.16-33	85%
R.16-34	90%
R.16-36	75%
R.16-37	100%
R.16-38	75%
<b>34</b>	<b>2795%</b>
	<b>82%</b>
MRB R.16 impactées (charruages?)	

R.16	
15%	50%
40%	55%
60%	60%
60%	75%
65%	85%
75%	90%
75%	90%
80%	90%
85%	95%
85%	100%
85%	100%
90%	100%
95%	100%
95%	100%
100%	100%
100%	1290%
100%	86%
100%	
100%	
1505%	
79%	

Profil de R.16		
0-9%		
10%		
15%	1	3%
20%		
25%		
30%		
35%		
40%	1	3%
45%		
50%	2	6%
60%	4	12%
70%	3	9%
80%	5	15%
90%	7	21%
100%	11	32%
	34	100%
	MRB = POMP	
	86%	= 79%



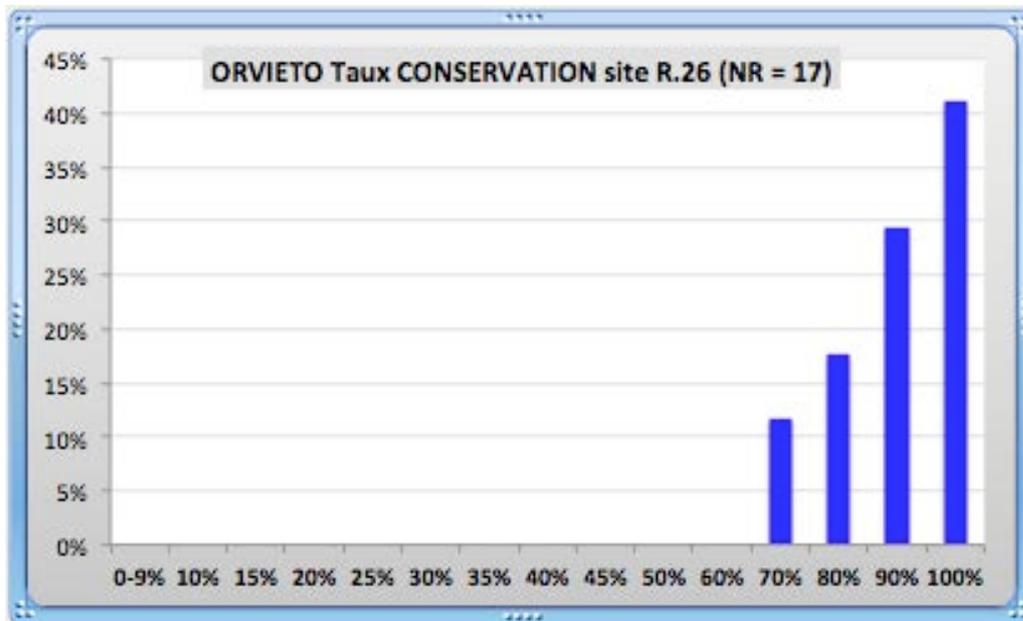
**SITE MAJEUR R.26 NR = 17**

Intégrité R.26	
R.26-1	100%
R.26-2	95%
R.26-3	70%
R.26-4	80%
R.26-5	100%
R.26-6	95%
R.26-7	-
R.26-8	75%
R.26-9	95%
R.26-10	95%
R.26-11	100%
R.26-12	100%
R.26-13	95%
R.26-14**	100%
R.26-15	> 50%
R.26-16	100%
R.26-17	100%
R.26-18	85%
R.26-19	80%
<b>17</b>	<b>1565%</b>
	<b>92%</b>

\*\* ss doute Gd  
Catillus MRB

R.26
70%
75%
80%
80%
85%
95%
95%
95%
95%
100%
100%
100%
100%
100%
100%
100%
100%
100%
100%
100%

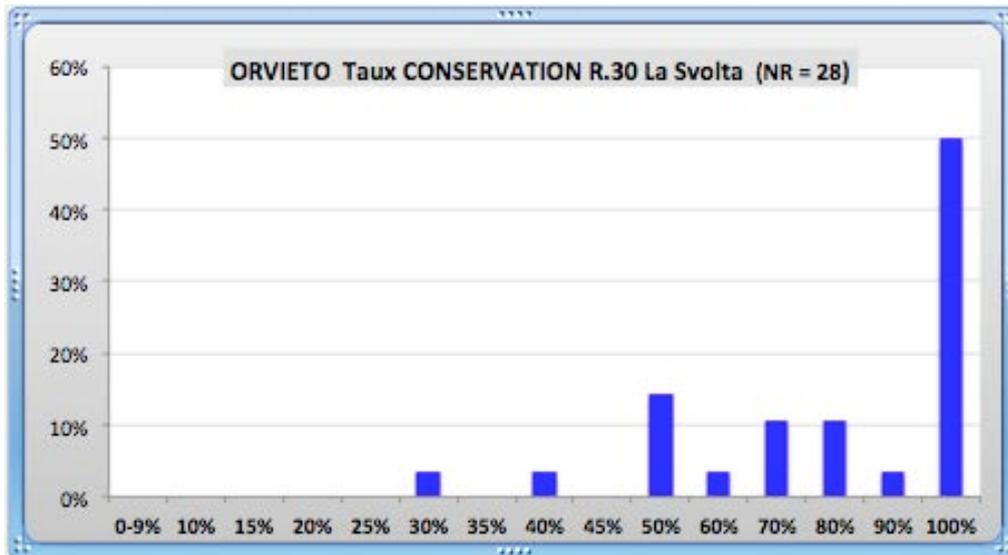
Profil de R.26		
0-9%		
10%		
15%		
20%		
25%		
30%		
35%		
40%		
45%		
50%		
60%		
70%	2	12%
80%	3	18%
90%	5	29%
100%	7	41%
	<b>17</b>	<b>100%</b>



**SITE MAJEUR R.30 NR = 28**

R.30 La SVOLTA		PROFIL R.30		
R.30-1	50%	0-9%		
R.30-2	100%	10%		
R.30-3	100%	15%		
R.30-4	100%	20%		
R.30-5	100%	25%		
R.30-6	100%	30%	1	4%
R.30-7	30%	35%		
R.30-8	75%	40%	1	4%
R.30-9	100%	45%		
R.30-10	100%	50%	4	14%
R.30-11	100%	60%	1	4%
R.30-12	75%	70%	3	11%
R.30-13	100%	80%	3	11%
R.30-14	100%	90%	1	4%
R.30-15	100%	100%	14	50%
R.30-16	50%		28	100%
R.30-17	100%			
R.30-18	85%			
R.30-19	95%			
R.30-20	80%			
R.30-25	50%			
R.30-26	100%			
R.30-27	65%			
R.30-28	80%			
R.30-29	100%			
R.30-30	75%			
R.30-31	40%			
R.30-32	50%			
	2300%			
	82%			

Le Taux d'INTÉGRITÉ moyen à La Svolta est de **82%**. Les meules sont donc entières (50%) ou peu endommagées (76% sont conservées de 75 à 100%).



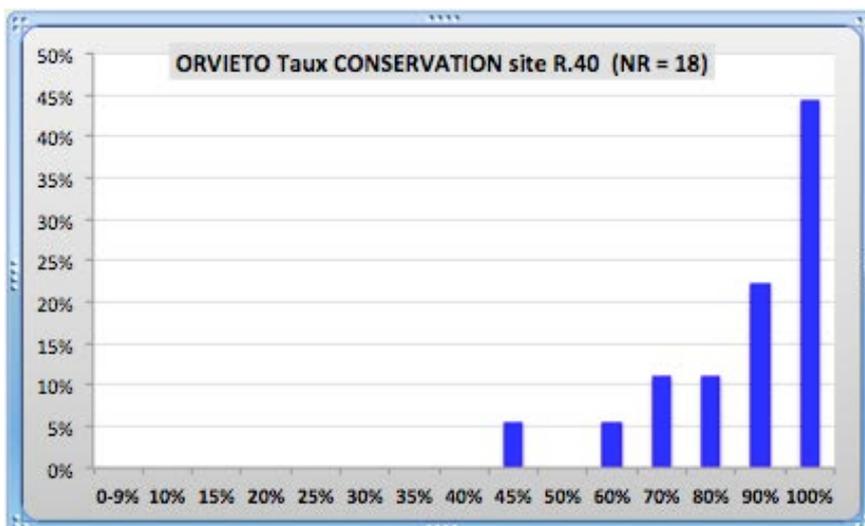
**SITE MAJEUR R.40 NR = 18**

Intégrité R.40	
R.40-1	80%
R.40-2	90%
R.40-3	-
R.40-4	-
R.40-5	-
R.40-6	60%
R.40-7	75%
R.40-8	85%
R.40-9	75%
R.40-10	45%
R.40-11	100% ?
R.40-12	100% ?
R.40-13	100%
R.40-14	100% ?
R.40-15	90%
R.40-16	90%
R.40-17	100%
R.40-18	100%
R.40-19	100%
R.40-21	100%
R.40-22	100%
R.40-24	100%
R.40-25	90%
R.40-26	100%
<b>18</b>	<b>1580%</b>
	<b>88%</b>

Fraction importante  
de *Catilli* POMP  
abîmés

R.40	
MRB	MSP
80%	45%
90%	60%
100%	75%
100%	75%
100%	85%
470%	90%
94%	90%
	90%
	100%
	100%
	100%
	1010%
	84%

Profil de R.40		
0-9%		
10%		
15%		
20%		
25%		
30%		
35%		
40%		
45%	1	6%
50%		
60%	1	6%
70%	2	11%
80%	2	11%
90%	4	22%
100%	8	44%
	<b>18</b>	<b>100%</b>

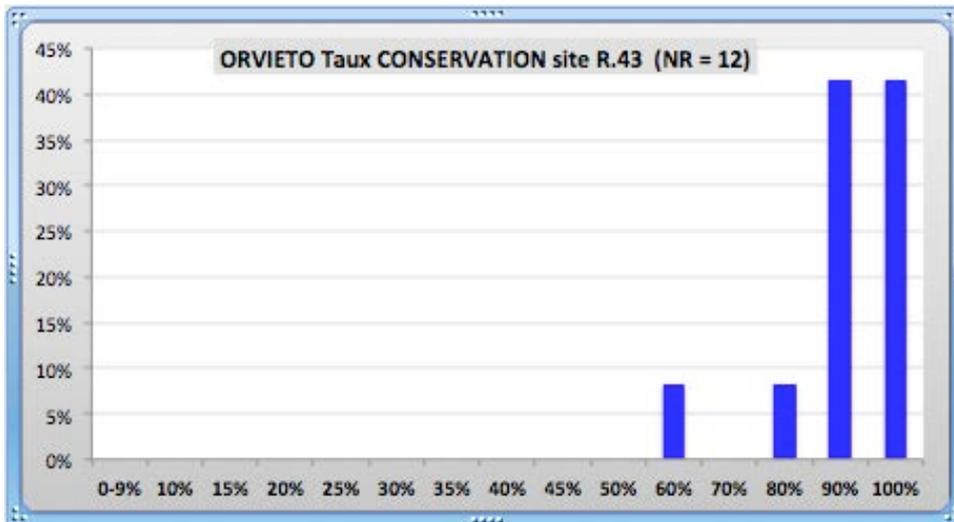


**SITE MAJEUR R.43 NR = 12**

Intégrité R.43	
R.43-1	> 40%
R.43-2	100%
R.43-3	95%
R.43-4	60%
R.43-5	80%
R.43-6	100%
R.43-7	90%
R.43-8	100%
R.43-9	100%
R.43-10	90%
R.43-11	100%
R.43-12	95%
R.43-13	-
R.43-14	90%
12	1100%
	92%

R.43 MRB & MSP	
60%	90%
80%	90%
90%	100%
95%	100%
95%	100%
100%	100%
520%	580%
87%	97%

Profil de R.43		
0-9%		
10%		
15%		
20%		
25%		
30%		
35%		
40%		
45%		
50%		
60%	1	8%
70%		
80%	1	8%
90%	5	42%
100%	5	42%
12		

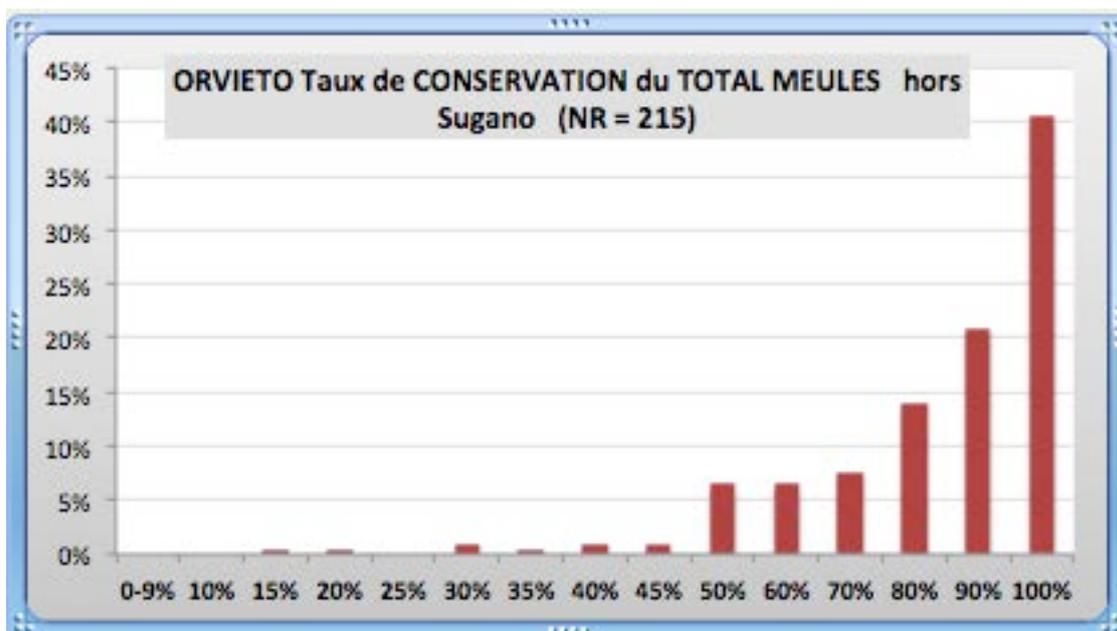




PROFIL du TOTAL des		
0-9%		
10%		
15%	1	0,5%
20%	1	0,5%
25%		
30%	2	1%
35%	1	0,5%
40%	2	1%
45%	2	1%
50%	14	7%
60%	14	7%
70%	16	7%
80%	30	14%
90%	45	21%
100%	87	40%
	215	100%

4,2%

75%

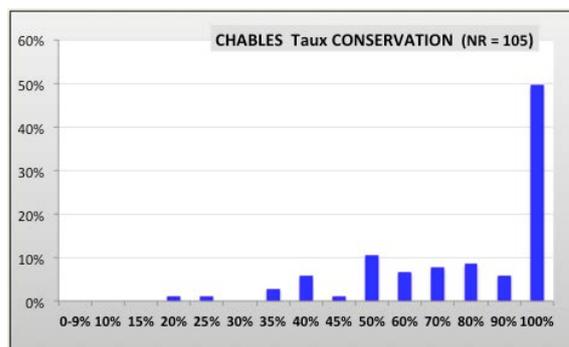
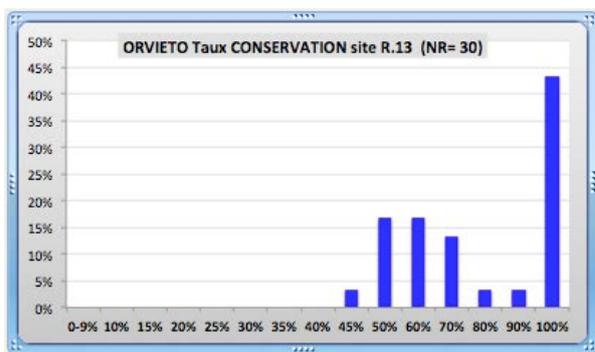


## Remarques

### 1- Indices de sites carriers

Il apparaît que le site R.13, situé assurément sur une aire de fabrication sinon d'extraction (association meules finies, ébauches nombreuses et éclats de dimension variée), présente un profil d'Intégrité un peu différent des autres. La conservation moyenne y est plus faible (79%, identique pour MRB et MSP) : faut-il y voir l'impact minorant (sur-casse) de la construction des 2 maisons (mais en ce cas la rareté des mièces plus petites que 50% est étonnante en R.13) ou plutôt un assemblage plus conforme à un profil d'extraction et façonnage ? En effet, plus que les autres sites d'Orvieto, le profil de R.13 se rapproche, par

son renforcement dans la fraction 45-70%, de celui de la carrière romaine de Châbles en Suisse.

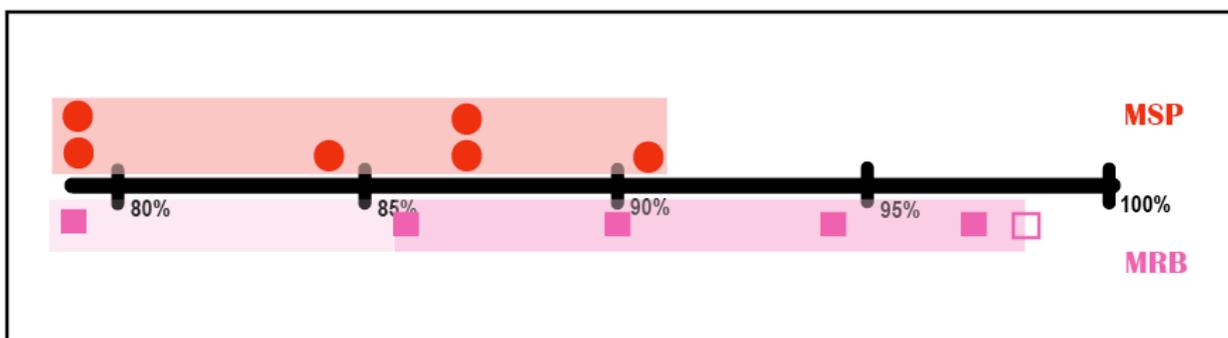


V

Avec un taux d'Intégrité moyen également de 79% pour ses Modèles Pompéiens, le site R.16 (La Chiusetta) est le seul qui présente une analogie avec R.13. Ce trait apporte un indice en faveur d'une production sur place de MSP sur ce secteur bas quelque peu éloigné des falaises de leucitite et situé sur les marnes pré-volcaniques (les *crete*).

## 2- Meilleure intégrité des Meules Rotatives Basses

Les petites Meules Rotatives Basses (MRB) apparaissent mieux conservées que leurs congénères pompéiennes (MSP). Leur intervalle d'intégrité va en effet de 86 à 97 voire 98% (plus un cas faible à 79% sur le site R.13 qui semble plus « carrier » que les autres comme nous venons de le voir). En revanche l'intervalle d'intégrité des Modèles Pompéiens (MSP) va de 79% à 91% et préférentiellement de 79 à 87% (cf. diagramme ci-dessous). Il est probable que cette meilleure conservation des MRB soit liée à leur ampleur plus réduite.



Les sites à faible effectif (R.26/R.40/R.43 pour un NR respectif de 17/18/12) montrent un Taux d'Intégrité plus élevé (88/92/92%) ce qui dénote une plus forte sélectivité en faveur des pièces entières.

SITE	NR	Taux moyen	Taux MRB	Taux MSP
R.10	42	88%	90%	87%
R.13	30	79%	79%	79%
R.16	34	82%	86%	79%
R.26	17	92%	(98%)	91%
R.30	28	82%	-	-
R.40	18	88%	94%	84%
R.43	12	92%	97%	87%
petits Assemblages	34%	88%	87,3%	87,6%

# ANNEXE n°8

## Provenance de la BIBLIOGRAPHIE

*Notre travail doctoral s'inscrit dans une période de basculement des ressources documentaires dans le domaine du numérique et dans le débat sur « l'open access ». Il nous a semblé peut-être utile d'en livrer ici un témoignage.*

Au cours des 6 années de ce travail nous avons eu très régulièrement l'occasion de nous enthousiasmer par la faculté de pouvoir disposer en quelques minutes de documents précieux que l'on peut –s'ils sont en hypertexte- annoter, commenter, et dont on peut extraire des images ou des passages. Nous avons ainsi pu grossir le dessin de nombreuses meules pour en saisir les dimensions, très souvent absentes des publications, en mesurer les angles et autres paramètres. Sans la ressource numérique nous n'aurions rien su de pans entiers de recherche qui en réalité nous concernent ou nous sont fort utiles (ainsi par exemple des pierres pivot ou des travaux sur les tours de potiers).

Nous avons tout autant pesté contre l'inaccessibilité des livres, jadis précieuse base d'acquisition de savoirs, mais désormais enfermés dans des bibliothèques physiques aux horaires sinon à la richesse limités. Quand les ouvrages qui y sont présents ne sont pas uniquement capturables par une photocopie papier aussi désuète que lourde et payante et qui pour finir explose la rationalité de l'archivage numérique dans votre ordinateur. Plutôt qu'enrichir un opérateur ferroviaire dispendieux nous avons souvent préféré investir dans l'achat (généralement en ligne) de nombreux ouvrages (pour beaucoup nous les légueons à la MAE ou à une structure de recherche).

Nous avons quand même béni les bibliothèques physiques telles que la MAE, Michelet, l'INHA et Gernet-Glotz à Vivienne ou encore l'ENS Ulm : nous y avons toujours trouvé bon accueil et disponibilité (même si l'on a parfois tenté de nous refuser l'accès à Michelet, seule bibliothèque intégralement archéologique avec la MAE et où nous avons fait nos études dans les années 1980). Une mention spéciale à la petite bibliothèque de l'UMR AOROC à l'ENS pour sa richesse et la sortie numérique de son copieur. Un blâme à la BnF pour sa difficulté d'accès, un catalogue peu praticable et un service de repro volontairement dissuasif.

Le tableau de synthèse de la Figure suivante porte sur les 1.500 titres de notre bibliographique « utile », il réunit les données provenant de la bibliographie molinologique et de celle plus générale. Plusieurs enseignements peuvent en être tirés :

Total de la BIBLIOGRAPHIE			
<b>PAPIER</b>		<b>183</b>	<b>%</b>
LIVRES perso	133		9%
Copies Papier	50		3,4%
			<b>12%</b>
<b>NUMERIQUE</b>		<b>1295</b>	<b>%</b>
Academia.edu	580		39,2%
Sites Revues, UNIV., Musées, Labos	208		14,1%
AUTEURS & Collègues	119		8,1%
abo.UNIV. (Jstor, Springer, Elsevier)	103		7%
PERSÉE	111		7,5%
INIST -SHS CNRS	49		3,3%
MAE & UMR 7055	53		3,6%
HAL - TEL	16		1,1%
ResearchGate	7		0,5%
GoogleBooks	8		0,5%
Revues.org	28		1,9%
Gallica-BnF	1		0,07%
M.Culture & INRAP	2		0,14%
€ PDF payants	10		0,7%
			<b>88%</b>
TOTAL TITRES = 1478			
<b>Total NON NUMERIQUE</b>	<b>183</b>		<b>12,4%</b>
<b>NUMERIQUE</b>	<b>1295</b>		<b>87,6%</b>
open access	1285		99,2%
PDF payants	10		
<b>Total OPEN ACCESS institutions</b>	<b>571</b>		<b>44%</b>
<b>Europe (FR +ESP + qlqs It/UK/ALL.)</b>			
<b>Total Plateformes</b>	<b>595</b>		<b>46%</b>
<b>Acad./ResG/Google</b>			
<b>Total AUTEURS &amp; COLLEGUES</b>	<b>119</b>		<b>9%</b>
<b>Total Titres payants (62 + 19 + 6)</b>	<b>87</b>		<b>6%</b>

(géochimie des laves, enquêtes ethnographiques sur les meules ou les dots), permet de disposer d'une bibliographie à jour et tendanciellement assez complète. Le risque de rater quelques ouvrages importants est devenu limité. Plus encore, le champ spatial et chronologique qui peut être couvert par une thèse peut être délimité plus librement, plus par des raisonnements que par les limitations documentaires.

3- Le troisième point que nous soulignerons est le privilège (pour combien de temps encore ?) dont on peut jouir en France à travers l'accès en ligne, aisé et gratuit à une notable proportion de la ressource bibliographique. Au premier rang on trouve Persée, les ressources Université/CNRS sur plateformes comme INIST ou en bibliothèque, les abonnements de l'Université aux éditeurs anglo-saxons payants que sont JStor, Elsevier et Springer (avec un problème d'accès aux articles non SHS d'archéométrie et d'ingénierie que nous avons parfois pu contourner grâce à des collègues de ces spécialités). Mais l'une des ressources principales, outre les dons ou envois des auteurs ou des collègues, est constituée par l'accès libre et téléchargeable sur les sites des revues, de certains éditeurs publics, de musées, d'Universités ou de laboratoires.

Cette importante source (16% du numérique) est principalement le fait de la France et de l'Espagne. Elle est très rare en Italie où l'on pourrait dire que le fonctionnement documentaire est inexistant, et au Royaume Uni où tout article ou presque est payant. L'un des problèmes en France nous semble constitué par la très grande difficulté d'accès en ligne aux thèses, récentes comme anciennes. L'une des surprises a été de constater la rareté des documents disponibles en ligne auprès de l'Inrap dont les rapports sont pourtant un trésor.

1- La documentation **non-numérique** représente **12%** de notre bibliographie utile. Elle est largement constituée de livres que nous possédions ou avons achetés (2.139€). Cette fraction est -logiquement- double pour le domaine archéomolologique par rapport au domaine archéologique plus général.

2- Le phénomène marquant réside surtout dans le fait que notre **documentation** est à **88% numérique**. Cela signifie en réalité que notre travail de thèse n'aurait pas été le même sans la digitalisation des ressources.

En effet une grande partie de la documentation nous aurait été inaccessible, y compris pour le domaine principal que constituent les meules. Notre corpus de comparaison aurait été réduit à en devenir non représentatif spatialement, typologiquement et chronologiquement. Par ailleurs nous n'aurions pas eu accès à la documentation pertinente et à jour concernant de nombreux domaines de la thèse : le volcanisme italien, les analyses géochimiques des laves meulières, des études mécaniques sur le moulin, de nombreux articles ou mémoires universitaires concernant les meules, de même pour un champ tel que la métrologie.

Il est clair que le numérique, même **sans** l'accès à des bases de données

4- Enfin il n'étonnera personne que la plateforme américaine Academia.edu représente 45% de notre documentation numérique (mais seulement 24% pour le domaine archéologique). Il convient de remarquer que la très grande masse des PDF que nous avons pu nous y procurer est constituée de travaux européens très généralement financés par l'impôt et le labeur des citoyens de l'U.E, ce qui explique que les chercheurs les utilisent autant qu'ils les alimentent. On peut se demander pourquoi de tels instruments, simples et universels, ne sont pas créés en Europe ou par l'Europe, laissant des plateformes hawaïennes fonctionner comme de grands ratisseurs de Recherche avant sans doute de nous supprimer à terme l'accès faute d'abonnement « Premium » ou « super Premium ». Mais paradoxalement, de par les chercheurs qui la fournissent, une plateforme comme Academia.edu contribue à corriger le biais anglo-saxon de la bibliographie antérieure telle que « délivrée » à partir des abonnements universitaires et de la maîtrise des revues « internationales » par de grands éditeurs privés qui prospèrent sur la recherche publique.

Biblio MEULES & MOULINS				Biblio GÉNÉRALE					
<b>PAPIER</b>		<b>102</b>	<b>%</b>		<b>PAPIER</b>		<b>81</b>	<b>%</b>	
LIVRES perso	71	12%			LIVRES perso	62	7%		
Copies Papier	31	5,2%			Copies Papier	19	2,1%		
		<b>17%</b>				<b>9%</b>			
<b>NUMERIQUE</b>		<b>491</b>	<b>%</b>		<b>NUMERIQUE</b>		<b>804</b>	<b>%</b>	
Academia.edu	121	20,4%	24,6%	Academia.edu		459	51,9%	57,1%	
Sites Revues, UNIV., Musées, Labos	129	21,8%	26,3%	Sites Revues, UNIV., Musées, Labos		79	8,9%	9,8%	
AUTEURS & Collègues	77	13%	15,7%	AUTEURS & Collègues		42	5%	5,2%	
abo.UNIV. (Jstor, Springer, Elsevier)	40	6,7%	8,1%	abo.UNIV. (Jstor, Springer, Elsevier)		63	7,1%	7,8%	
PERSÉE	38	6,4%	7,7%	PERSÉE		73	8,2%	9,1%	
INIST -SHS CNRS	34	5,7%	6,9%	INIST -SHS CNRS		15	1,7%	1,9%	
MAE & UMR 7055	27	4,6%	5,5%	MAE & UMR 7055		26	2,9%	3,2%	
HAL - TEL	7	1,2%	1,4%	HAL - TEL		9	1,0%	1,1%	
ResearchGate	5	0,8%	1%	ResearchGate		2	0,2%	0%	
GoogleBooks	5	0,8%	1%	GoogleBooks		3	0,3%	0%	
Revue.org	2	0,3%	0,4%	Revue.org		26	2,9%	3,2%	
Gallica-BnF	0			Gallica-BnF		1	0,1%	0,1%	
M.Culture & INRAP	2	0,3%	0,4%	M.Culture & INRAP		0			
€ PDF payants	4	0,7%	0,8%	€ PDF payants		6	0,7%	0,7%	
		<b>83%</b>				<b>91%</b>			
TOTAL TITRES =		593	100%		TOTAL TITRES =		885		
<b>NON NUMERIQUE</b>	102	<b>17,2%</b>		<b>NON NUMERIQUE</b>		81	<b>9,2%</b>		
<b>NUMERIQUE</b>	491	<b>82,8%</b>		<b>NUMERIQUE</b>		804	<b>90,8%</b>		
open access	487	99,2%		open access		798	99,3%		
PDF payants	4			PDF payants		6			
Total Titres payants (71 + 31 + 4)	106	18%		Total Titres payants (62 + 19 + 6)		87	10%		

# ANNEXE n°9

## RENDEMENT de BROYAGE des différents TYPES de MOULIN

*A titre de repère concernant l'amélioration de productivité entraînée par l'adoption du Moulin Rotatif Bas, on fournit dans cette ANNEXE les données les plus couramment disponibles dans la littérature archéologique.*

*La table ci-dessous indique les sources puis les données chiffrées qu'elles livrent quant à la quantité de denrée moulue et le temps de mouture. A l'extrémité droite, la colonne « Performance » déduit le gain constaté pour l'Extraction d'une part et pour le Temps d'exécution d'autre part. Le gain de productivité peut être mesuré soit par le Temps gagné, soit par la Quantité supérieure de grain ou denrée moulue dans un temps donné (par ex. 1 H).*

*Un commentaire des sources et des résultats est donné en page suivante.*

RENDEMENT des MOULINS					
<b>Sources :</b>					
<b>1</b>	GAST 1968	<b>5</b>	HOLODNAK 2001		
<b>2</b>	DEMBINSKA 1985	<b>6</b>	PORTILLO 2006 (BUTSER FARM '80)		
<b>3</b>	AUDOUZE, BUCHSENSCHUTZ 1989, p. 152-154	<b>7</b>	PEACOCK, CUTLER 2011		
<b>4</b>	PY 1992	<b>8</b>	VIGNET-SUNZ 2014		
<b>VA-et-VIENT (saddle)</b>			<b>MRB</b>		
<b>2</b>	0,6 kg GRAIN / heure	<b>2</b>	6 kg GRAIN / heure avec anille	<b>2 vs 2</b>	x 10
<b>1</b>	2,7 à 3,6 kg GRAIN / heure	<b>8</b>	3 kg GRAIN / h meule mi-usée H.7 cm 21 kg D. 60	<b>1 vs 2</b>	+55% à +40%
<b>3</b>	0,75 kg GRAIN / heure	<b>8b</b>	1,8 kg GRAIN / h MRB petit Diam.	<b>1 vs 8</b>	x 0 ou +10%
				<b>1 vs 8b</b>	-33% ou -50%
				<b>2 vs 8</b>	x 5
				<b>2 vs 8b</b>	x 3
				<b>3 vs 2</b>	x 8
				<b>3 vs 8</b>	x 4
				<b>3 vs 8b</b>	x 2,4
<i>en jaune les sources primaires (observation, expérimentation)</i>					
<b>Données de Butser farm</b>					
<b>VA-et-VIENT (saddle)</b>			<b>MRB</b>		
<b>6a</b>	0,5 kg orge vêtue extraction 78%, 46 minutes	<b>6b</b>	0,5 kg orge vêtue extraction 89%, 22 minutes	<b>6a vs 6b</b>	+14% x 2 (-52%)
<b>6c</b>	0,5 kg blé commun extraction 74%, 46 minutes	<b>6d</b>	0,5 kg blé commun extraction 99%, 25 minutes	<b>6c vs 6d</b>	+34% x 2 (-46%)
<b>6e</b>	0,250 kg Fèves extraction 93%, 60 minutes	<b>6f</b>	0,250 kg Fèves extraction 96%, 40 minutes	<b>6e vs 6f</b>	+3% +33%

## Commentaires

1- Le tableau, réalisé à partir de la dizaine des références les plus fréquemment citées (nous n'avons pas vu ALONSO 1999), n'est bien entendu pas complet mais il illustre cependant la faiblesse des points d'appui pour un savoir qui **en définitive** apparaît mal assuré. Le référentiel manque en premier lieu d'assise quantitative, notamment provenant de l'observation ethnographique de pratiquants "naturels".

En effet sur les 8 sources considérées seules **4** sont des **sources primaires** : **2 sont des observations** en Afrique du Nord (GAST 1968 sur le Hoggar, VIGNET SUNZ 2014 dans le Riff) et **2 correspondent à des expérimentations** (HOLODNAK 2001 et BUTSER FARM).

2- Les 2 observations sont les moins citées, les archéologues se référant généralement à DEMBINSKA et HOLODNAK, articles de 10 et 13 pages l'un en français l'autre en tchèque. En dépit de leur intérêt, on ne sait d'où proviennent les calculs de DEMBINSKA 1985, généralement cités par les Français (PY 1992, AUDOUZE et BUCHSENSCHUTZ 1989) dont le référentiel provenant des enquêtes orales en Pologne ne semble pas publié.

Les archéologues montrent globalement une préférence pour les travaux d'expérimentation, peut-être en raison d'un accès plus difficile aux données d'observation (noyées dans des monographies et publiées dans des supports d'anthropologie dont nous sommes moins familiers).

3- La **grande variabilité des résultats** (colonne 'Gain de temps') indique que la connaissance actuelle pêche probablement par une mauvaise reproductibilité des données, sauf sans doute celles provenant des observations au Maghreb et des expérimentations répétées de l'équipe de P. J. Reynolds à Butser Farm objet d'un tableau synthétique dans PORTILLO 2006.

4- Ces données anglaises du **Buster Farm Project** (années 1980-2000) semblent indiquer que :

- le gain en extraction de farine est relativement limité (inexistant pour les fèves),
- que la machine rotative est plus performante pour certaines denrées que d'autres
- enfin que, somme toute, le gain de productivité n'est pas aussi immense que les autres indications laisseraient entendre : la réduction du temps consacré à la mouture serait de l'ordre de 30 à 50% entre les meules à va-et-vient et les meules rotatives basses.

5- Les observations de VIGNET SUNZ 2014 semblent indiquer que la **dimension de la meule** (en général 30 à 45 cm à l'Age du Fer et à l'époque romaine) voire **son degré d'usure** pourraient jouer un rôle important dans la performance.

Toute expérimentation devrait en effet préciser le Diamètre, l'Épaisseur ainsi que le Poids de la meule tournante, et si possible le type de roche.

6- **Réduire d'un tiers ou diviser par 2 le temps** passé à la mouture n'est pas négligeable : sur une agglomération de 1.000 femmes et jeunes filles en âge d'être affectées à la mouture cela représente 300 à 500 femmes qui seraient dégagées entièrement de cette tâche et pourraient donc se consacrer à d'autres activités, productives ou non.

7- Encore faut-il, pour que la technologie rotative ait un impact social, que les femmes aient auparavant passé un certain volume d'heures par jour ou par semaine au travail de mouture. Car réduire de 50 ou 30% un temps quotidien d'une heure n'a pas la même portée que réduire de 50 ou 30% un travail accaparant 2 ou 3 heures (ou 3 femmes pendant 1 heure).

Le fait que les jeunes filles et les femmes passent traditionnellement plusieurs heures par jour à la mouture est généralement implicitement assumé par les archéologues mais mériterait là aussi des données quantifiées tirées des bases de données ethnographiques.

8- La moindre performance de **8b vs 1** suggère que l'avantage du MRB porterait parfois sur la **réduction de l'effort** plutôt que sur l'amélioration du rendement. Mais aucune étude d'effort (par des techniques analogues par ex. à celles appliquées aux cyclistes) ne semble avoir été conduite.

9- Nous n'avons rencontré que deux références indiquant le rapport entre le Moulin Rotatif Bas et la **Trémie d'Olynthe** : selon AUDOUZE et BUCHSENSCHUTZ 1989, 152-154 se basant sur DEMBINSKA, le MRB entrainerait un gain d'un facteur 9 par rapport au travail produit par la molette et d'un facteur 3 par rapport à la machine d'Olynthe. On peut douter d'un tel chiffre au vu des quantités produites par la Trémie d'Olynthe de type Martigues reconstituée, mise en fonctionnement et filmée par J. CHAUSSERIE-LAPREE et D. DELPALILLO.

Par ailleurs, WEFERS 2011, 67 et PEACOCK, CUTLER 2011, 79 dans le même volume, indiquent en se référant aux expérimentations de HOLODNAK 2001 que l'Olynthe moutrait 6 fois plus que la Saddle et le MRB 6 à 12 fois, soit autant ou le double de l'Olynthe. Il semble s'agir d'une des seules données dont on dispose sur la meule plate à fente.

**ci-contre** : extrait de la vidéo de mise en fonctionnement expérimentale d'une meule de type Olynthe provenant de Martigues (CHAUSSERIE-LAPREE, DELPALILLO, NIN, années 1990)



# ANNEXE n°10

## Meules de Style Pompéien :

## Exemples d'appariements criticables ou fantaisistes

*On donne ici quelques exemples de meules présentées de manière appariée, en forme de moulin mais dont on peut douter qu'elles correspondent à des paires authentiques, trouvées appariées, plutôt qu'à des agencements modernes à visée reconstitutive ou pédagogique.*

*Les, nombreuses, meules couplées visibles à Ostia Antica ne semblent **pour**tant pas attirer un **œ**l **très** critique, non plus que les deux moulins (aux **Catilli** très restaurés) de Pozzuoli ou celui du fond du **pistrinum** de **Sex. Patulcius Felix** à Herculaneum.*

*Une deuxième série de faux appariements est constituée par les **Catilli** placés sur des **Metae** dans les jardins ou parcs archéologiques tel, par exemple, celui de Capbarnaum, cependant très riche et passionnant.*

**1- POMPEI** (photo internet source inconnue) **notre catalogue metae : POMPEI -3**



Discordance d'Angle sinon de diamètre entre le *Catillus* et la *Meta* in situ. Il est en outre probable que le *Catillus* (type annulaire à oreilles continues) soit plus ancien alors que la *Meta* date du Ier s. pC.

Un appariement factice est probable.

**2- POMPEI** (photo [www.saucemagnusson.com](http://www.saucemagnusson.com)) **notre catalogue metae : POMPEI -10**

La Conicité semble compatible entre *Catillus* et *Meta*. Toutefois l'étroitesse ainsi que la Hauteur réduite et inadaptée du *Catillus* ne permettent pas à celui-ci de durer en descendant le long du cône de la *Meta*. Ce *Catillus* devait donc coiffer une *Meta* moins large. Celle qui est ici en place a d'ailleurs été utilisée bien plus bas que la base du *Catillus* (voir la hauteur lustrée située sous le *Catillus* et séparée de l'épaule par une zone brute de martelage qui correspond à la portion de hauteur utile restant à user).

Un appariement artificiel entre un *Catillus* et une *Meta* aux modules différents est évident.



### 3- ROMA Museo alle TERME (photo ACH) - notre catalogue *metae* : ROMA TERME -8

Il n'est pas du tout certain, même s'il était reconstitué graphiquement à sa dimension complète, que le *Catillus* qui a été placé sur cette belle *Meta* romaine, dans le jardin qui accueille les meules et tout un lapidaire du Musée, lui ait été trouvé apparié.

Il en est de même, et plus encore peut-être, pour le *Catillus* « turrifié » qui coiffe une autre *Meta* géante à l'arrière plan (notre catalogue *metae* : ROMA-Terme -10).

Appariement très probablement fantaisiste.



### 4- VELEIA (photo aimablement communiquée par E. Tamburrino) - notre catalogue *metae* : VELEIA

Dimensions du *Catillus* et de la *Meta* semblent compatibles. Mais le *Catillus* correspond ici à deux parties distinctes raccordées (peut-être après sciage ?) indiquant une reconstitution peu conventionnelle. La partie haute qui restitue le cône manquant pourrait provenir d'un trois-ième *Catillus* ou du cône d'une *Meta* dont l'évidement interne remontait dans le cône (adaptation hydraulique ?).

Quoiqu'il en soit, l'usure basse de la *Meta* montre qu'elle a fonctionné avec un autre *Catillus*, à plus large œillard et qui est descendu bas sur le cône de la *Meta*. La descente du *Catillus* actuel supposerait que son œillard soit élargi.

L'appariement est très vraisemblablement artificiel.

Un autre *Catillus* (4è ?) de style pompéien également est déposé au pied de cet ensemble.



**5- CAPHARNAUM** (photo internet source inconnue)

Il est peu probable que le *Catillus* de droite, de style pompéien plutôt classique mais à large bandeau médian typique du Levant, corresponde à la (trop petite) *Meta* qu'il coiffe.



**6- CAPHARNAUM** (photo [www.holylandtours.com](http://www.holylandtours.com))

Il en est de même de celui-ci, si toutefois il ne s'agit pas du même *Catillus*, déplacé, que le précédent (n°5)



# ANNEXE n°11

## MRB d'ORVIETO

# METAE

### TABLES des DONNÉES - Paramètres principaux (NR 32)

ORVIETO - Metae MRB						
METAE	STADE de FAÇON-NAGE	DIAMETRE (cm)			H.	D/H
		D.ŒIL	D.Base	D. Sup		
R.10-3	III.B	-	30,5	-	17	179%
R.10-7	III.B	-	38	38	26 - 27	143%
R.10-9	III.B	-	ca. 30	37	23	-
R.10-14	III.B	-	42	38-39	28 - 31	142%
R.10-17	III.B	-	40	34 - 36	17	114%
R.10-25	III.B	-	35 - 37	> 37	39	-
R.10-34b	II.B	-	32,5	34	23	141%
R.10-36	III.B	-	28 - 29	29	21	136%
R.13-7	III.B	-	37	37	23	161%
10 R.13-21	III.B	-	32	33	20,5	156%
R.16-1	III.B	-	36-37	41,5	30	122%
R.16-20	II.B	-	-	30 - 31	13,5	-
R.16-21	II.B	-	32,5	32,5	15	217%
R.16-23	III.B	-	30	34,5	26	115%
R.16-28	III.B	-	37	35 - 36	28	104%
R.16-29	III.B	-	32	35,5	30	107%
R.16-31	III.B	-	30	32 - 34	25	91%
R.16-32	III.B	-	28	32	24	117%
R.16-37	IV	4 x 2,5/2,8	29	31,5 - 32	13	81%
20 R.27	III.B	-	34,5	31	34	101%
R.30-14	III.B	-	35	35	29	121%
R.31-1	II.B	-	36	36	20	180%
R.40-1	III.B	-	ca.29	29	14,5	-
R.40-19	III.B	-	29	30	22	132%
R.41	III.B	-	37	37	28	132%
R.43-7	III.B	-	34	39	29	117%
R.43-8	III.B	-	28 ?	28	20	-
R.43-10	III.B	-	31	36	17	182%
29 R.43-11	III.B	-	28	30	18	156%
R.30-22	III.B	-	ca. 68	ca. 70	62	ca.110%
R.39-1	III.B	-	48	46 et 48	36	133%
R.40-2	III.B	-	56,5	60,5	36	157%
col. 1			col. 2	col. 3	col. 4	
Total =			940,5		809,5	
Moyenne =			34,83		25,30	138% IREC

infos complémentaires		
H.Cone	Angle °	Stade
-	-	III.B
4	11,5° -15°	III.B
4	10°	III-B-IV
3	7°	III.B
3	10°	III.B
4,5	14,5°	III.B
5	13 - 14°	II.B
4,5	17°	III.B
6	19°	III.B
7	21°	III.B
4,5	13°	III.B
2-2,5	9°	II.B
0	-	II.B
3	10°	III.B
3	9°	III.B
2,5	8°	III.B
2,5 - 3	10°	III.B
3	10°	III.B
3,5	12°	IV
5	18°	III.B
6	18 - 20°	III.B
4,5	18°	II.B
3,5	14°	III.B
3	11,5°	III.B
3,5	10,5°	III.B
4	12°	III.B
6	23°	III.B
4	12,5°	III.B
3	11°	III.B
16	25°	III.B
6 - 7	14°	III.B
2 - 5,5	4 à 11°	III.B
col. 31	col. 32	col. 33

Les Metae de R.10 ne présentent pas d'évidement central (sauf la -31)  
 IV car piquetage cône  
 = moins avancées que celles des autres sites ? ou finition hors site ?  
 Elles ont aussi des cônes le plus souvent assez élevés (4-4,5 cm) et un angle déjà prononcé (11-14°)

POIDS Mesuré = 29 Kg => 2,33g/cm3

si 2AP = 8 au lieu de 9 cm => Ap/D = 25% = 1/4 = 8 parts

meta gracile perfo.; si 2Ap = 7,25cm => Ap/D = 25% = 1/4

Seule véritable Gde META

valeurs hors de la normale

# Evidement & ANNEAU de POSE

ORVIETO - Metrae MRB																										
METRAE REF.	STADE de FAÇON-NAGE	DIAMETRE (cm)			H.	D/H	Evidement de la Base et ANNEAU de POSE (Ap)																			
		D.Ceil	D.Base	D.Sup			DC	HC	DB-DC	Ap (cm) *	DGT	2Ap/DB arrondi *	Partition Anneau Groupe	Ap visée	Degré ACHÉV.											
R.10-3	III.B	-	30,5	-	17	179%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
R.10-7	III.B	-	38	38	26 - 27	143%	non obs.	non obs.	non obs.	non obs.	non obs.	non obs.	non obs.	non obs.	non obs.	non obs.	non obs.	-								
R.10-9	III.B	-	ca. 30	37	23	-	non obs.	4	non obs.	non obs.	-	-	-	-	-	-	-	-								
R.10-14	III.B	-	42	38-39	28 - 31	142%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
R.10-17	III.B	-	40	34 - 36	17	114%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
R.10-25	III.B	-	35 - 37	> 37	39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
R.10-34b	II.B	-	32,5	34	23	141%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
R.10-36	III.B	-	28 - 29	29	21	136%	17	11	11,5	5-6,5	(3,5)	40,35%	2/5è	1/10è	1/5è	2,8	49%	-								
R.13-7	III.B	-	37	37	23	161%	31	12,5	6	3	(1,75)	16,22%	1/6è	1/12è	1/12è	3,1	103%	-								
R.13-21	III.B	-	32	33	20,5	156%	26	9	6	3	(1,75)	18,75%	2/11è	1/10è	1/10è	3,2	107%	-								
R.16-1	III.B	-	36-37	41,5	30	122%	25	11	11,5	5 - 6,5	(3,5)	31,51%	1/3	1/12è	2/12è	3,0	53%	-								
R.16-20	II.B	-	-	30 - 31	13,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
R.16-21	II.B	-	32,5	32,5	15	217%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
R.16-23	III.B	-	30	34,5	26	115%	22	12	8	4	(2,25)	26,67%	1/4	1/8è	1/8è	3,75	94%	-								
R.16-28	III.B	-	37	35 - 36	28	104%	28	13,5	9	4,5	(2,5)	24,32%	1/4	1/8è	1/8è	4,625	103%	-								
R.16-29	III.B	-	32	35,5	30	107%	23	13	9	4,5	(2,5)	28,13%	1/4	1/8è	1/8è	4	89%	-								
R.16-31	III.B	-	30	32 - 34	25	91%	12	6	18	9	(5)	60%	2/3	1/12è	4/12è	2,5	28%	-								
R.16-32	III.B	-	28	32	24	117%	21	6	7	3,5	(2)	25%	1/4	1/8è	1/8è	3,5	100%	-								
R.16-37	IV	4 x 2,5/2,8	29	31,5 - 32	13	81%	23	6,5	6	3	(1,75)	21%	1/5è	1/8è	1/8è	3,625	121%	-								
R.20-1	III.B	-	34,5	31	34	101%	27	4	8	3,5-4*	(2)	23%	1/4	1/8è	1/8è	4,313	96%	-								
R.30-14	III.B	-	35	35	29	121%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
R.31-1	II.B	-	36	36	20	180%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
R.40-1	III.B	-	ca.29	29	14,5	-	19	7,5	10	5	(2,75)	34,48%	1/3	1/12è	2/12è	4,833	97%	-								
R.40-19	III.B	-	29	30	22	132%	17	2	12	6	(3,25)	41,38%	2/5è	1/10è	2/10è	5,80	97%	-								
R.41	III.B	-	37	37	28	132%	21	6	16	8	(4,25)	43%	1/2	1/10è	2/10è	3,70	46%	-								
R.43-7	III.B	-	34	39	29	117%	26	14	8	4	(2,25)	23,53%	1/4	1/8è	1/8è	4,25	106%	-								
R.43-8	III.B	-	28 ?	28	20	-	? ?	? ?	? ?	? ?	-	-	-	-	-	-	-	-								
R.43-10	III.B	-	31	36	17	182%	? ?	? ?	? ?	? ?	-	-	-	-	-	-	-	-								
R.43-11	III.B	-	28	30	18	156%	ca.20	7	ca.8	ca.4	(2,25)	28,57%	1/4	1/8è	1/8è	3,50	88%	-								
R.30-22	III.B	-	ca. 68	ca. 70	62	ca.110%	ca. 61	10	7	3 - 4	2,5	10,29%	1/10è	1/10è	1/20è	6,8	194%	-								
R.39-1	III.B	-	48	46 et 48	36	133%	36 - 37	6	11,5	5 - 6	3	24,0%	1/4	1/8è	1/8è	6	109%	-								
R.40-2	III.B	-	56,5	60,5	36	157%	47,5	> 22	9	4,5	2,5	15,93%	1/6è	1/12è	1/12è	4,7	105%	-								
							col. 1	col. 2	col. 3	col. 4	col. 5	col. 6	col. 7	col. 8	col. 9	col. 10	col. 11	col. 12	col. 13	col. 14	col. 15					
<b>Total =</b>							809,5	940,5	809,5	809,5	809,5	809,5	809,5	809,5	809,5	809,5	809,5	809,5	809,5	809,5	809,5	809,5	809,5	809,5	809,5	
<b>Moyenne =</b>							34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83	34,83

valeurs hors de la normale

- \* l'AP attendu selon la proportion de 1/8è (GRP.1) serait 4,5 cm
- \* La Perte par Obliquité ou Cintrage du flanc n'apparaît pas à ce Tableau

NB: en général la Largeur Ap est notée (a) sur le terrain

# Volume, Poids, Perte de volume, Pression de Pose

A. CHARTRAIN IX-2018

ORVIETO - Metæe MRB			
METÆE REF.	STADE de FACON-NAGE	DIAMETRE (cm)	
		D.Base	D.Sup
R.10-3	III.B	30,5	17
R.10-7	III.B	38	26-27
R.10-9	III.B	ca. 30	23
R.10-14	III.B	40	38-39
R.10-17	III.B	42	34-36
R.10-25	III.B	35-37	>37
R.10-34b	III.B	32,5	34
R.10-36	III.B	28-29	29
R.13-7	III.B	37	33
R.13-21	III.B	32	33
R.16-1	III.B	36-37	41,5
R.16-20	III.B	30-31	13,5
R.16-21	III.B	32,5	15
R.16-23	III.B	30	34,5
R.16-28	III.B	37	35-36
R.16-29	III.B	32	35,5
R.16-31	III.B	30	32-34
R.16-32	III.B	28	32
R.16-37	IV	4 x 3,5/2,8	29
R.27	III.B	34,5	31
R.30-14	III.B	35	35
R.31-1	III.B	36	36
R.40-1	III.B	ca. 29	29
R.40-19	III.B	29	30
R.41	III.B	37	37
R.43-7	III.B	34	39
R.43-8	III.B	28?	28
R.43-10	III.B	31	36
R.43-11	III.B	28	30
R.43-22	III.B	ca. 68	ca. 70
R.39-1	III.B	48	46 et 48
R.40-2	III.B	56,5	60,5
Total =		940,5	809,5
Moyenne =		34,83	25,30

valeurs hors de la normale

METÆE REF.	VOLUME Bloc CAPABLE			PERTE sur Bloc CAPABLE			VOLUME - POIDS - PERTE			PRESSION au SOL (kg/cm2)			infos complémentaires												
	cm3	Modulus	Cible	Kg	Bloc CAPABLE	Totale	Perte	Coef	Evid.	Inf	cm3	Kg	Metae fine	2.8g	2.33 g	surface	Plan cm2	2.33 g	Ann.cm2	2.33 g	DIFF.	H.Cone	Angle °	Stade	
R.10-3	12 420	1,42	1,5	34,776	28,939	non obs.	9,36%	non obs.	9,36%	non obs.	11,134	63	-	-	-	-	731	40	-	-	-	4	11,5°-15°	III.B	
R.10-7	30 621	3,50	3,5	85,739	71,347	non obs.	11,6%	non obs.	11,6%	non obs.	707	82	-	-	-	-	707	82	-	-	-	4	10°	III.B-IV	
R.10-9	24 730	2,82	2,75	69,244	57,621	6%	5,56%	6%	5,56%	non obs.	1 385	72	-	-	-	-	1 385	72	-	-	-	3	7°	III.B	
R.10-14	42 948	4,91	5	120,254	100,069	9,01%	7,69%	9,01%	7,69%	non obs.	1 257	40	-	-	-	-	1 257	40	-	-	-	3	10°	III.B	
R.10-17	21 363	2,44	2,5	59,816	49,776	7,7%	7,69%	7,7%	7,69%	non obs.	1 018	96	-	-	-	-	1 018	96	-	-	-	4,5	14,5°	III.B	
R.10-25	41 933	4,79	4,75	117,412	97,704	18,48%	13,89%	18,48%	13,89%	non obs.	908	56	-	-	-	-	908	56	-	-	-	5	13-14°	III.B	
R.10-34b	21 790	2,59	2,5	61,012	50,771	20,29%	14,29%	20,29%	14,29%	6,0%	638	51	411	63	124%	527	638	51	411	63	124%	6	19°	III.B	
R.10-36	13 871	1,58	1,5	38,839	32,319	30,1%	17,4%	30,1%	17,4%	12,7%	1 075	54	320	180	338%	1 075	54	320	180	338%	7	21°	III.B		
R.13-7	24 730	2,82	2,75	69,244	57,621	30,5%	21,4%	30,5%	21,4%	9,1%	804	51	273	95	187%	804	51	273	95	187%	4,5	13°	III.B		
R.13-21	17 533	2,00	2	49,092	40,852	25,4%	10,0%	25,4%	10,0%	5,5%	1 046	90	594	119	131%	1 046	90	594	119	131%	2-2,5	9°	III.B		
R.16-1	40 579	4,64	4,75	113,621	94,549	17,9%	17,9%	17,9%	17,9%	non obs.	731	32	-	-	-	-	731	32	-	-	-	0	-	III.B	
R.16-20	10 189	1,16	1,25	28,529	23,740	26,3%	7,7%	26,3%	7,7%	6,3%	830	35	-	-	-	-	830	35	-	-	-	3	10°	III.B	
R.16-21	12 443	1,42	1,5	34,840	28,992	10,3%	3,6%	10,3%	3,6%	6,8%	707	80	327	128	159%	707	80	327	128	159%	3	9°	III.B		
R.16-23	24 305	2,78	2,75	68,054	56,631	19,4%	5,6%	19,4%	5,6%	5,1%	1 075	65	459	137	210%	1 075	65	459	137	210%	2,5	8°	III.B		
R.16-28	30 106	3,44	3,5	84,297	70,147	12,9%	10,6%	12,9%	10,6%	2,3%	804	54	320	180	338%	804	54	320	180	338%	3	10°	III.B		
R.16-29	29 694	3,39	3,33?	83,143	69,187	15,7%	8,3%	15,7%	8,3%	7,3%	707	70	-	-	-	-	707	70	-	-	-	2,5-3	10°	III.B	
R.16-31	21 382	2,44	2,5	59,870	49,820	20,72%	16,10%	20,72%	16,10%	4,62%	616	73	269	141	193%	616	73	269	141	193%	3	10°	III.B		
R.16-32	19 302	2,20	2,25	54,046	44,974	33,0%	7,9%	33,0%	7,9%	9,2%	661	30	245	56	183%	661	30	245	56	183%	3,5	12°	IV		
R.16-37	8 586	0,98	1	24,041	20,005	26,5%	19,35%	26,5%	19,35%	7,12%	935	79	424	117	148%	935	79	424	117	148%	5	18°	III.B		
R.27	31 784	3,63	3,66?	88,995	74,057	15,0%	15,0%	15,0%	15,0%	non obs.	1 018	47	-	-	-	-	1 018	47	-	-	-	4,5	18°	III.B	
R.30-14	29 826	3,41	3,5	83,513	69,495	15,8%	9,20%	15,8%	9,20%	3,89%	661	34	377	47	139%	661	34	377	47	139%	3,5	14°	III.B		
R.31-1	20 357	2,33	2,33?	57,000	47,432	15,7%	8,3%	15,7%	8,3%	7,15%	661	55	434	74	134%	661	55	434	74	134%	3	11,5°	III.B		
R.40-1	15 551	1,78	1,75	43,543	36,234	20,0%	20,00%	20,0%	20,00%	?	1 075	65	-	-	-	-	1 075	65	-	-	-	4	12°	III.B	
R.40-19	30 106	3,44	3,5	84,297	70,147	15,7%	8,3%	15,7%	8,3%	7,15%	908	89	377	156	176%	908	89	377	156	176%	4	12°	III.B		
R.41	34 643	3,96	4	97,000	80,718	17,9%	11,18%	17,9%	11,18%	5,76%	616	47	-	-	-	-	616	47	-	-	-	5	23°	III.B	
R.43-7	12 315	1,41	1,5	34,482	28,694	15,7%	15,68%	15,7%	15,68%	?	755	53	-	-	-	-	755	53	-	-	-	4	12,5°	III.B	
R.43-8	17 304	1,98	2	48,451	40,318	16,87%	11,18%	16,87%	11,18%	5,76%	616	48	302	82	170%	616	48	302	82	170%	3	11°	III.B		
R.43-10	12 723	1,45	1,5	35,624	29,645	22,6%	16,8%	22,6%	16,8%	5,4%	1 385	72	607	396%	1 385	72	607	396%	1 385	72	607	396%	16	25°	III.B
R.43-11	238 604	27,26	27,25	668,091	555,947	16,8%	16,8%	16,8%	16,8%	1,3%	1 810	70	734	139	199%	1 810	70	734	139	199%	6-7	14°	III.B		
R.39-1	54 286	6,20	6,25	152,001	126,486	22,7%	22,7%	22,7%	22,7%	12,6%	2 507	96	1 103	169	176%	2 507	96	1 103	169	176%	2-5,5	4 & 11°	III.B		
R.40-2	103 491	11,82	11,75	289,775	241,134	17,9%	17,9%	17,9%	17,9%	12,6%	731	32	-	-	-	-	731	32	-	-	-	2-2,5	9°	III.B	
Total =	820 488	93,73	Modulus	2 289,775	1 862,995	17,9%	17,9%	17,9%	17,9%	12,6%	359 616	65	7 428	84	129%	359 616	65	7 428	84	129%					III.B
Moyenne =	26 657,4	3,02	moins N. 30-22	61,669	NR 31	NR 31	NR 31	NR 31	NR 31	NR 31	41,708	714,65													III.B

pression 1 homme = 300 g/cm2

col. 1 col. 2 col. 3 col. 4 col. 5 col. 6 col. 7 col. 8 col. 9 col. 10 col. 11 col. 12 col. 13 col. 14 col. 15 col. 16 col. 17 col. 18 col. 19 col. 20 col. 21 col. 22 col. 23 col. 24 col. 25 col. 26 col. 27 col. 28 col. 29 col. 30 col. 31 col. 32 col. 33

# **ANNEXE n°12**

**MRB d'ORVIETO**

**CATILLI**

**TABLES des DONNÉES  
Paramètres principaux (NR 23)**

# PRICIPAUX PARAMÈTRES (D. H. OE. HCo Angle Stade)

## ORVIETO - CATILLI MRB - TABLE GÉNÉRALE

en rouge = dimension dont la réalisation est ou peut être inachevée

CATILLI REF.	STADE de FAÇONNA GE	Requalification typométrique	DIAMÈTRE (cm)		D/H	Taux d'USURE sur moyennes 220/385%	statut de la meule	HAUTEUR à Neuf restituée sur 220%	CEILLARD			Angle ° sur relevé		Hauteur des 2 Cônes		
			D.Base	D. Sup					H.	H.Oeil	HOE / H	D.Oeil	D.Oe / D	Hc1	Hc2	
R.10-6	III.A		39	39	26,5	-19%	NEUVE	17,5	-	-	-	-	(9°)	12	2	
R.10-8	IV		32	31,5-33	17-18	-10%		14,5	-	ca.3	-	-	(10°)	7	6	
R.10-37	III.A		30,5	31	17,5	-12%		14	-	-	-	-	(10°)	-	3	
R.10-38	IV		30-32	28,5	15-16	-5%		14	-	2	6%	-	-	6	8	
R.10-39	IV		30	30	14	-2%		13,5	2	7%	2-2,2	7%	-	6,5	5,5	
R.13-6	II.A		33	-	23	-20%		15	-	-	-	-	-	3,5-4	6	
R.13-8	II.A		32	< 32	18	-11%		14,5	-	-	ca.2,5	-	-	5	6,5	
R.13-14	IV		27	-	15	-8%		13	-	-	-	-	-	5	-	
R.13-20	II.A		33	33	22-23,5	-19%		15	-	-	-	-	-	4,5	5	
10 R.13-22	II.A		29-31	-	19,5	-17%		13,5	-	-	-	-	-	3	5,5	
R.13-23	III.A		35	34,5	18,5	-6%		16,5	-	-	-	-	-	4,5	-	
R.13-24	IV		36	32,5	21,5	-14%		16,5	ouverture centrale rectangulaire 11,5x13xH4cm	-	-	-	-	4,5	-	
R.16-2	II.A	probable CAT	33-35	30-32	17	-5%		15,5	5,5	15%	1,3	4%	-	7	9	
R.16-8	V		35	36	12,5-13,5	269%		16	4,5	35%	6,5	19%	-	5,5	0	
R.16-24	IV		37	37	14	264%		17	5	14%	7 et 1,5	19%	-	2-2,5	5,5-6	
R.16-33	II.A		38	34	23	-14%		17,25	-	-	-	-	-	4	5	
R.16-34	II.A		32	33	16	-5%		14,5	-	-	-	-	-	3	-	
R.26-6	II.A	probable CAT	-	31-33	14	229%		14,5	-	-	-	-	-	4	5,5	
R.40-13	IV		30	28-31	16	-8%		13,5	6	38%	2,5-3	9%	-	4,5	6	
20 R.40-18	III.A		34	32	23	-19%		15,5	-	-	-	-	-	4,5	8,5	
R.40-24	III.A	Bobine ? Cf. H	38	36-38	29	-23%		17,25	-	-	-	-	-	9	12	
R.43-2	III.A		28-31	30-32,5	13-15	0%		14	-	-	-	-	ca.18°	6	3?	
23 R.43-9	III.A		37	-	24	-17%		17	-	-	-	-	-	-	-	
col.1	col.2	col.3	col.4	col.5	col.6	col.7	col.8	col.9	col.10	col.11	col.12	col.13	col.14	col.15	col.16	col.17
<b>Total =</b>			<b>733</b>	<b>562,5</b>	<b>432,25</b>	<b>170%</b>		<b>349,5</b>								
<b>Moyenne =</b>			<b>31,87</b>	<b>31,25</b>	<b>18,79</b>	<b>IREC</b>	<b>moyenne</b>	<b>15,20</b>								
			NR 23	NR 18	NR 23		<b>Total CAT avec Hur =</b>	<b>210,25</b>								
								NR 23								



# Paramètres Complémentaires : HU. Usure EMManchement Taux de Conservation Volume Poids

ORVIETO - CATILLI MRE										ORVIETO - CATILLI MRB - TABLE GÉNÉRALE									
CATILLI REF.	STADE de FAÇONNA GE	DIAMETRE (cm)			H.	HU consommée (HU.nf-HU.r)	taux d'USURE HU (HU.c / HU.nf) %	EMMANCHEMENT		Encoches Latérales	Volume CONSER VÉ %	POIDS pesé Kg	POIDS calculé Kg	densité calculée	VOLUME - POIDS - PERTE				
		D. Base	D. Sup	H.				1/0	TYPE						VOLUME cm3	Modulus	Cible	Kg Bloc CAPABLE	Kg Bloc CAPABLE
R.10-6	III.A	39	39	26,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31.657	3,62	88,639	73,760	
R.10-8	IV	32	31,5-33	17-18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.074	1,61	39,408	32,793	
R.10-37	III.A	30,5	31	17,5	-	-	-	-	-	-	100%	-	-	-	12.786	1,46	35,800	29,791	
R.10-38	IV	30-32	28,5	15-16	-	-	-	-	-	-	100%	-	-	-	13.208	1,51	36,984	30,776	
R.10-39	IV	30	30	14	-	-	-	-	-	-	100%	-	-	-	9.896	1,13	27,709	23,058	
R.13-6	II.A	33	-	23	-	-	-	-	-	-	100%	-	-	-	19.672	2,25	55,081	45,836	
R.13-8	II.A	32	< 32	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14.476	1,65	40,534	33,730	
R.13-14	IV	27	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.588	0,98	24,047	20,011	
R.13-20	II.A	33	33	22-23,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.458	2,22	54,483	45,337	
10 R.13-22	II.A	29-31	-	19,5	-	-	-	-	-	-	100%	-	-	-	13.784	1,57	38,595	32,116	
R.13-23	III.A	35	34,5	18,5	-	-	-	-	-	-	50%	-	-	-	17.799	2,03	49,838	41,472	
R.13-24	IV	36	32,5	21,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21.884	2,50	61,276	50,991	
R.16-2	II.A	33-35	30-32	17	-	-	-	-	-	-	75%	-	-	-	15.435	1,76	43,217	35,963	
R.16-8	V	35	36	12,5-13,5	-	-	-	-	-	-	100%	19,5	-	1,42	13.741	1,57	38,476	32,017	
R.16-24	IV	37	37	14	5	36%	-	-	-	-	-	-	-	-	15.053	1,72	42,148	35,073	
R.16-33	II.A	38	34	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26.085	2,98	73,037	60,777	
R.16-34	III.A	32	33	16	6,5	41%	-	-	-	-	-	-	-	-	12.868	1,47	36,030	29,982	
R.26-6	II.A	-	31-33	14	-	-	-	-	-	-	100%?	-	-	-	11.259	1,29	31,527	26,235	
R.40-13	IV	30	28-31	16	5,5	34%	-	-	-	-	100%	-	-	-	11.310	1,29	31,667	26,352	
20 R.40-18	III.A	34	32	23	10	43%	-	-	-	-	100%	-	-	-	20.882	2,39	58,470	48,656	
R.40-24	III.A	38	36-38	29	8	28%	-	-	-	-	100%	-	-	-	32.889	3,76	92,090	76,632	
R.43-2	III.A	28-31	30-32,5	13-15	-	-	-	-	-	-	100%	-	-	-	12.064	1,38	33,778	28,109	
23 R.43-9	III.A	37	-	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.805	2,95	72,254	60,126	
<b>Total =</b>		733		562,5	432,25	394.675		45,09	Modulus		394.675		45,09	394.675		45,09	519,593	39,9823	
<b>Moyenne =</b>		31,87		31,25	18,79	17159,8		1,96	NR 23		NR 23		NR 23	NR 23		NR 23	NR 23	NR 23	

# Paramètres complémentaires : HP. HNf. HUNf. Rendement en HU

ORVIETO		HAUTEUR UTILE IREC variable										Bilan sur Hauteur Utile		RENDEMENT en HU (HU/N/HNT)		HU cause de rebut ?	
CATILLI REF.	DIAM.	Evaluation de la Hauteur observée sur 170%		IREC variés et HNF restitués		Hco observée ou calculée		H. TR / H.	HP / (HTR+HCo)	HP / HNF	HU/NF (HNF/(HTR+HCo))	Bilan sur Hauteur Utile	RENDEMENT en HU (HU/N/HNT)	HU cause de rebut ?			
		sur 170%	IREC différent ?	IREC et HNF	Bilan HNF / H.Obs.	observée ou calculée	H. TR							HP	HU/NF	oui + HCo	possible
R.10-6	39	22,8	H excessive	IREC 150%? (H.26)	26	H excès 0,5 cm 1,02%	2,6	12	45%	14,6	56%	11,4	44%	HU, affaiblie cause HTR 45%		possible	
R.10-8	32	18,75	H OK	IREC 200%? (H.16)	18,75	H défaut 1,25 cm 6,97%	2,3	7	40%	9,3	50%	9,45	50%	HU, affaiblie cause HTR 40%		possible	
R.10-37	30,5	18	H OK	IREC 170%	18	H défaut 0,5 cm 2,78%	2,1	-	-	-	-	-	-	HU, affaiblie cause HTR 40%		-	
R.10-38	31	18,2	H un peu faible	IREC 220%? (H.14)	15,5	H attendue	6	8	52%	14	90%	1,5	10%	HU, inexistante : HTR 52% HCo forte		oui	
R.10-39	30	17,6	H faible	IREC 220%? (H.13,5)	13,5	H excès 0,5 cm 3,7%	5,5	6,5	46%	12	89%	1,5	11%	HU, inexistante : HTR 46% HCo forte		oui	
R.13-6	33	19,25	H excessive	IREC 150%? (H.22)	22	H excès 1 cm 4,55%	4	6	26%	10	45%	12	55%	HU, correcte car HTR réduite		non	
R.13-8	32	18,75	H OK	IREC 170%	18,75	H défaut 0,75 cm 4%	5,0	6,5	36%	11,5	61%	7,25	39%	HU, insuffisante : HTR 36% +HCo forte		oui + HCo	
R.13-14	27	15,75	H OK	IREC 150%	22	H défaut 0,75 cm 4,78%	-	-	-	-	-	-	-	HU, insuffisante : HTR 36% +HCo forte		oui + HCo	
R.13-20	33	22	H OK	IREC 220%? (H.22)	22	H excès 0,75 cm 3,4%	-	-	-	-	-	-	-	HU, Correcte car HTR réduite		non	
R.13-22	30	17,5	H excessive	IREC 150%? (H.19,75)	19,75	H défaut 0,25 cm 1,3%	3	5,5	28%	8,5	43%	11,25	57%	HU, insuffisante : HTR 42% +HCo forte		oui + HCo forte	
R.13-23	35	20,5	H faible	IREC 200%	17,5	H excès 1 cm 5,71%	-	-	-	16	76%	5,15	24%	HU, insuffisante : HTR 42% +HCo forte		oui + HCo forte	
R.13-24	36	21,25	H OK	IREC 170%	21,15	H excès 0,25 cm 1,17%	7	9	42%	8,5	50%	8,5	50%	HU, affaiblie cause HTR 32%		non	
R.16-2	34	20	H faible	IREC 220%? (H.15,5)	17	H attendue	3	5,5	32%	8,5	65%	4,45	35%	HU, insuffisante car HTR 44% et H trop faible		oui + H. faible	
R.16-8	35	20,7	H très faible	IREC 275%	12,7	H défaut 0,35 cm 1,98%	2,5	5,75	44%	8,25	61%	5,8	39%	HU, insuffisante car H trop faible		non	
R.16-24	37	21,75	H très faible	IREC 250%	14,8	H défaut 0,8 cm 5,4%	5	4	29%	9	61%	5,8	39%	HU, insuffisante car H trop faible		non	
R.16-33	38	22,35	H OK	IREC 170%	22,35	H excès 0,65 cm 2,91%	-	-	-	9,5	59%	6,5	41%	HU, insuffisante car HC forte		non	
R.16-34	32	18,8	H très faible	IREC 220%? (H.14,5)	16	H attendue	5,5	4	25%	9,5	59%	6,5	41%	HU, insuffisante car HC forte		non	
R.26-6	32	18,8	H très faible	IREC 220%? (H.14,5)	14,5	H défaut 0,5 cm 3,44%	4	6	38%	10	67%	5	33%	HU, insuffisante car HTR 38% et H trop faible		oui + H. faible	
R.40-13	30	17,5	H faible	IREC 220%? (H.13,5)	15	H excès 1 cm 6,97%	4	6	38%	10	67%	5	33%	HU, insuffisante car HTR 38% et H trop faible		oui + H. faible	
20 R.40-18	34	20	H excessive	IREC 150%	22,65	H excès 0,35 cm 1,55%	4,5	8,5	37%	13	57%	9,65	43%	HU, insuffisante car HTR 37%		oui	
R.40-24	38	22,35	H très forte	IREC 125%	29,6	H défaut 0,6 cm 2,02%	9	12	41%	21	71%	8,6	29%	HU, insuffisante : HTR 41% +HCo forte		oui + HCo forte	
R.43-2	31	18,2	H très faible	IREC 220%? (H.14)	14	H attendue	3?	6	43%	9?	64%?	-	-	HU, insuffisante : HTR 41% +HCo forte		oui + HCo forte	
23 R.43-9	37	21,75	H très forte	IREC 220%? (H.17)	24,65	H défaut 0,65 cm 2,63%	-	?	-	-	-	-	-	HU, insuffisante : HTR 41% +HCo forte		oui + HCo forte	
col.1	766,5	col.31	col.32	col.33	col.34	col.35	col.36	col.37	col.38	col.39	col.40	col.41	col.42	col.43	col.44	col.45	
Total =	33,33	438,15	19,05	175%	438,15	71	112,25	175,15	11,68	61%	7,60	40%	40%				
Moyenne =																	

# ANNEXE n°14

A.CHARTRAIN mars 2020  
étude inédite remise à N. Peyne

## BLOIS La Croupe : un exemple de site laténien à fort taux de Meules Plates dans l'aire septentrionale

*Sur l'agglomération rurale à vocation productive et artisanale de Blois La Croupe, en bordure de la Loire, les Meules Rotatives Basses sont attestées dans des fosses ou des puits dès la période LT-C2 (ca. 200 à 150 aC). Les restes meuliers gagnent en quantité et en espace lors des deux principales séquences d'occupation, durant la période LT-D1b, soit entre ca. 150 et 80 aC (PEYNE et al. 2019).*

*A travers une réélaboration des données publiées, nous nous intéressons ici à plusieurs aspects :*

- la date d'apparition des MRB
- leur Taux de Conservation
- leur Conicité
- leur Gabarit et leur possible Métrologie
- leur répartition selon les types de faits archéologiques et leur distribution spatiale
- la typologie de la Base des Metae
- la fréquence des Meules Plates (MPL)
- le degré d'Usure
- le niveau de l'Équipement Meulier du site ou des phases

*Les tables de données sont fournies à la fin de la présente Annexe.*

*Cette étude permet, grâce notamment aux travaux de B. Robin et par comparaison avec des sites tels que Ymonville, Prasville et Le Moulin Geargeot (Eure & Loir) ou tels que Saran (Loiret), de tracer l'apparition des Meules Rotatives Basses dans une zone dense faisant partie de la frange Ouest de l'aire Septentrionale du Moulin Plat.*

## Corpus et fréquences globales

A Blois La Croupe, les Meules Rotatives Basses (MRB) sont toutes fabriquées en roche sédimentaire (grès) et totalisent 35 restes (voir **Table générale en fin de la présente Annexe**) disséminés dans 19 des 152 structures archéologiques présentes au catalogue (PEYNE *et al.* 2019, p. 227-321). Leur présence moyenne s'établit ainsi à 0,23 restes meuliers par structure en creux soit 1 MRB chaque 4,3 Fait archéologique. Sur les 19 structures ayant livré des meules, soit 12% de l'ensemble, l'occurrence atteint presque 2 restes meuliers (1,84), soit 8 fois la moyenne générale sur le site.

## Chronologie & Typologie

Les meules rotatives apparaissent à la Phase LT-C2 à travers 4 fragments soit 11% du total (cf. **FIG. 1**). On a distingué 3 classes typologiques : les meules présentant une conicité, les meules plates (conicité 0 ou 1°) et les meules en cuvette (surface active convexe plutôt pour les *Catilli* et concave plutôt pour les *Metae*). Ces dernières sont attestées régulièrement dans la zone septentrionale du Moulin Plat, notamment en Picardie (POMMEPUY 1999) ou en Beauce comme ici. Elles caractérisent également une partie des MRB de Normandie et des *Beehive* anglaises (type en dôme)<sup>1</sup>. Les meules en cuvette semblent associées aux MPL sinon plus strictement aux *Beehive* et pourraient constituer une forme liée à l'usure.

	Coniques	%	Mplat	%	Cuvette	%	
11%	LT-C2	4	100%				4
6%	LT-D1a			2	100%		2
3%	LT-D1a ?	1					1
77%	LT-D1b	18	67%	7	26%	2	7%
3%	LT	1	100%				1
100%		24		9		2	35
		69%		26%		6%	

**FIG. 1 – Répartition Chronologique et typologique des MRB de BLOIS La Croupe**

Les Meules Plates apparaissent à Blois La Croupe à la période LT-D1a, soit vers 150-130 a.C. Lors de la séquence LT-D1b elles représentent 26% des MRB.

Les Meules en Cuvette apparaissent à La Croupe durant la séquence LT-D1b avec une fréquence de 7%, soit 3 fois moindre que celle des MPL.

Les Meules Coniques, caractérisées par une pente sont attestées dès la séquence LT-C2 du site. Elles représentent 69% du total des MRB et 67% lors des séquences LT-D1b.

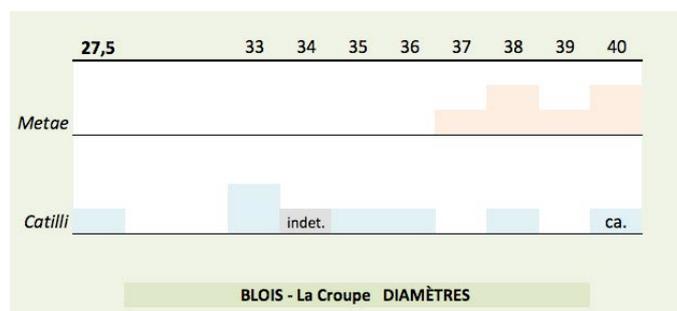
## Diamètres & Gabarits

Sur un échantillon de 14 mesures (**FIG. 2**) principalement basé sur les meules de la phase LT-D1b (NR 10), les Diamètres semblent se répartir sur 2 groupes<sup>2</sup> :

- un Gabarit majoritaire (60%) qui, mesurant 38-40 cm est inférieur à 1,5 pied (24 DGT) et correspondrait plutôt à une envergure de 20/23 DGT

- un Gabarit minoritaire (15-30%) mesurant 33-35 cm et qui correspondrait plutôt à 18/19 DGT.

**FIG. 2 – Diamètres des MRB de La Croupe**



<sup>1</sup> Voir par exemple GREEN 2011, fig. 5 p. 126.

<sup>2</sup> La mise en évidence de la métrologie régissant des meules nécessite des diamètres mesurés à 0,5 cm près mais les diamètres ici considérés ont été mesurés à 1 cm, toutefois distribution et écarts ne devraient pas être véritablement affectés par cette approximation.

Ainsi les Meules de La Tène Finale de Blois La Croupe répondraient au schéma courant, à savoir l'association d'un "petit" moulin et d'un "gros". L'écart serait plutôt canonique (4 DGT soit 1 Palme) et l'envergure dominante, près de 1 pied 1/4 est elle aussi courante et correspondrait bien à une datation pré-romaine.

Par ailleurs, la moyenne des Diamètres, de l'ordre de 37 cm, place cet assemblage dans la Filière 1 (voir CHAP. 10-C), celle des meules de petit format (moyenne de 34 à 39 cm), filière de gabarit présente en zone méridionale à partir du Vè s. aC aux côtés d'une Filière 2 de grands Formats (40 cm ou plus) mais devenant exclusive du IIè s. aC à la période Romaine de l'Ebre au Rhin.

## Métrologie

### Pieds générateurs

Les Diamètres des Meules de Blois La Croupe paraissent relever de 2 séries métrologiques (Tab.1) chacune exprimée par une alternative. Il s'agit d'une part (colonnes en bleu sur le Tab.1) soit du Pied Osco-Italique (27,5 cm) soit du Pied de Salmis 1 (30,1 cm), d'autre part (colonnes en mauve) soit du Pied meulier de 28,2 soit du *Pes monetalis* (29,56).

**TAB.1** Métrologie des Diamètres des Meules de Blois-La Croupe

BLOIS La Croupe - synthèse MÉTROLOGIQUE				A. CHARTRAIN II-2020													
TAB.1				Pied meulier				Pes monetalis				Manching		Salmis 2		Announa	
Chrono	Q.	Litho.	DIAM.	27,5	27,75	28,2	28,8	29,25	29,56	30,1	30,9	32,2	32,75	33,93			
2	1		33 cm	19 DGT	19 DGT			18 DGT	18 DGT		17 DGT						
LT-D1b-	2			1,05%	0,14%			0,28%	0,77%		0,51%						
1	2		35	20,5 DGT		20 DGT			19 DGT		18 DGT			17 DGT	série métrologique 1		
LT-C2				-0,67%		0,71%			0,29%		0,68%			0,58%			
1	1		37			21 DGT			20 DGT		19 DGT			18 DGT			
LT-D1b+			39			22 DGT			21 DGT		20 DGT			19 DGT			
LT-D1b-						0,58%			0,52%		0,97%			0,28%			
1	4		36	21 DGT			20 DGT			19 DGT		18 DGT		17 DGT	série métrologique 2		
LT-C2				0,26%			0,00%		0,72%		0,62%			0,14%			
3	1		38	22 DGT			21 DGT	21 DGT	20 DGT		19 DGT			18 DGT			
LT-D1b-	2			0,50%			0,53%	1,02%	1,0%		0,62%			0,45%			
2			40 cm	23 DGT	23 DGT			22 DGT		21 DGT		20 DGT		19 DGT			
LT-D1b-	5			1,19%	0,27%			0,54%		1,25%		0,62%		0,72%			
LT-D1b+	2									0,70%				0,49%			
				Osco-ital.				Salmis 1									
				NR 8		NR 3		NR 5		NR 6							
				erreur moyenne		0,78%		0,44%		0,50%		1,04%					

Le 16è du Pied ou Doigt (*Digitus*, ici abrégé *dgt*) mesurant ca. 1,9 cm ( $29,56/16 = 1,847$ ), il s'ensuit que la série des diamètres 36/38/40 (voir Tab.1) ne peut relever du même pied que la série 33/35/37/39 sauf à accepter que les meules varient en diamètre à 1/2 *dgt* près soit à peine 1 cm (0,95). Que les standards antiques aient exprimé le diamètre des meules en demi- *dgt* est possible mais peu probable. On retiendra donc comme vraisemblable que les Diamètres de Blois La Croupe, qui n'ont pas été mesurés au demi-centimètre, aient été régis par 2 pieds différents.

**TAB.2** Valeurs attendues des Diamètres dans le Pied de 27,5 cm

DIAM.	ajusté	DGT	27,5
36 cm	36,10	21 DGT	27,505
38 cm	37,82	22 DGT	27,505
40 cm	39,54	23 DGT	27,506
34 cm	34,38	20 DGT	27,504
35 cm	35,24	20,5 DGT	27,504

On écartera le Pied de Salamis 2 qui avec sa valeur (32,2 cm) a tendance à rendre compte de toute série paire de diamètres<sup>3</sup>. On écartera de même le Pied de 33,93 tiré de la coudée *Fabrilis* figurée sur la table d'Announa qui date du II<sup>e</sup> s. pC et concerne l'Afrique du Nord.

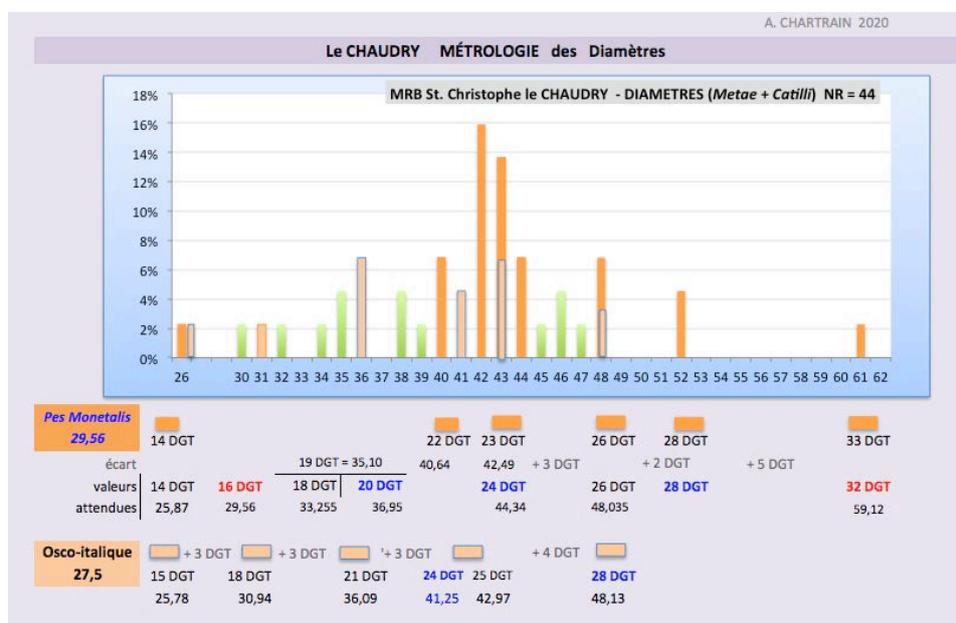
Pour la série métrologique 1, bien que son erreur moyenne (0,70%) soit presque double de celle du Pied Meulier de 28,2 ou du *Pes monetalis* de 29,56, on gardera cependant à l'esprit l'éventualité du Pied de Manching (30,9 cm). Ce dernier apparaît en effet assez régulièrement dans les séries meulières (peut-être pour des raisons mathématiques car il correspond à 18 dgt du pied Osco-Italique de 27,5). Il est par ailleurs attesté matériellement par un bâton de bronze.

Enfin, pour la série métrologique 2 on considèrera comme peu probable le Pied de Salamis 1 (30,1 cm) qui, bien qu'attesté matériellement et assez régulièrement présent sur les meules, montre ici une erreur moyenne importante (1,04%) supérieure à celle du Pied de 27,5 et même à celle du Pied *Fabrilis* d'Announa (0,49%). Pour cette série le Pied Osco-Italique de 27,5, d'ailleurs très régulièrement représenté dans les assemblages meuliers, apparaît comme le plus vraisemblable.

Il est en revanche plus délicat de décider lequel du *Pes monetalis* et du Pied Meulier de 28,2 correspond à la série métrologique 1 car leur erreur moyenne est identique (0,44 et 0,50%). Le fait que le diamètre 33 cm soit mal ajusté par le Pied Osco-Italique de 27,5 tendrait à le faire entrer dans la série métrologique 1 et favoriserait le *Pes monetalis* car le Pied Meulier de 28,2 ne peut rendre compte de 33 cm.

En résumé il apparaît que les Diamètres des Meules de Blois La Croupe relèvent de 2 métrologies différentes, vraisemblablement le Pied Osco-Italique de 27,5 d'une part et sans doute le *Pes monetalis* d'autre part (29,56 cm) plutôt que le Pied Meulier de 28,2. Ces 2 pieds de Blois La Croupe, principalement exprimés à la fois dans le Grès 1 (le Chaudry) et le Grès 2 (type Dun-le-Pöelier) sont aussi ceux qui régissent les diamètres des meules du Chaudry (cf. **Tab.4**).

**TAB.4 Pieds générateurs des Diamètres de l'atelier meulier du Chaudry**



### Aspects chronologiques

On remarquera que les fabrications semblent régies par des pieds courts, en particulier celui de 27,5 cm, fréquent sur les assemblages meuliers et pouvant provenir du domaine hellénistique sinon d'origine plus anciennement orientale.

<sup>3</sup> A l'instar du Pied dit Ibérique de 32,0 qui, de ce fait pourrait constituer un artefact archéologique (il est à ce jour non documenté par des *regulae*, équerres, *mensae* ou figurations et a été identifié sur des architectures, données insuffisamment précises à notre avis.

Les deux pieds sont attestés dès la phase ancienne du site (LT-C2) et (Tab.3) jusqu'à la fin de l'occupation (phase LT-D1b+). La présence précoce du *Pes monetalis* dans des contextes du II-Ier s. aC ne surprend que si l'on considère ce pied comme ayant seulement été introduit à l'époque impériale, or rien est moins sûr. Si en effet le "Pied Romain" de 29,56 a été porté par l'Empire et s'est en Gaule développé avec lui, il semble pourtant attesté antérieurement à Auguste sinon même à l'époque tardo-républicaine et hors d'Italie. Sa chronologie et son développement spatial restent à construire archéologiquement.

**TAB.3 Chronologie des 2 pieds et des Lithotypes**

TAB.3 Chronologie, Lithotype et Gabarits					
Période	Litho.	Pied	Gabarit	Diam.	NR
LT-C2	2	29,56	19 DGT	D. 35	1
	4	27,5	21 DGT	D. 36	1
LT-D1b-	2	29,56	18 DGT	D. 33	1
	1	29,56	18 DGT	D. 33	1
	1	29,56	21 DGT	D. 39	1
	2	27,5	22 DGT	D. 38	1
	1	27,5	22 DGT	D. 38	2
LT-D1b+	5	27,5	23 DGT	D.40	1
	1	29,56	20 DGT	D. 37	1
	2	27,5	23 DGT	D. 40	1

A St. Christophe-le-Chaudry il est cependant possible que le *Pes monetalis* corresponde à une chronologie plus récente car en effet il se concentre sur les plus grands diamètres (40 à 61 cm soit 22 à 33 dgt - voir Tab.1 et 4).

### Gabarits (voir Tab.1 et 4)

Avec le Pied Osco-italique de 27,5 les Diamètres occupent la plage 19-23 dgt (fond bleu sur la Tab.1). L'absence du gabarit canonique de 20 dgt (1 pied 1/4) est étonnante et contribue à attribuer le Diamètre 33 cm au pied de la série métrologique 1 (*Pes monetalis* - fond violet sur la Tab.1). Les meules de la série métrologique 2 seraient ainsi centrées sur les gabarits 21-23 dgt. En revanche, les meules de la série métrologique 1, régies par le *Pes monetalis*, correspondraient à l'intervalle continu 18-21 dgt. Elles intègreraient le gabarit canonique 20 dgt ainsi que le module intermédiaire, fréquent, de 18 dgt.

Entre les diamètres les plus fréquents (33-38-40 cm) soit entre 18-22-23 dgt, l'écart de 4 dgt apparaît canonique puisqu'il correspond à 1 Palme (quart de pied). Parallèlement le caractère continu des plages de gabarit (18 à 21 dgt pour la série métrologique 1 et 21 à 23 dgt pour la série 2) indique que les fabrications étaient vraisemblablement réalisées à 1 doigt près autour d'une valeur cible (norme) : sans doute 18 et 20 dgt pour la série 1 (*Pes monetalis*) et 22 dgt pour la série 2 (Pied osco-Italique).

La série métrologique 1 (*Pes monetalis* de 29,56 cm) apparaît homogène au plan du matériau, les 5 meules étant fabriquées dans les Grès 1 et 2 (Tab.3). Ses meules sont attestées depuis la phase ancienne LT-C2 et sur toute la durée de l'occupation. Les 6 meules de la série métrologique 2 (Pied Osco-Italique de 27,5 cm) montrent une plus grande variété lithotypique (Grès 1 et 2 ainsi que les matériaux marginaux 4 et 5). Cette série est également présente dès la phase ancienne LT-C2 et tout au long de l'occupation.

### Signification de la bimétrie

On aurait tort de déduire trop vite que l'attestation de deux métrologies correspond à 2 ateliers même si cela est possible. En effet, tout d'abord les 2 séries métrologiques ont été fabriquées dans les mêmes matériaux et sont présentes sur le même arc chronologique. Par ailleurs, on observe très régulièrement que les Diamètres d'un ensemble homogène de meules rotatives ou d'une série issue d'un atelier sont régies par 2 pieds différents, sans que l'on sache si cette bi-métrie correspond à une réalité ou à un artefact lié par exemple au mesurage archéologique.

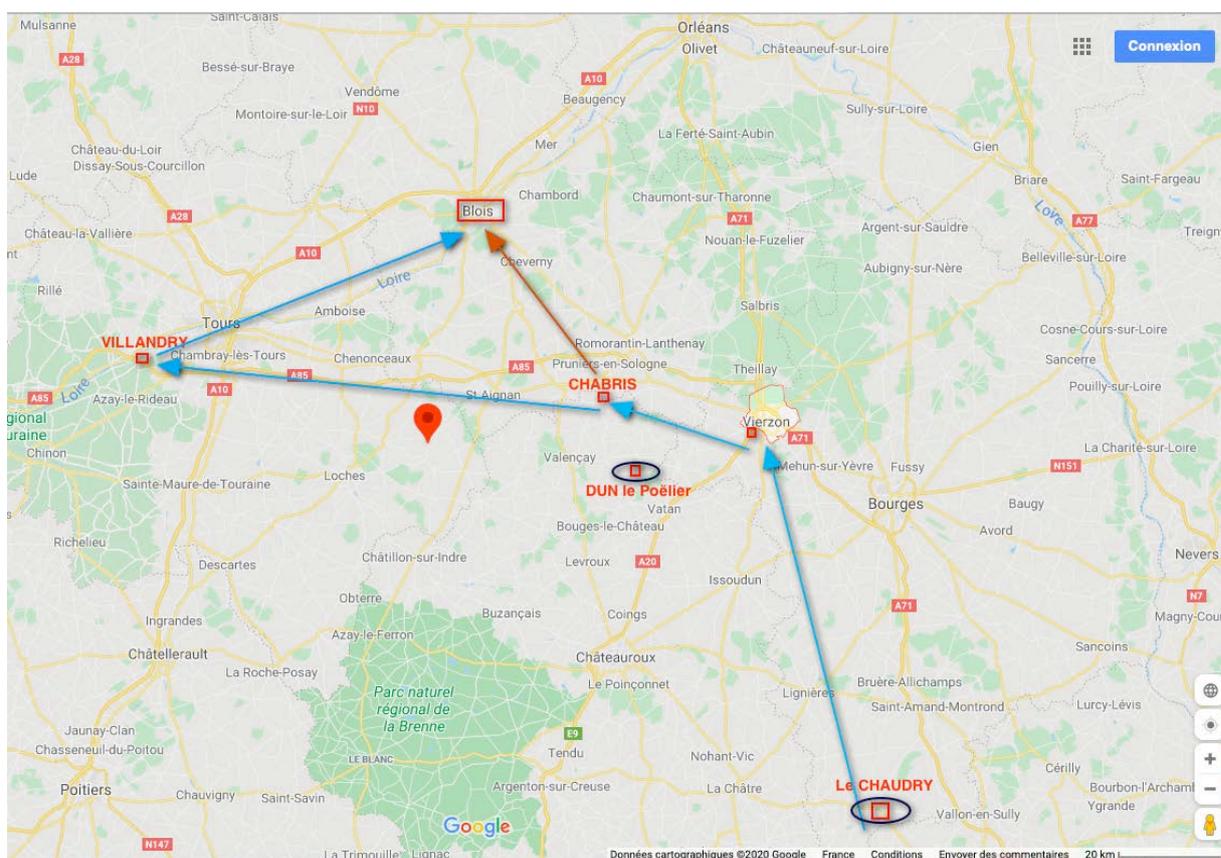
L'éventualité d'une convergence, durable, dans un même approvisionnement de 2 ateliers fabriquant dans un même matériau mais dans des métrologies différentes apparaît de ce fait à considérer avec une grande prudence. Elle méritera d'être ultérieurement examinée sur la base de cas plus nombreux. Parallèlement, la question de la réalité des bi-métries ou de leur caractère artefactuel reste posée. Elle appelle d'abord un examen sur la base des seules fabrications des ateliers et nécessite par ailleurs une approche mathématique.

## Homogénéité technique ou culturelle

Malgré ces indécisions, l'image qui prévaut est celle de la probable homogénéité à la fois métrologique (*Pes monetalis* de 29,56 cm et Pied Osco-italique de 27,5) et lithologique des Meules rotatives de Blois La Croupe. Cette homogénéité pourrait renvoyer à une communauté d'ordre technique ou culturel se situant au niveau des centres producteurs.

Les meules seraient issues du Sud du Berry (département du Cher et confins de celui de l'Allier) soit à environ 230 km linéaires de Blois La Croupe par voie essentiellement fluviale (par l'Arnon ca. 150 km fluviaux et 75 km linéaires) jusqu'à Vierzon puis par le Cher (ca. 90 kml jusqu'à Villandry) et enfin par une remontée de la Loire (sur ca.70 kml). Peu après la confluence de l'Arnon à Vierzon Ouest, le même itinéraire par le Cher (FIG. 2Bis) pouvait, par le port fluvial de Chabris / Gièvres après ca. 18 kml, drainer les productions meulières dont on suspecte (Grès 2) la fabrication sur Dun-le-Poëlier (distant de ca.10 kml). Toutefois à partir de Vierzon (par ca. 65 kml) ou de Cha-

**FIG. 2 Bis** Itinéraires possibles entre Le Chaudry, Dun-le-Poëlier et Blois La Croupe



bris (ca. 40 kml), un itinéraire terrestre coupant la Sologne (Romorantin, Contres, Cheverny), pouvait être préférable selon les saisons, les marchandises ou les péages.

Le fait notable de cette distribution est que les 2 centres producteurs concernés sont situés en territoire Biturige Cube mais que leurs meules sont diffusées sur la frange Sud et ligérienne en territoire Carnute<sup>4</sup>. Cette géographie meulière laténienne n'apparaît donc pas déterminée ethniquement mais plutôt par le réseau fluvial. Rien n'est moins certain que les produits du Chaudry aient connu une diffusion "naturelle", concentrique autour du centre producteur : la

<sup>4</sup> Selon les données élaborées par B. Robin (2014, Champ Rouge), la limite Nord serait située à hauteur de Saran, à 10 kml au Nord d'Orléans.

géographie des produits du Chaudry, encore à circonscrire, est plutôt susceptible d'une décentration orientée vers le N-W, selon les axes du Cher et de l'Indre, descendants vers la Loire.

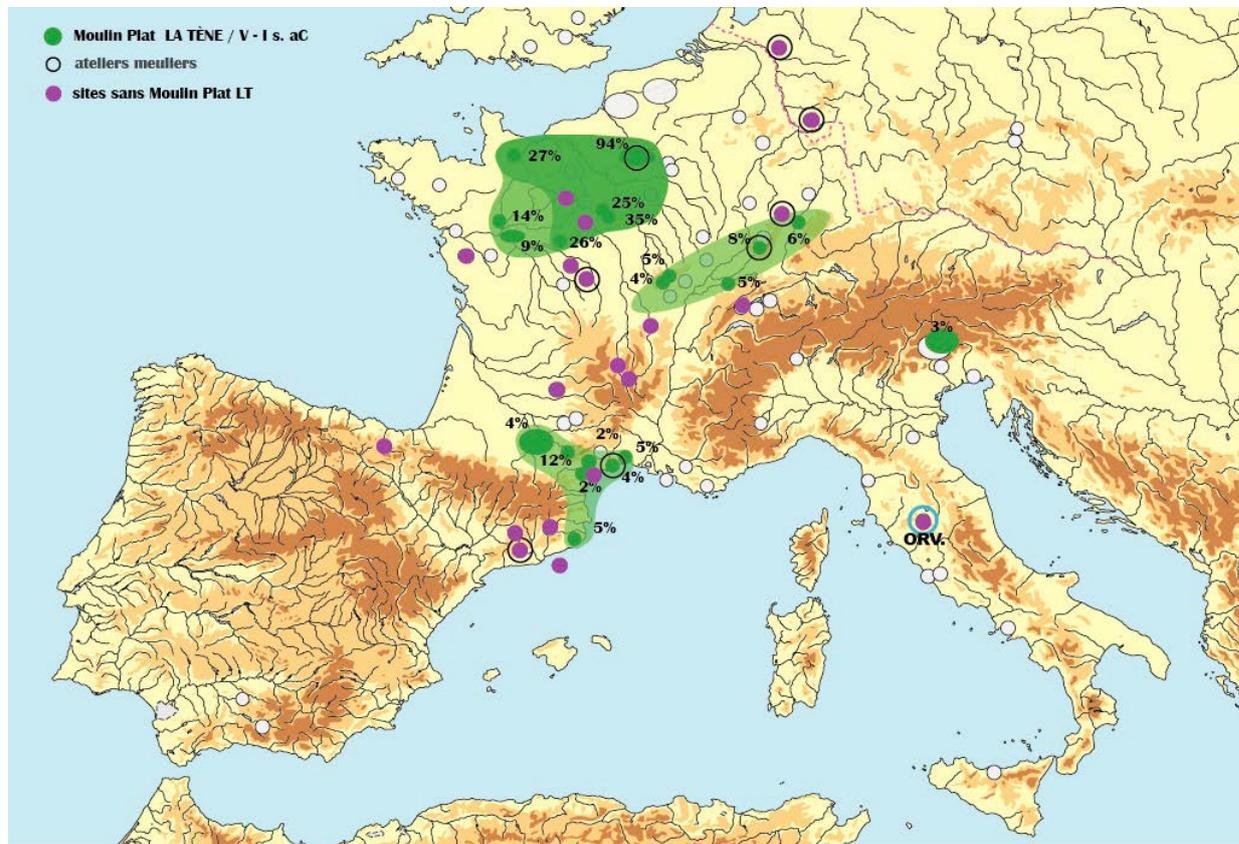
Etant donné la haute probabilité que d'autres matériaux meuliers (tels que des meulières de Beauce ou divers grès) aient été disponibles dans l'aire naturelle d'approvisionnement de Blois, on peut se demander si l'approvisionnement des sites laténiens du territoire Sud-Carnute par des grès du Berry correspond à une géographie naturelle liée à la structure fluviale ligérienne (notamment avec la rareté des affluents de rive droite avant Angers) ou si cette provenance correspond à des critères de qualité du matériau (recherche de grès sur des formations sédimentaires particulières). On doit à cet égard considérer en premier lieu qu'à la période laténienne, les populations ont une connaissance trimillénaire des matériaux autres que le silex débitable ou ses équivalents, et en second lieu on doit rechercher si les grès de type le Chaudry ont été antérieurement utilisés ou si la production meulière laténienne en constitue la première exploitation.

## Conicité

La Conicité, quelque peu imprécise car mesurée sur des fragments le plus souvent de petite dimension, apparaît plutôt élevée : souvent autour de 15-16° voire de 20° avec un second groupe de conicité plus basse sur 6-10°. Mais le fait marquant de Blois La Croupe est, comme à Ymonville et Prasville et dans une proportion identique, la présence de 26% de Meules Plates.

De ce fait le site de Blois ajoute à l'aire septentrionale du Moulin Plat Normanno-Picard, une présence sur la Loire moyenne (**FIG. 3**) en direction de l'extension Ouest (Anjou-Mayenne) qui est de plus basse fréquence (9 à 14% de MPL).

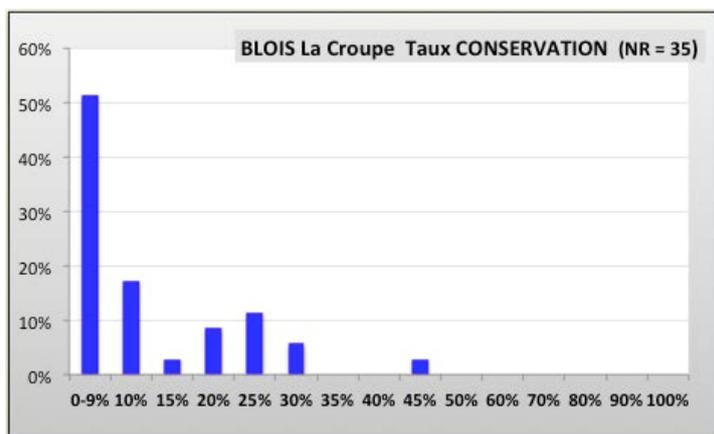
**FIG. 3 - Carte des Fréquences du Moulin Plat en période laténienne (ca. 500 à 100 aC)**



## Taux de Conservation

Les Meules Rotatives Basses (MRB) sont très faiblement conservées sur le site de Blois-La Croupe (FIG. 4). Les Meules entières ou quasi-complètes sont absentes et la moyenne du Taux de Conservation<sup>5</sup> s'établit aux alentours de 12%. Une grande majorité des restes (69% - FIG. 5) correspond à de petits fragments représentant 10% d'une meule ou moins, résidus souvent affectés de multiples éclatements. Cette partie très fragmentée est complétée par une fraction (26%) de plus gros morceaux centrés sur le quart de meule (de 20 à 30%) et en un cas (3%) sur la demi-meule (taux 45%).

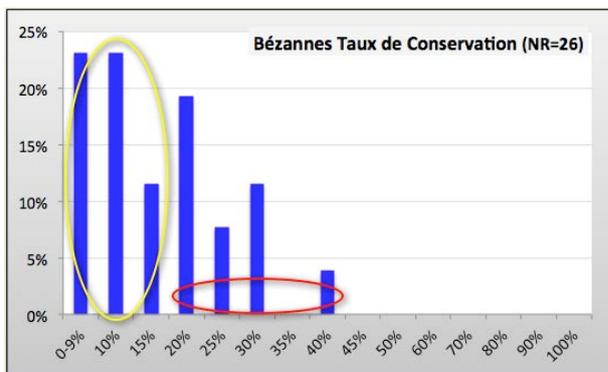
FIG. 4 & 5- Taux de Conservation des Meules de Blois - La Croupe



0-9%	18	51%	69%
10%	6	17%	
15%	1	3%	26%
20%	3	9%	
25%	4	11%	
30%	2	6%	
35%			
40%			
45%	1	3%	
50%			
60%			
70%			
80%			
90%			
100%			
35		100%	

Un tel spectre pourrait indiquer le caractère ancien et donc résiduel d'une partie notable des meules, et orienter vers une chronologie plus haute (LT-C1/C2 plutôt que LT-C2/D1).

En effet, l'importante proportion de meules de caractère très fragmenté (69%) indique qu'au moment de l'occupation et de son maximum (LT-D1b) ces meules étaient déjà sorties du champ fonctionnel, rejetées et réduites voire déjà remaniées (elles portent souvent la trace d'éclatements multiples) avant d'être scellées dans les différentes structures archéologiques Laténiennes.



A cet égard on peut se poser la question d'un éventuel bris intentionnel des meules usagées, du moins sur les sites à courte durée d'occupation présentant ce type de fraction. Un tel débitage et concassage post-rebutage des meules pourrait avoir été impliqué dans la confection de certains aménagements (tels que sols damés, aires de travail ou voirie).

FIG. 6 - Bézannes, un spectre de Conservation comparable à celui de Blois-La Croupe

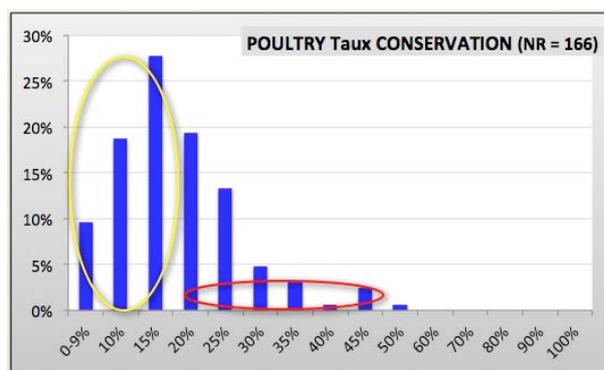
Le cas de Poultrey à Londres, qui associe de larges fragments de meules (en quelque sorte des pavés) à des éclats ou à du concassé pourrait constituer une illustration d'activité de débitage et concassage des meules rebutées, orientée vers une utilisation secondaire.

Le spectre présente également un aspect bi-compositionnel qui reflète l'association de cette part hyper-fragmentée avec une fraction nettement moins dégradée (conservation autour de 25% - en rouge sur les FIG. 6 à 8) qui, en l'absence de tout fragment compris entre une demi-meule et une entière, constitue le maximum de préservation sur ce site.

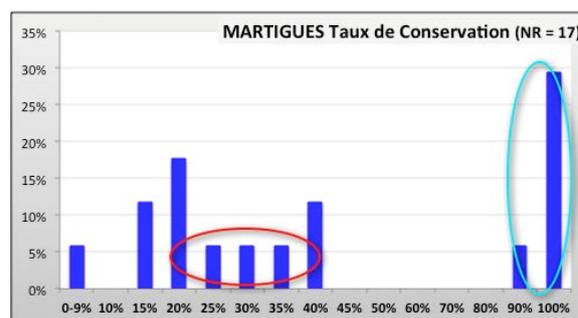
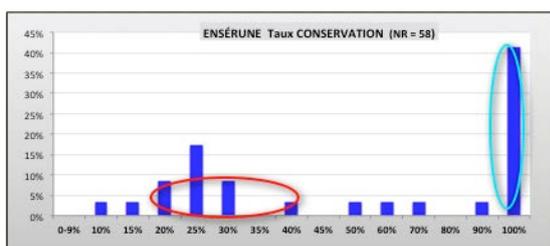
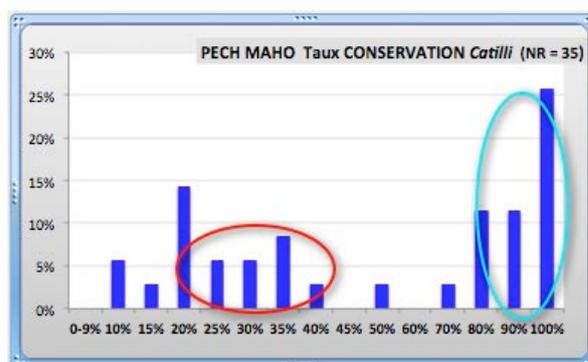
<sup>5</sup> Le Taux de Conservation correspond, pour chaque meule, à la partie conservée du disque dans lequel elle s'inscrit, il est exprimée en % de la surface de ce disque (cf. GLOSSAIRE).

## FIG. 7 - London Poultry, profil de Conservation

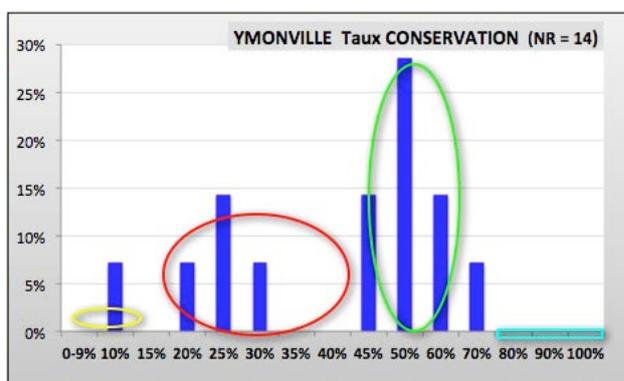
Souvent en quantité plus importante elle y est, tout comme à Blois, associée tantôt à une fraction hyper-fragmentée (cas de Bézannes près de Reims (FIG. 6, en jaune) et de Poultry à Londres - FIG. 7), tantôt au contraire à une fraction de meules quasi entières (cas de Pech Maho, Martigues et Ensérune – en bleu sur les FIG. 8) ou de meules conservées aux trois quarts (Ymonville, également cas d'agglomération industrielle - FIG. 9).



**FIG. 8 - Profil de Conservation des sites méridionaux de Pech Maho et Ensérune (oppida) ainsi que Martigues II (agglomération fluviale fortifiée) : la fraction moyenne (20-45%), figurée en rouge, est complétée d'une fraction de meules entières ou sub-complètes (figurée en bleu)**



**FIG. 9 - ci-dessous : Profil de Conservation du site d'agglomération rurale laténienne d'Ymonville (FR, 28)**



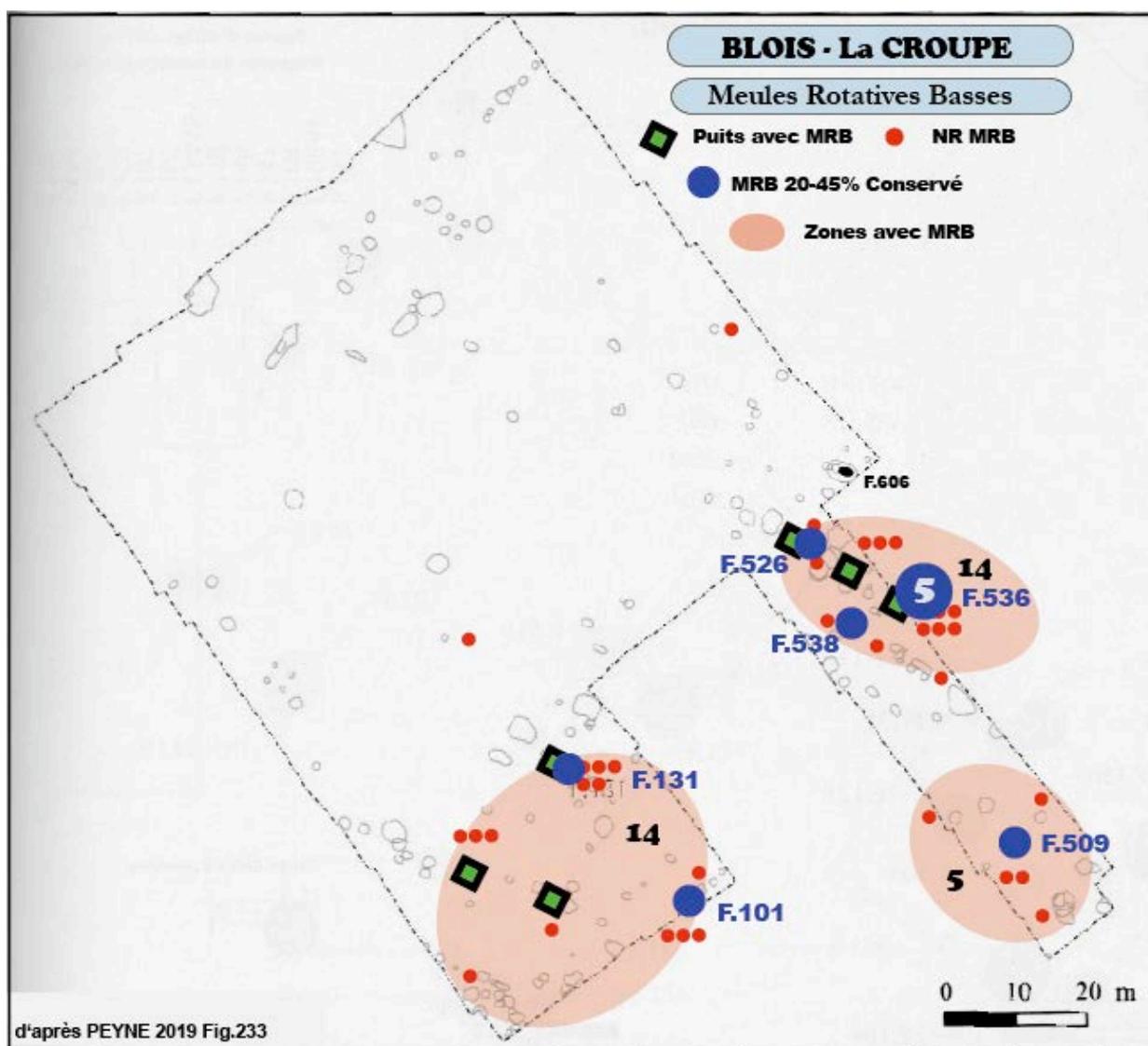
Ymonville est avec le site de Borken (All., Basse vallée du Rhin) un des rares à présenter la fraction de gros éléments brisés conservés entre 50 et 75%. L'absence presque systématique de cette dernière sur les sites de consommation-rejet pourrait traduire une pratique systématique de remploi des meules brisées en gros éléments (demi- et trois-quarts de meules) tandis que les meules complètes renverraient, selon leur degré d'usure, à des machines tantôt en cours d'utilisation tantôt à peine rebutées.

## Les plus gros fragments

A Blois La Croupe, les plus gros restes de meules sont loin de l'entièreté et présentent comme nous l'avons dit (FIG. 4) un Taux de Conservation de 20 à 30% (complétés d'un individu à

45%). Cette fraction à conservation maximale totalise 10 des 35 restes soit 28,5% des Meules du site. Spatialement (en bleu sur la **FIG. 10** *infra*) cette partie mieux conservée se distribue conformément à l'ensemble des restes meuliers. Elle s'observe dans 6 des 19 structures en creux comportant des meules, soit 1/3 des cas. Cette fraction d'éléments moins fragmentés se rencontre dans les mêmes types de structures que la fraction fine et dans les mêmes proportions (plus de 50% provient des Puits et 10 à 15% de chacune des autres catégories de Faits : **FIG. 11**). On observe donc une même localisation préférentielle pour les Puits mais la préférence pour ces derniers est plus marquée pour ces fragments conservés à 20-45%. En effet, l'éventail des réceptacles qui les accueille est composé à 50% de puits (**FIG. 12**) contre 17% sur l'ensemble du site où la fréquence de ces restes meuliers se trouve à égalité (32%) avec celle des fosses.

**FIG. 10 - BLOIS La Croupe : zones avec MRB (en rosâtre) et distribution spatiale (en bleu) de la fraction conservée à 20-45%**



**FIG. 11 - Distribution par type de structure archéologique de la fraction conservée à 20-45%, (NR 10) et distribution générale (quasi-identique) de l'ensemble des restes meuliers du site (NR 35)**

Restes Meuliers (MRB) conservés à 20-45% par Type de STRUCTURE			TAB.2
	MRB	%	ensemble des MRB
FOSSE	1	10%	17%
Tr. POTEAU	1	10%	14%
BATIMENT	1	10%	14%
PUITS	7	70%	54%
	10		35

**FIG. 12 - Nombre de structures archéologiques (total 6) de différent type comportant des restes meuliers préservés à 20-45% :** les gros éléments de meule ont plus tendance à se répartir sur les puits (50% des réceptacles de cette fraction) que l'ensemble des vestiges de meules (32%)

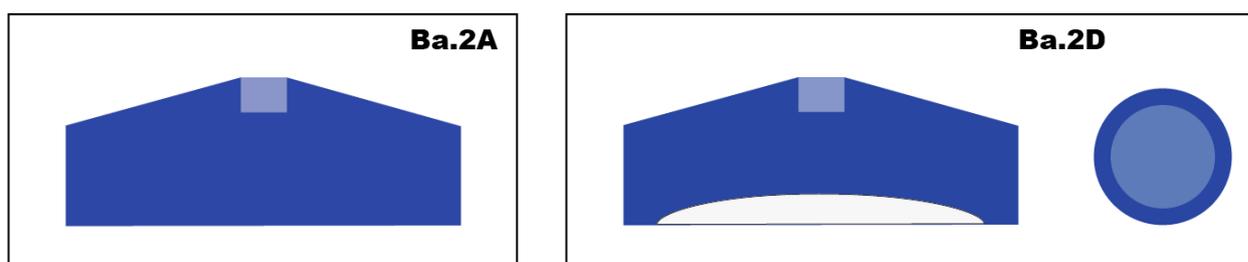
TAB.3			
Nombre de STRUCTURES avec MRB Conservées 20-45%			
	Structures avec MRB	20-45%	Total MRB
FOSSE	1	17%	32%
Tr. POTEAU	1	17%	21%
BATIMENT	1	17%	16%
PUITS	3	50%	32%
6			

L'autre particularité de ces fragments plus gros (ou plutôt moins petits) est leur appartenance à la seule Phase LT.D1b. Si celle-ci regroupe certes 77% des vestiges de meules, on note cependant que la séquence ancienne LT-C2 (11% des restes meuliers) ne comprend que la fraction des plus petits résidus. Toutefois cela pourrait être dû à la faiblesse de l'échantillon (4 des 35 restes meuliers).

La troisième particularité des plus gros fragments réside dans leur concentration qui, avec 1,66 restes par structure (NR 10 pour 6 structures), est 7 fois supérieure à la moyenne du site (NR 0,23 meules par structure) et 2 fois supérieure à celle de la fraction fine (15 restes dans 17 réceptacles, soit 0,88 par structure). Toutefois cette différence de facteur 2 ne paraît pas suffisamment importante pour qu'on puisse dire que les plus gros morceaux présentent une concentration particulière par rapport à la fraction fine : ils apparaissent en réalité marqués par une dispersion analogue, fruit sans doute de déplacements répétés. Leur parcours est essentiellement d'ordre tertiaire (hyper-fragmentés, hyperlacunaires et disséminés).

L'examen de détail révèle d'ailleurs que l'occurrence est de 1 fragment par structure à l'exception du Puits F.536 qui en comporte 5. Ainsi, lorsqu'ils sont présents, les restes meuliers les mieux conservés, relativement petits (autour du quart de meule), sont disséminés sur l'ensemble de l'espace et à raison de 1 élément par structure sauf pour ce puits. Structure la plus riche en meules NR 6), le puits F.536 en concentre également les restes les moins fragmentés. Il constitue manifestement un cas particulier, sans doute lié à la proximité d'une activité meulière (il est au coeur d'une zone concentrant 14 des 35 restes) sinon au voisinage d'une possible activité de débitage post-rebutage. Cette richesse particulière du puits F.536 en meules fait que l'aire N-E des restes meuliers est plus dense que les deux autres en gros fragments (7 sur les 14 que compte cette zone, soit 50% de l'effectif meulier en fragments importants contre 14% à l'aire S-W et 20% au secteur S-E).

**FIG. 13 - Les deux types de Base attestés sur les *Metae* de Blois La Croupe**



### Typologie de la Base des *Metae*

Sur 35 restes on identifie 10 *Metae* et 13 *Catilli*, 12 fragments demeurant indéterminés. La Base des *Metae* présente une typologie simple : sur 8 bases identifiables pour 10 *Metae*, 6 (et peut-être 7) sont de type 2A et 1 de type 2D (FIG. 13). Le premier correspond à une base pleine et plate, la seconde est une base légèrement évidée formant un anneau de pose plus ou moins large<sup>6</sup>. La base 2A est la plus fréquente (68%) sur les ateliers et correspond à une assise qu'on peut dire "brute d'atelier". Les sites d'utilisation montrent une gamme de bases très diversifiée où le type 2A

<sup>6</sup> Sur la variété du traitement de la base des *Metae* et le rôle de l'Anneau de Pose, on se reportera au CHAP. 15 et 16.

ne représente plus que 22%<sup>7</sup>. Le type de base 2A est constant et ni sa présence ni sa fréquence ne sont sensibles à la chronologie

Par conséquent, l'importante proportion du mode "brut d'atelier" pour les bases des meules dormantes de Blois pourrait traduire le fait que le site de La Croupe se fournissait auprès d'un centre producteur dont l'éventail typologique d'assises de meules était réduit et basique. Cela indiquerait soit que le site s'alimentait en meules directement auprès d'un atelier primaire (de carrière) sans passer par un atelier secondaire dont le rôle était d'opérer une "phase B hors carrière" (celle des finitions et du forage), soit que l'atelier primaire fournisseur était très proche du site sinon dans sa dépendance.

## Augmentation ou diminution tendancielle de l'équipement meulier : un processus de « céramicisation » de la culture matérielle ?

### i. Hausse de la composante Meulière

Au long de son occupation le site de Blois La Croupe semble connaître une croissance de la composante meulière de sa culture matérielle. En effet (FIG. 14), le nombre de Restes Meuliers par Fait archéologique augmente. Il est multiplié par 2 à 2,5 entre la phase LT-C2 et les deux phases LT-D1b, ces deux dernières réunissant 78% des vestiges de meules rotatives. Le fait qu'elles ne totalisent que 43% des structures en creux (FIG. 15) montre qu'il s'agit bien d'une densification meulière et non d'une simple augmentation de la quantité des structures, les deux phases étant par ailleurs d'une durée équivalente (ca. 70 ans soit probablement 3 générations pré-jenneriennes).

FIG. 14 - Croissance des restes meuliers en NR par Structure archéologique

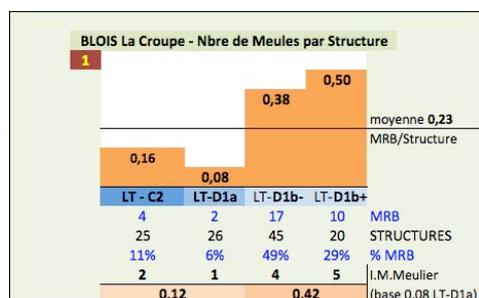


FIG. 15 – Répartition des Structures par Phase chrono-culturelle

	Fosse	Tranchée	Trou POT.	Puits	Piétinem.	Four	SEPULT	INDET	
LT - C2	6	9	4	5	1				25
LT-D1a	7	8	8	3					26
LT-D1b	9	17	8	10		1			45
LT-D1b+	8	5	3	3				1	20
LT-Indet.	7	8	9	1	5	1		1	32
autres LT	1		1				2		4
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>47</b>	<b>33</b>	<b>22</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>152</b>
	25%	31%	22%	14%	4%	1%	1%	1%	

L'augmentation des restes meuliers, qui traduit une croissance du piégeage des rejets, peut être synthétisée à travers le fait qu'en moyenne pour les 2 phases globales de 70 ans, on a rejeté 1 meule (sous forme d'un fragment) chaque 11 ans au LT-C2-D1a et 1 meule chaque 2,6 ans au LT-D1b soit une intensification d'un facteur 4,5 (FIG. 16).

FIG. 16 – Comparaison des restes meuliers sur les 2 Phases globales

L'interprétation de cette intensification des rejets doit être abordée avec prudence. Elle peut en effet refléter une croissance de l'intensité meulière, sachant que celle-ci intervient à travers des pratiques de rejet assez complexes (concassage, emport des pièces entières) ayant entraîné la perte moyenne de 88% de chaque objet. Mais, à intensité meulière inchangée, cette intensification des rejets peut tout autant, ou en même temps, traduire soit un moindre emport des rebuts (une fraction plus importante

Rapports quantitatifs en MRB des Phases		
LT-C2/D1a (ca. 70 ans)	LT-D1b (ca. 70 ans)	facteur
6 MRB / 51 STR. = 0,11 MRB par Structure	27 MRB / 65 STR. = 0,41 MRB par Structure	x 4
6 MRB / 35 MRB = 17% des MRB	27 MRB / 35 MRB = 77% des MRB	x 4,5
51 STR. / 152 = 33% des Structures	65 STR. / 152 = 43% des Structures	x 1,3
6 MRB / 70 ans = 1 MRB chaque 11,7 ans	27 MRB / 70 ans = 1 MRB chaque 2,6 ans	x 4,5

<sup>7</sup> Voir sur ce sujet le CHAP. 15.

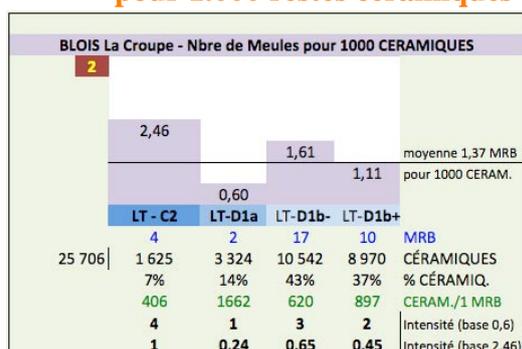
restant sur place), soit l'accroissement d'une activité locale de concassage de meules. L'intensification en restes meuliers ne peut donc refléter une intensification de l'activité des MRB que si les pratiques de rejet n'ont pas été notablement modifiées ou si leur variation, assez faible, se trouve masquée par une forte intensification meulière.

Parmi les méthodes de quantification des rejets ou des composantes de la culture matérielle, et notamment lorsque le recours au NR, NMI ou au Poids manquent de fiabilité, ou encore en l'absence de la possibilité d'une appréciation en densité au m<sup>3</sup> lorsque manque le calcul du volume des contextes, on utilise parfois une quantification relative telle par exemple que celle pour 1.000 fragments céramiques<sup>8</sup>. Cette méthode est intéressante mais elle est sensible à la variation, entre phases ou entre sites, du degré de « céramicité » de la culture matérielle et nécessite que soit contrôlée la régularité de la composante céramique des assemblages<sup>9</sup>.

## 2. une contradiction : Baisse de la composante Meulière par rapport à la Céramique

Dans le cas du site de Blois La Croupe, l'index en Restes Meuliers pour 1.000 Restes Céramiques (spectre 2 **FIG. 17**) observe une allure descendante : en effet, le ratio de la phase LT-D1b+ baisse par rapport à la période précédente, mais surtout le taux de restes meuliers est nettement plus fort lors de la phase initiale LT-C2. L'allure descendante du spectre semble suggé-

**FIG. 17 – Nombre de restes meuliers pour 1.000 restes céramiques**

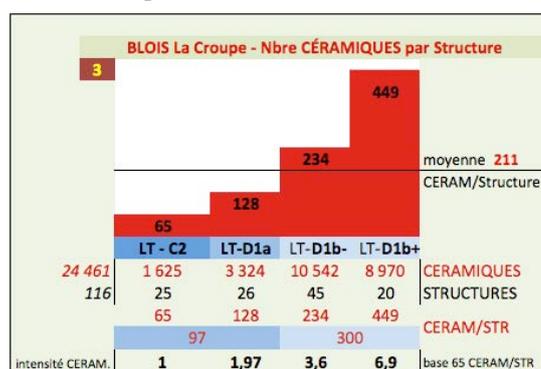


rer un phénomène de déséquipement meulier au fur et à mesure de l'occupation du site. Cette configuration entre en contradiction avec l'allure ascendante du diagramme des restes meuliers (spectre 1 de la **FIG. 14**) comme elle se montre également à rebours des données générales de la Gaule qui montrent une généralisation des Meules Rotatives Basses et leur pénétration dans des milieux de plus en plus nombreux.

Deux explications semblent possibles pour expliquer cette contradiction caractérisant le site de Blois La Croupe : d'une part une éventuelle non-fiabilité du ratio NR Meuliers/1.000 Céramiques de la phase LT-C2, d'autre part une nette évolution du taux de céramique lors des phases LT-D1, hausse qui entraînerait une baisse relative du ratio meulier.

En effet, si dans un premier temps on examine le spectre 2 en faisant abstraction du fort ratio de la phase LT-C2, le taux en Restes Meuliers pour 1.000 Céramiques des phases postérieures apparaît compatible avec une allure ascendante telle celle du spectre 1. Il est ainsi envisageable que le spectre des Restes Meuliers/1.000 Céramiques (spectre 2) soit structurellement **analogue** à celui des seuls restes meuliers (spectre 1 de la **FIG. 14**).

Deux explications semblent possibles pour expliquer cette contradiction caractérisant le site de Blois La Croupe : d'une part une éventuelle non-



**FIG. 18 – NR Céramique par Structure**

<sup>8</sup> Méthode notamment pratiquée à Lattes.

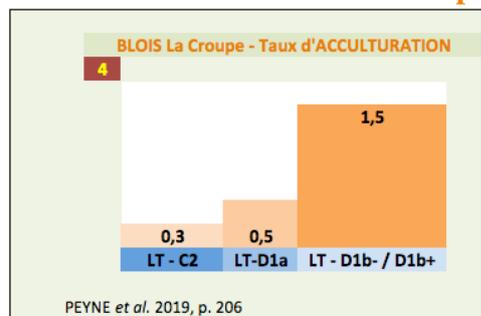
<sup>9</sup> On n'entrera pas ici dans le détail des applications et limites de cet index, signalant cependant que les différents types de contextes peuvent comporter, du seul fait du processus de leur constitution, une composition relative en céramique variable : on pense par exemple à la différence de mode de formation et de « céramicité » entre par exemple des niveaux d'occupation, des remblais de nivellement, des couches de travail, de construction de sols ou chaussées etc. Mieux vaut donc d'abord comparer des contextes procédant d'une formation similaire, donnée qui n'est pas toujours connue ou dont les contextes ne sont pas toujours disponibles.

Il serait cependant affecté par un enrichissement accidentel de la Phase LT-C2 en fragments de meules<sup>10</sup> ou par le fait que la quantité céramique de la phase LT-C2 soit située sous un seuil de fiabilité en ce cas supérieur à 1.600 tessons<sup>11</sup>. Toutefois, cette dernière quantité paraît élevée à tout archéologue pratiquant régulièrement les comptages céramiques.

Si l'on écarte cette éventualité d'un accident statistique, on est amené à considérer que lors des 2 dernières phases, une hausse du taux relatif de céramique ait pu venir faire baisser l'intensité apparente en restes meuliers. Ce phénomène traduirait alors un processus de « céramicisation » de l'univers matériel (remplacement de vaisselles de bois par des vaisselles céramiques).

De fait (spectre 3 FIG. 18), l'examen du nombre de restes meuliers par structure en creux montre une progression forte et continue de l'intensité céramique moyenne. Les restes céramiques passent de 65 par réceptacle à la phase LT-C2 à 449 lors de la phase finale LT-D1b+<sup>12</sup>. La progression est importante puisque le nombre de céramiques par Fait archéologique est multiplié par 6,9 entre les phases initiale et finale, avec un quasi doublement à chaque phase et sans qu'aucune rupture nette n'apparaisse d'ailleurs entre ces 4 horizons chrono-culturels. L'allure ascendante régulière du spectre de la fréquence céramique moyenne est ainsi également similaire à celui du Taux d'Acculturation romaine fondé par BARRIER 2014 et calculé par les auteurs (FIG. 19).

**FIG. 19 – Taux d'Acculturation du site de Blois la Croupe**



Le fait que l'éventail des catégories de structures d'où provient la céramique soit similaire entre les 4 phases (FIG. 20), tout particulièrement entre LT-C2 et LT-D1b-, indique l'absence de distortion importante dans le fonctionnement du site et les pratiques ou intensités de rejet. La régularité des fosses et des puits sur les 4 périodes de même que leur rôle important dans la fréquence en restes meuliers ne paraît pas non plus susceptible d'engendrer des différences fondamentales.

Cette configuration quant aux Structures archéologiques d'origine des restes de meules ne plaide pas en faveur d'une singularité de la séquence LT-C2 et de l'existence éventuelle d'une rupture dans les modalités d'occupation, deux faits qui seraient à même d'expliquer l'anomalie du rapport MRB /1000 Céramiques observable sur la phase LT-C2. Au reste, suite à une analyse fine des mobiliers et structures, les auteurs soulignent (p. 201-207) la continuité de faciès des 4 phases, même si avec la Séquence LT-D1b se dessine une certaine rupture, à tonalité plutôt spatiale que fonctionnelle et culturelle.

**FIG. 20 – Blois La Croupe : spectre des Structures en creux selon les phases**

	Fosse	Tranchée	Trou POT.	Puits	Piétinem.	Four	SEPULT	INDET	
LT - C2	24%	36%	16%	20%	4%				25
LT-D1a	27%	31%	31%	12%					26
LT-D1b-	20%	38%	18%	22%		2%			45
LT-D1b+	40%	25%	15%	15%				5%	20
LT-Indet.	22%	25%	28%	3%	16%	3%		3%	32
autres LT	25%		25%				0,5		4
N. STRC.	38	47	33	22	6	2	2	2	152
% / 152	25%	31%	22%	14%	4%	1%	1%	1%	

Au titre des continuités, on peut observer qu'à la période LT-C2, alors que les structures archéologiques sont nettement plus pauvres en céramique que par la suite (46 restes par structure contre plus de 1.000 - FIG. 21), la richesse céramique de celles qui comportent des restes meuliers est tout à fait analogue (250

<sup>10</sup> Pour respecter l'allure du spectre 1, on devrait observer seulement ca.1,25 MRB à la phase LT-C2, soit un taux limité à 0,75 MRB pour 1000 Céramiques.

<sup>11</sup> Le Nombre de Restes céramiques de la phase LT-C2 (1.625) serait statistiquement insuffisant et le seuil de fiabilité serait sans doute voisin ou supérieur à un NR céramique de 3324 représenté par la phase LT-D1a puisqu'à partir de cette dernière l'allure générale du spectre en restes meuliers et celui en restes meuliers pour 1000 céramiques sont similaires.

<sup>12</sup> Il serait d'ailleurs intéressant de pouvoir disposer de comparaison entre sites de cet indicateur d'intensité céramique, et mieux encore en utilisant un NR/m<sup>3</sup> fouillé.

à 600 tessons par réceptacle) à celles des phases ultérieures<sup>13</sup>. Les fosses à restes meuliers de la phase LT-C2 appartiennent ainsi à un mode de constitution particulier qui, lors de cette occupation ancienne, contraste avec celui plus général des autres structures en creux qui leur sont contemporaines.

**FIG. 21 – Blois La Croupe : fréquence céramique moyenne des structures selon les phases**

L'examen du rapport Restes Meuliers / Restes Céramiques dans les Fosses d'une part et dans les Puits d'autre part montre un comportement semblable entre ces deux types de structure (FIG. 22). L'augmentation constante au cours du temps du nombre de restes Céramiques par Fosse autant que par Puits (tableaux de gauche sur la FIG. 22) de même que pour toutes structures confondues (voir spectre 3 FIG. 18) traduit bien un processus de "céramicisation" du site (qui pourrait d'ailleurs être approché de manière plus fine par un calcul de la densité en restes céramiques par m<sup>3</sup>).

CÉRAMIQUE / STRUCTURE avec MRB					
PÉRIODE		CERAM.	STRUCT.	CER/STR.	
LT - C2	sans MRB	1 053	23	46	x6
	avec MRB	572	2	286	
LT-D1a	sans MRB	3284	24	137	/3
	avec MRB	40	1	40	
LT-D1b-	sans MRB	8093	7	1156	/5
	avec MRB	2449	10	245	
LT-D1b+	sans MRB	5228	4	1307	/2
	avec MRB	3742	6	624	
LT-Indet.	sans MRB	822	32	26	/3
	avec MRB	8	1	8	
autres LT	sans MRB	317	3	106	=
	avec MRB	98	1	98	

**FIG. 22 – Blois La Croupe : comparaison de la Fréquence des restes Meuliers et Céramiques dans les Fosses et les Puits**

BLOIS - La Croupes DENSITÉ MOBILIERE des PUIITS & FOSSES											
Restes Céramiques par Fosses					Restes Meuliers par Fosses						
	CERAMIQ.	Q. FOSSES	CER./FOS.	indice		CERAMIQ.	MEULES	Q. FOSSES	MRB/FOSSE	MRB / 1000 CER	
LT - C2	648	6	108	1	LT - C2	648	1	6	0,17	1,54	
LT-D1a	1742	7	249	x2,3	2,3	LT-D1a	1742	1	7	0,14	0,57
LT-D1b-	3859	9	429	x1,7	4	LT-D1b-	3859	1	9	0,11	0,26
LT-D1b+	5467	8	683	x1,6	6	LT-D1b+	5467	2	8	0,25	0,37
moyenne	11716	30	391		3,6	moyenne	11716	5	30	0,17	0,43
LT-Indet.	176	7	25		0,2						

Restes Céramiques par Puits					Restes Meuliers par Puits						
	CERAMIQ.	Q. PUIITS	CER./PTS.	indice		CERAMIQ.	MEULES	Q. PUIITS	MRB/PUIITS	MRB / 1000 CER	
LT - C2	407	5	81	1	LT - C2	407	3	5	0,60	7,37	
LT-D1a	409	3	136	1,7	LT-D1a	409	0	3	0	0	
LT-D1b-	2614	10	261	3,2	LT-D1b-	2614	10	10	1,0	3,83	
LT-D1b+	2156	3	719	8,8	LT-D1b+	2156	6	3	2,0	2,78	
moyenne	5586	21	266		3,3	moyenne	5586	19	21	0,90	3,40
LT-Indet.	20	1	20		0,2						

Entre les phases LT-C2 et LT-D1b+, le taux de Céramique est multiplié par 6 dans les Fosses et par près de 9 dans les Puits. L'augmentation moyenne est supérieure à un facteur 3 et intervient surtout avec les horizons LT-D1.

Parallèlement, la trajectoire chronologique des Restes Meuliers est différente. En effet (tableaux de

droite sur la FIG. 22), pendant que la fréquence Céramique croît d'un facteur 3 dans les Fosses entre les phases LT-C2 à LT-D1b-, le taux de Meules décroît d'un facteur 1,5 (de 0,17 à 0,11 restes par Fosse). En revanche, la fréquence céramique augmente dans les Puits d'un facteur 1,7 (de 0,6 à 1 reste). Le seul point commun entre Fosses et Puits est la forte augmentation des Restes Meuliers qui intervient à la phase LT-D1B+. En d'autres termes, les Restes Meuliers sont 5 fois moins fréquents dans les Fosses par rapport aux Puits (en moyenne 0,17 restes par Fosse et 0,9 par Puits). Par ailleurs il semble que se produise entre LT-C2 et LT-D1- un phénomène de transfert des rejets Meuliers au profit des Puits. Ces deux traits traduisent vraisemblablement un mode de formation différent du cortège mobilier des Puits et des Fosses et sans doute une différenciation fonctionnelle croissante entre les phases initiale LT-C2 et finale LT-D1b+.

La concentration des Puits en Restes Meuliers pourrait (si elle ne procède pas d'une grande différence entre les volumes fouillés) indiquer un rapport préférentiel entre Puits et Meules, rapport lié par exemple à une proximité (topographique ou fonctionnelle) entre Puits et Meules, ou bien transcrivant un lien entre comblement des Puits et fractionnement des Meules. Pour éclaircir ces éventualités il conviendrait d'une part de calculer la densité (/m<sup>3</sup> fouillé) des Puits et Fosses en

<sup>13</sup> Noter que la fréquence céramique des structures à restes meuliers, dominées par les puits, est notablement inférieure (d'un facteur 2 à 5) à celle du commun des autres réceptacles.

Restes Céramiques et Meuliers, et d'autre part d'examiner en détail la situation des restes meuliers dans les différentes phases de comblement des Puits (construction ou réaménagement, obstruction d'abandon, comblement terminal de subsidence)<sup>14</sup>.

Par ailleurs, avec en moyenne 3,4 Restes Meuliers pour 1.000 Restes Céramiques contre 0,43 pour les Fosses, les Puits confirment leur statut de concentrateurs en vestiges de meules dont ils sont 8 fois plus riches. Mais, dans le contexte d'une croissance à la fois des Restes Céramiques et des Restes Meuliers entre les phases initiale (LT-C2) et finale (LT-D1b), le phénomène le plus marquant est bien celui d'une diminution de la Fréquence relative en restes meuliers.

En effet (FIG. 22 dernière colonne des tableaux de droite), la plus haute fréquence en Restes Meuliers pour 1.000 Céramiques s'observe pour l'horizon LT-C2 et à la fois dans les Fosses (1,54 restes/1.000) et dans les Puits (7,37 restes). Ensuite elle présente un parcours de diminution : selon un facteur 4,1 pour les Fosses entre LT-C2 et LT-D1b+ et un facteur 5,9 entre LT-C2 et le minimum atteint à la phase LT-D1b- (0,26 restes/1.000 céramiques). La décroissance de la fréquence est similaire dans les Puits, avec une baisse d'un facteur 2,6 entre les phases LT-C2 et LT-D1b+ et un facteur 1,9 pour l'horizon LT-D1b-. Seule donc l'augmentation spécifique aux Puits vient modérer la diminution de la fréquence relative des Restes Meuliers par rapport aux Restes Céramiques.

**En conclusion**, l'ensemble des faits observés nous paraît<sup>15</sup> rendre incertaine une plus grande intensité meulière lors de la phase initiale d'occupation (LT-C2) et rendre probable un processus de "céramicisation" du site qui vient masquer l'augmentation de la fréquence des rejets meuliers entre la phase initiale LT-C2 et la phase finale LT-D1b+. Cette augmentation de la signature meulière est nettement perceptible en nombre de restes meuliers par Fait archéologique.

Deux explications peuvent à priori être avancées pour cette "céramicisation" de la culture matérielle de Blois La Croupe : d'une part une « sur-densité » céramique de nature en quelque sorte accidentelle ou locale qui serait due à la présence sur place d'une production potière<sup>16</sup>, d'autre part un véritable renforcement de la composante céramique dû à une place et un volume nouveau pris par la poterie dans l'univers laténien final.

La première voudrait que le site de Blois La Croupe présente une densité de restes céramiques supérieure aux valeurs communes généralement attestées sur les sites (tels par ex. que Clocheville à Tours, Alluyes-Saumeray, Ymonville etc.) ou bien une sur-densité (en NR/m<sup>3</sup>) sur certaines zones de La Croupe, à commencer par celles placées au plus près de la zone des fours F.606. En effet, l'existence d'une production sur place (sachant toutefois que bien souvent ces installations laténiennes ne sont pas caractérisées par une profusion de restes céramiques) devrait se traduire par une sur-densité céramique autour du pôle potier et par un gradient de diminution du NR céramique dans l'espace, à mesure qu'on s'éloigne de ce secteur. Ces phénomènes pourraient avantageusement être étudiés à partir d'une quantification en NR/m<sup>3</sup> fouillé.

Pour autant, une éventuelle richesse céramique particulière due à la présence d'une production potière ne nous semble pas expliquer la croissance du nombre de restes céramiques à travers l'occupation, sauf si le nombre de fours ou le volume de production céramique augmentait ce qui ne manquerait de se marquer dans l'espace et dans la typologie des fosses ou des remplissages. C'est pourquoi nous inclinons à penser que le site de Blois La Croupe a pu connaître un processus de « céramicisation » de sa culture matérielle au détriment de matières organiques telles que le bois. Une telle hypothèse mériterait d'être testée sur une base documentaire, en premier lieu la comparaison de la densité céramique (NR/m<sup>3</sup>) de divers sites, en second lieu

---

<sup>14</sup> Au reste ces séquences ont bien été différenciées dans la publication.

<sup>15</sup> Sous réserve d'un examen qui reste à conduire de la densité (au m<sup>3</sup> fouillé) des structures archéologiques en restes céramiques ou meuliers.

<sup>16</sup> Nous remercions tout particulièrement N. Peyne d'avoir lors de nos échanges attiré notre attention sur cette possibilité.

l'examen des densités céramiques de structures en creux de La croupe et de l'existence éventuelle d'un gradient dégressif de la densité à mesure de l'éloignement de la zone des fours de potier.

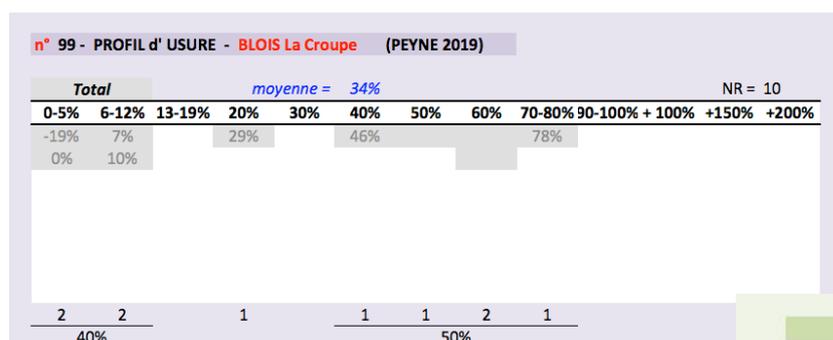
## L'Usure des Meules de Blois La Croupe

Le Taux de conservation des meules de La Croupe est comme nous l'avons vu faible. Les 35 fragments, pour la plupart (24/35) inférieurs à 15% de la meule, totalisent une conservation de 418% soit l'équivalent de 4,18 meules rotatives correspondant à 2,09 moulins.

Nous avons également vu qu'aucune meule entière ou presque n'était attestée sur le site et que ces dernières avaient dû être soit emportées soit brisées après usage. Faute de connaître le nombre de meules initialement présentes, le taux d'emport ou de lacune des meules ne peut être estimé<sup>17</sup>. Un débitage systématique de la totalité ou d'une partie des meules arrivées au terme de leur utilisabilité est même envisageable, avec pour finalité une utilisation secondaire. Enfin on doit garder à l'esprit que parmi les 24 petits fragments, certains peuvent avoir appartenu à de mêmes meules.

La mise au point dans notre doctorat d'un mode de calcul de la Hauteur à neuf des meules et de leur usure permet de connaître leur degré d'usure, du moins s'agissant des exemplaires dont la Hauteur et le Diamètre sont connus. Un profil d'usure de l'assemblage peut ainsi être établi qui fait apparaître la proportion de meules neuves, peu usées, d'usure modérée ou forte, enfin celles d'usure maximale.

**FIG. 23 – Profil d'Usure des meules de Blois La Croupe**



**FIG. 24 – Usure différente entre Catilli et Metae**

La première donnée qui ressort est celle d'une usure moyenne assez faible (30% -FIG. 24) qui traduit un équilibre entre des meules neuves bien représentées (40% -FIG. 23) et des meules d'usure moyenne (50% sont en effet usées entre 40 à 80%). Cependant, cette image équilibrée cache en réalité un très fort contraste entre les *Catilli* et les *Metae*. Les meules tournantes sont en effet usées en moyenne à 50% tandis que les dormantes sont neuves (usure moyenne de 4%).

Un tel contraste correspond à une distorsion manifeste des données (*Catilli* et *Metae* tendent à montrer une usure analogue) à fortiori les meules de La Croupe étant réalisées dans 2 lithotypes principaux et similaires. Il est difficile d'expliquer ce contraste autrement que par une insuffisance quantitative, notamment

A Blois La Croupe, l'Usure peut être estimée pour 10 des 35 éléments meuliers retrouvés. Elle est calculée selon la méthode du degré d'Usure de la Hauteur Utile<sup>18</sup>. On peut donc dresser un profil d'ensemble de l'Usure (FIG. 23).

bLOIS La Croupe - USURE MOYENNE				
N°	HUNf sur (HNf-HP)	Hur (H-HP)	Taux d' USURE (220%) (HUNf-HUr)/HUNf	statut empirique
MIN-001	-	-	-	-
MIN-002	15,75	8,5	46%	mi-usée
MIN-004	13	13	0%	Neuve
MIN-005	11,75	14	-19%	Neuve
MIN-007	11,5	2,5	78%	très usée
MIN-010	6,85	2,5	64%	usée
MIN-013	12,75	11,5	10%	sub-neuve
MIN-015	5,5	2,5	55%	mi-usée
MIN-020	11,2	8	29%	us. modérée
10 MIN-023	-	0	-	-
MIN-024	9	3	67%	usée
12 MIN-030	10,25	9,5	7%	sub-neuve
		107,55	75	
		30%		
		moyenne USURE		
CAT.	NR 6	61,35	30,5	50%
MET.	NR 4	46,2	44,5	4%
		HUNf	HUr	USURE moyenne

<sup>17</sup> Par exemple si le site avait, en 120 ans, disposé de 24 meules (soit une chaque 5 années) la lacune serait de 82,86% (24 meules moins 4,18 conservées soit 19,82 meules manquantes sur 24).

<sup>18</sup> L'Usure est ici calculée d'après la Hauteur à Neuf estimée, avec la formule (HUNf-HUr)/HUNf soit le pourcentage de Hauteur Utile restante (HUr) sur la Hauteur Utile à Neuf (HUNf), cette dernière étant basée sur la Hauteur totale à Neuf (HNf) estimée selon l'indice IREC de 220% (Diamètre = 2,2 Hauteur), soit la formule HNf = D/2,2 et HUNf = HNf-HP (Hauteur Passive) – voir CHAP.18 USURE des MRB.

due à l'impossibilité de calculer le degré d'usure des très petits fragments.

Cependant, la simulation d'une forte usure (80%) de ces 25 éléments très fragmentaires ne porterait l'Usure moyenne qu'à 67%, confirmant l'existence d'une fraction non négligeable de meules neuves dans l'assemblage de Blois La Croupe. Cette fraction est supérieure à l'ordinaire (autour de 8 à 10% des assemblages apparaissent en effet composés de meules neuves ou sub-neuves).

Si l'on remarque que les meules neuves ou quasi-neuves correspondent en 3 des 4 cas à des *Metae* et à 75% des meules de cette catégorie, **on peut se demander si l'Usure des *Metae* n'est pas affectée d'une sous-estimation**. Etant donné que la Hauteur à Neuf (HUNf) des *Metae* se situe (13/12/13 cm) dans la grandeur courante des meules du site, sans être de surcroît particulièrement importante (les *Metae* initialement hautes de 15 ou 17 voire 21 cm ne sont pas rares<sup>19</sup>), la Hauteur totale des *Metae* ne peut être ici la cause d'une surestimation de HUNf entraînant une sous-estimation de l'usure. Il est ainsi plus probable que soit en cause la Hauteur Utile restante (HUr), rendue trop élevée par une sous-évaluation de la Hauteur Passive. Les *Metae* étant à base plate, la Hauteur Passive correspond à la Hauteur du Cône, ici relativement limitée en raison d'une Conicité modérée. **Il est ainsi probable que les *Metae* de Blois La Croupe aient, au-delà de celle donnée par le Cône, comporté une Hauteur Passive supplémentaire**, correspondant à une épaisseur usable mais jamais usée située à la base de chaque *Meta*. Comme à Orvieto ou à Els Vilars, une partie de la Hauteur des *Metae* de La Croupe correspondrait ainsi une fonction piédestal ou de support<sup>20</sup> du cône. Sur la base des hauteurs minimales récurrentes des meules, cette **Hauteur Passive de Support (HPs)** peut être estimée entre 4 et 7 cm (soit 2 à 4 dgt). Au reste la *Meta* n° 0023 semble bien, avec sa hauteur de flanc réduite à 4 cm, indiquer cette réalité d'une HPs.

Une simulation intégrant cette composante de la Hauteur Passive (HPs 4 cm) conduit toutefois à une usure des *Metae* passant de 4 à seulement 14% : le changement, modeste, confirme le caractère jeune de l'essentiel des *Metae*. Parallèlement, avec une usure moyenne à 50% les *Catilli* ne présentent pas non plus un degré d'usure très important.

Il faut donc en déduire que **les meules du site de Blois La Croupe ont été rejetées dans un état d'usure modéré et qu'elles comportaient une importante fraction de meules plutôt neuves**. Ce fait interroge sur la pratique des rejets et sur l'utilisation qui était faite des meules.

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer un tel rejet de meules peu usées voire neuves : le sacrifice, la casse, la contamination, le renouvellement des maisonnées ou des unités productives, l'abondance enfin.

En faveur du sacrifice des meules on rappellera ici le caractère faiblement conservé des meules du site et l'éventualité de l'existence, avant rejet, d'une pratique de concassage et d'utilisation secondaire des plus gros fragments. Cependant, qu'une pratique de sacrifice hausse la fréquence des meules jeunes suppose une sélection différentielle privilégiant les meules récentes au détriment des moulins parvenus en fin de course.

La casse avant le terme d'usure normal (une consommation de l'ordre de 80 à 100% de la hauteur utile) supposerait que la plupart des meules aient été soumises à des contraintes mécaniques ou thermiques élevées, ce qui orienterait vers des activités particulières.

La contamination (telle par exemple que le développement de moisissures et de toxines aux effets négatifs identifiables) pourrait être une cause de rebut prématuré. Identifier un tel phénomène supposerait qu'il ait pu cesser sur le site et que l'on distingue dans l'assemblage une succession entre des phases à meules jeunes et des phases ultérieures à meules nettement plus usées.

Le renouvellement brutal des maisonnées avec élimination des meules quel qu'en soit l'état n'est pas en mesure de créer la proportion anormalement élevée de meules neuves qui est observée à La Croupe : leur sur-fréquence devait de toutes façons caractériser les contextes d'utilisation. Par

---

<sup>19</sup> A Orvieto par exemple les Hauteurs neuves sont de 13/17/23/29 cm, le plus souvent de 20-21 cm au Chaudry et le plus souvent comprises sur les ateliers entre 13 et 19 cm

<sup>20</sup> Voir **Partie II, CHAP.9 et 17 sur La Hauteur Passive**

ailleurs il n'y a aucune raison qu'un tel renouvellement des maisonnées (qui s'apparente à un débarras après décès ou cession) n'intervienne qu'au strict lendemain de l'acquisition de meule sneuves. Enfin, si elle devait avoir eu lieu, une telle pratique se refléterait nécessairement dans d'autres secteurs de l'équipement, notamment la céramique et l'instrumentum.

Enfin l'une des causes les plus simples d'un rejet prématuré des meules intervenant bien avant leur terme d'usure, pourrait résider dans l'abondance de ce bien. Ainsi, plutôt que de le raviver on pouvait le renouveler même si la pierre pouvait encore durer largement. Cette causalité suppose une grande proximité entre Blois et les carrières, ce qui paraît exclu par la géologie des grès ligériens.

Au terme de cette revue rapide il semble donc que la casse et la contamination puissent être sur le site de Blois la Croupe plus probablement à l'origine du rejet des meules dans un état d'usure modéré voire neuf. Il est cependant clair que l'interprétation de la surfréquence des meules jeunesse sur le site de Blois nécessite de pouvoir comparer avec d'autres assemblages de même période ou géographique.

## L'Équipement meulier à Blois La Croupe

Ce site de Blois présentant des meules relativement précoces (LT-C2 soit autour de 200 aC), il a paru intéressant d'examiner si on percevait une éventuelle intensification meulière au long de sa durée d'occupation qui est relativement consistante (ca. 120 ans). Il était également intéressant dans cet ordre d'idée d'évaluer le degré de l'équipement meulier du site lors de sa phase initiale.

Nous avons recouru dans cette démarche à la notion de **Taux d'Équipement Meulier** (TEM) qui définit, pour une durée donnée, le nombre de moulins présents par unité d'habitation (ou de production si l'on pense avoir à faire à un site « artisanal »). Si par exemple un site ou une phase présente 4 moulins, son Taux d'Équipement Meulier sera de 1 s'il y a 4 maisons et, s'il y a 8 maisons, le TEM sera de 0,5 soit 1 moulin partagé entre 2 maisons (0,5 M/Unité). Le nombre d'Unités peut résulter de l'observation archéologique ou d'une hypothèse (simulation)

Le calcul du Taux d'Équipement Meulier repose d'abord sur l'établissement du nombre de moulins puis sur le calcul du **Quotient Meulier** (QM). Le nombre total de moulins observé correspond non pas au nombre de restes meuliers mais au nombre d'Équivalents-Meule (NEM), soit généralement le cumul du pourcentage du disque de la meule conservé par chaque fragment. Ainsi pour Blois La Croupe on a recueilli 35 fragments qui totalisent un pourcentage conservé de 418% , soit 4,18 meules et donc 2,09 moulins (**FIG. 25**). Si un moulin archéologiquement retrouvé

**FIG. 25 – Quotient Meulier du site de Blois La Croupe**

EQUIPEMENT MEULIER du site de BLOIS La Croupe				A. CHARTRAIN						
TAB.1										
Total SITE										
Total CONSERVÉ	Total EQUIVAL-MEULE	EQUIVAL. MOULINS	Taux de RECOUVR.	Total MOULINS	Durée d' OCCUPATION (ans)	Total MOULINS par an	COEFF. RENOUVELLEMENT	Longévité MOULIN	QUOTIENT MEULIER	
418%	4,18	2,09	1%	209	120	1,74	24	5	8,71	
				209	120	1,74	24	5	8,71	
				209	120	1,74	24	5	8,71	
				209	120	1,74	40	3	5,23	
				209	120	1,74	40	3	5,23	
				209	120	1,74	40	3	5,23	
				209	120	1,74	12	10	17,42	
NR Meules 35			1/1000	2090	120	17,42	24	5	87,08	
NR Céram 25 706				2090	120	17,42	24	5	87,08	
				2090	120	17,42	24	5	87,08	
				2090	120	17,42	24	5	87,08	

correspond à 100 moulins originaux (taux de Recouvrement 1/100), alors le total des moulins du site était de 209<sup>21</sup>.

Le Quotient Meulier est obtenu suite à la prise en compte de la dimension chronologique, c'est-à-dire à la fois la durée de l'occupation et la longévité supposée d'une meule<sup>22</sup>.

Le Quotient Meulier du site de Blois La Croupe apparaît assez élevé : en effet, il est de 8,7 si les meules durent 5 ans et vaut

5,2 si leur longévité est de 3 ans. Par conséquent, si le site comportait 8 habitations dans

<sup>21</sup> Comme le montre la **FIG-25**, la prise en compte d'un taux de recouvrement de 1 pour 1000 meules originelle donne des quantités bien trop élevées (il faudrait 87 unités d'habitation ou de production dotée d'1 moulin chacune pour absorber une population originelle de 2090 moulins sr 120 ans) qui disqualifient le taux de 1/1000. Il s'agit cependant de simulations et des Taux de Recouvrement tels par exemple que 1 pour 78 ou pour 327 pourraient tout autant être discutés. Notons toutefois (voir la **FIG. 26**) qu'un recouvrement supérieur à 1/100 nécessiterait soit un nombre d'habitats dépassant les 25 ou 50 unités, chiffres sans rapport avec les traces archéologiques, soit un nombre de moulins par habitat dépassant 5 sinon 10 moulins.

<sup>22</sup> Par exemple 3, 5 ou 10 ans (mais les simulations effectuées avec une durée de meule de 10 ans montrent que cette longévité ne peut généralement pas être retenue).

**FIG. 26 – Taux d'Équipement Meulier de Blois La Croupe**

EQUIPEMENT MEULIER de BLOIS La Croupe					
Longévité MOULIN	QUOTIENT MEULIER	Total SITE			
		UNITÉS DOMESTIQ.	Taux d'EQUIPEMENT MEULIER *		
		M. par U.	arrondi		
5	8,71	9	0,97	1	Moulin par famille
5	8,71	17	0,51	0,5	2 Familles par Moulin
5	8,71	4	2,18	2	Moulin par famille
3	5,23	5	1,05	1	Moulin par famille
3	5,23	10	0,52	0,5	2 Familles par Moulin
3	5,23	20	0,26	0,26	4 Familles par Moulin
10	17,42	17	1,02	1	Moulin par famille
5	87,08	87	1,00	1	Moulin par famille
5	87,08	40	2,18	2	
5	87,08	20	4,35	4	
5	87,08	175	0,50	0,5	2 Familles par Moulin

un cas ou 5 dans l'autre (durée meules 3 ans), chacune serait alors équipée de 1 moulin. Le Taux de l'Équipement Meulier pourrait même monter à 2 moulins par famille si le site ne comportait que 4 habitations (meules durant 5 ans).

### 33 simulations

Sur cette base on a donc, pour chacune des phases laténiennes de l'occupation, élaboré plusieurs **simulations** en faisant varier la longévité d'un moulin (3/5/10) ou le nombre d'unités (d'habitat ou de production) accueillies par le site. L'ensemble de ces simulations sont présentées dans les Tableaux placés en fin de cette Annexe 14. On en a retenu pour la discussion 33 cas plus ou moins plausibles (**FIG. 27**).

**FIG. 27 – Table des simulations retenues et discutées**

(à gauche les 33 cas, au milieu les 33 simulations classées selon la durée supposée des meules 3/5/10 ans, sur la droite la sélection des cas simulés pour un équipement de 1 Moulin par Unité et classé par durée des meules)

DÉMOGRAPHIE / EQUIPEMENT					DÉMOGRAPHIE / EQUIPEMENT					DÉMOGRAPHIE / EQUIPEMENT					
matrice brute					matrice par Durée des Moulins					1 Moulin par Famille					
CHRONO	FAMIL LES	indices MOULIN	EQUIPEMENT PUIITS	Durée MOU-LIN	CHRONO	FAMIL LES	indices MOULIN	EQUIPEMENT PUIITS	Durée MOU-LIN	CHRONO	FAMIL LES	index MOULIN	EQUIPEMENT PUIITS	Durée MOU-LIN	
<b>TAB.1</b>					<b>TAB.2</b>					<b>TAB.3</b>					
total SITE	1	9	1	0,4	5	1	9	1	0,4	5	4	5	1	0,7	3
	2	17	0,5	0,2	5	2	17	0,5	0,2	5	1	9	1	0,4	5
	3	4	2	1	5	3	4	2	1	5	6	17	1	0,2	10
	4	5	1	0,7	3	4	5	1	0,7	3	9	1	1	2,5	3
	5	10	0,5	0,3	3	5	10	0,5	0,3	3	7	3	1	1,7	5
	6	17	1	0,2	10	6	17	1	0,2	10	11	6	1	0,8	10
LT-C2	7	3	1	1,7	5	7	3	1	1,7	5	15	1	1	3	3
	8	5	0,5	1	5	8	5	0,5	1	5	13	2	1	1,5	5
	9	1	1	2,5	3	9	1	1	2,5	3	16	3	1	1	10
	10	3	0,6	1,7	3	10	3	0,5	1	5	24	14	1	0,5	3
	11	6	1	0,8	10	11	2	1	1,5	5	21	24	1	0,3	5
LT-D1a	12	3	0,5	1	5	12	3	0,5	1	5	26	48	1	0,1	10
	13	2	1	1,5	5	13	2	1	1,5	5	30	6	1	0,3	3
	14	3	0,4	1	3	14	3	0,4	1	3	27	10	1	0,2	5
	15	1	1	3	3	15	1	1	3	3	33	21	1	0,1	10
	16	3	1	1	10	16	3	1	1	10					
Phase LT-D1b-	17	3	8	2,6	5	17	3	8	2,6	5					
	18	8	3	1	5	18	8	3	1	5					
	19	5	5	1,6	5	19	5	5	1,6	5					
	20	12	2	0,7	5	20	12	2	0,7	5					
	21	24	1	0,3	5	21	24	1	0,3	5					
	22	5	3	2	3	22	5	3	2	3					
	23	8	2	1	3	23	8	2	1	3					
	24	14	1	0,5	3	24	14	1	0,5	3					
	25	24	2	0,3	10	25	24	2	0,3	10					
	26	48	1	0,1	10	26	48	1	0,1	10					
	27	10	1	0,2	5	27	10	1	0,2	5					
Phase LT-D1b+	28	15	0,7	0,1	5	28	15	0,7	0,1	5					
	29	20	0,5	0,1	5	29	20	0,5	0,1	5					
	30	6	1	0,3	3	30	6	1	0,3	3					
	31	10	0,6	0,2	3	31	10	0,6	0,2	3					
	32	20	0,3	0,1	3	32	20	0,3	0,1	3					
	33	21	1	0,1	10	33	21	1	0,1	10					

## Hypothèse d'un équipement de 1 Moulin par Unité

Dans un premier temps on examine la configuration d'un équipement qui soit de 1 moulin par famille pour des meules durant 3, 5 ou 10 ans (FIG. 27 colonne de droite). Par hypothèse ce taux de 1 M/U serait déjà acquis lors de la phase initiale (LT-C2) et se maintiendrait constant ensuite. On teste ainsi un taux d'équipement plafond afin de voir quelles en seraient pour chaque période d'occupation les implications en termes de démographie (nombre d'habitations ou d'unités). Ces simulations (scénarios 1 à 4 discutés en FIG. 28) engendrent un phénomène d'explosion démographique lors de la phase LD1b- qui atteint alors les nombres improbables voire extravagants de 14, 24 ou 48 unités, elles ont dû être écartées.

FIG. 28 – Discussion des 4 scénarios de l'hypothèse Equipement à 1 Moulin par Unité

<b>Scénario 1</b>	<b>L'Equipement Meulier est constant : 1 Moulin par famille</b>	<b>TAB.3</b>
<i>Démographie limitée (5 à 9 F) équipement 1 Moulin, Puits partagés (2 ou 3 F)</i>		
<p>A- Selon les données globales (simulation mauve) le site est occupé par 5 à 9 familles si les meules durent 3 ou 5 ans, par 17 familles si une meule dure 10 ans. Ce dernier schéma apparaît moins probable car 17 familles c'est beaucoup au regard du marquage du site par les témoins archéologiques.</p> <p>B- Dans ce contexte à démographie limitée les Puits apparaissent partagés, chacun par 2 à 3 familles</p>		
<p><b>Ce Scénario 1 est tout à fait crédible avec des Meules durant 3 à 5 ans</b> Cependant l'examen par Phase (Scénarios 2 et 3) fait apparaître une source d'improbabilité : l'explosion démographique du LT-D1b- et le nombre élevé d'Unités</p>		
<b>Scénario 2</b>	<b>Equipement constant : 1 Moulin par famille, Meules durant 3 ans</b>	<b>TAB.4</b>
<i>Explosion démographique au LD-D1b- (1 à 14 F) avec passage aux Puits partagés (2 ou 3 F)</i>		
<p>A- Pendant les 2 premières phases (LT-C2 et LT-D1A) la démographie est très faible (1 Famille) mais chacune dispose de 2 à 3 puits.</p> <p>B- Pendant les 2 phases suivantes (LT-D1b), la démographie explose (de 1 à 14 familles) puis régresse (6 Familles). Les puits deviennent partagés entre 2 puis 3 Familles.</p> <p>C- L'explosion démographique n'est guère possible que par un apport massif de population.</p> <p>D- Cet apport devrait logiquement (mais pas obligatoirement) se traduire par l'augmentation des Puits dont le nombre sur le site montre qu'ils n'étaient pas difficiles à réaliser</p>		
<b>Ce scénario 2 est peu probable en raison de l'explosion démographique qu'il suppose</b>		
<b>Scénario 3</b>	<b>Equipement constant : 1 Moulin par famille, Meules durant 5 ans</b>	<b>TAB.5</b>
<i>Explosion démographique au LD-D1b- (2-3 à 24 F) avec passage aux Puits partagés (3 à 5 F)</i>		
<p>A- Pendant les 2 premières phases (LT-C2 et Lt-D1A) la démographie est faible (2 ou 3 Familles) mais chacune dispose de presque 2 puits.</p> <p>B- Pendant les 2 phases suivantes (LT-D1b), la démographie explose (de 2 à 24 familles) puis régresse (10 Familles). Les puits deviennent très partagés, entre 3 à 5 Familles.</p>		
<b>Ce scénario 3 est similaire au scénario 2 et s'expose aux mêmes improbabilités, y compris le nombre encore plus élevé d'Habitats (24)</b>		
<b>Scénario 4</b>	<b>Equipement constant : 1 Moulin par famille, Meules durant 10 ans</b>	<b>TAB.6</b>
<i>Explosion démographique au LT-D1b- (6-3 à 48 F) avec passage aux Puits très partagés (10 F)</i>		
<p>A- Si les meules durent 10 ans, le site est en moyenne occupé par 17 Familles. Les puits sont chacun partagés par 5 Familles.</p> <p>B- Si l'on considère les phases, ce Scénario est le même que les autres : il implique une forte explosion démographique à la période LT-D1b- (de 6 ou 3 Familles à 48 ou 21) avec consécutivement le passage à un fort partage de Puits auparavant répartis par famille.</p>		
<b>Ce scénario 2 est peu probable en raison de l'explosion démographique qu'il suppose et d'un nombre d'Unités très improbable (21 à 48)</b>		

La fenêtre d'observation réalisée sur le site de La Croupe ne pouvant avoir manifestement correspondu à plus d'une dizaine d'unités, voire à seulement 5 ou 6, toutes les simulations liées à une durée de meule de 10 ans se trouvent éliminées ainsi que la plupart de celles correspondant à des meules durant 5 ans car elles impliquent une démographie trop élevée.

En définitive, sur les 33 simulations retenues, l'éventail s'est trouvé limité à quelques 4 à 6 simulations que l'on a dénommées *scénarios* (FIG. 29 et sq.) et que l'on présentera brièvement ci-dessous.

## 6 scénarios plausibles

L'intensité céramique (par structure archéologique ou par phase) ayant été en hausse constante durant l'occupation du site, elle n'a pas pu être prise en compte pour contribuer à l'évaluation du nombre des unités ou de leur variation entre les phases. Le nombre des puits, malgré la complexité de ce paramètre<sup>23</sup>, a pu être impliqué, notamment parce qu'il apparaît assez constant, à l'exception d'une multiplication (puits comblés) lors de la phase principale LT-D1b-, ce qui pourrait refléter une activité particulière. La confrontation entre données meulières et puits fournit des indications intéressantes, en particulier la tendance à l'association de 1 puits par unité.

### Le Scénario 5

L'hypothèse d'un équipement de 1 moulin par famille ne permet finalement de ne retenir qu'un seul scénario. En effet, le scénario 5 (FIG. 29 et 30), basé sur un équipement de 1 Puits par Famille ou par Unité avec progression du taux d'Équipement meulier (de 0,4 ou 0,5 à 5 ou 6 moulins par Unité –en grisé sur la FIG. 29) paraît crédible. Cependant ce scénario n'est envisageable que si les 2 phases LT-D1b correspondent à des activités productives qui impliquent un fort équipement meulier.

Cette mutation fonctionnelle du site trouve un écho favorable dans la reconstruction et la recomposition spatiale qui affectent le site à la phase LT-D1b (Séquence 3 des auteurs – PEYNE 2019, p. 204).

**FIG. 29 – Scénario 5 : simulation de l'Équipement Meulier pour 1 Puits par Unité**

Scénario 5					
	TAB.7	1 PUIITS par FAMILLE		meules	
				5 ans	
site	3	4	2	1	5
LT.C2	8	5	0,5	1	5
LT.D1a	12	3	0,5	1	5
LT.D1b-	18	8	3	1	5
LT.D1b+		2	5	1	5

Scénario 5					
	TAB.8	1 PUIITS par FAMILLE		meules	
				3 ans	
site	3	2	1	3	
LT.C2	5	0,4	1	3	
LT.D1a	14	3	0,4	1	3
LT.D1b-	23	8	2	1	3
LT.D1b+		1	6	1	3

**FIG. 30 – Analyse du Scénario 5**

**Scénario 5** Équipement constant : 1 Puits par famille, Meules durant 3 ou 5 ans **TAB.7 & 8**  
*Pas d'Explosion démographique au LT-D1b- mais Sur-Equipement Meulier (passage à activité productive)*

**A-** Si l'on pose par hypothèse que chaque famille disposait d'un Puits en propre, le phénomène de l'Explosion démographique en Phase LT-D1b- disparaît au profit d'une augmentation crédible (de 3 à 8 Familles). Le nombre d'Unités familiales sur le site devient nettement plus conforme au marquage archéologique observé : il est en effet de 3 ou 4 Familles en moyenne (selon que les Meules durent 3 ou 5 ans) et il atteint 5 et 8 lors des phases plus consistantes (LT-C2 et LT-D1b-).

**B-** Le taux d'Équipement Meulier est intéressant puisqu'il s'établit en moyenne à 2 Moulins par Famille (parties mauves des Tableaux).

**C-** Cependant la large fluctuation du degré d'Équipement Meulier (de 0,4 ou 0,5 à 5 ou 6 Moulins par Familles) et surtout le très fort Équipement des phases LT-D1b (3 et 5 ou 2 et 6 Moulins par familles) rendent peu crédible ce scénario, sauf à supposer le cadre suivant :

- 1- Les Phases LT-D1b correspondent à une activité productive plutôt que domestique, activité qui implique un sur-Equipement Meulier
- 2- Cette activité productive est absente des Phases initiales LT-C2 et LT-D1a qui sont quant à elles caractérisés par un Taux d'Équipement Meulier courant (en l'occurrence 0,4 ou 0,5 Moulin soit 1 Moulin pour 2 Familles)

**Scénario acceptable seulement dans le cas du passage à une Activité Productive au LT-D1b**  
 Noter qu'intervient avec la phase LT-D1b- un changement dans l'organisation spatiale avec reconstruction (PEYNE et al. 2019, p. 204)

<sup>23</sup> Notamment due à la différence pour chaque phase entre puits utilisés / puits comblés / puits nouveaux / puits nouvellement comblés.

## Les Scénarios 6

Les simulations reposant sur un équipement de 1 Moulin par famille s'étant avérées peu probables sinon impossibles à l'exception du scénario particulier n°5, on a donc envisagé d'autres hypothèses et notamment celle d'une éventuelle progression du taux d'Équipement Meulier au cours de la période laténienne depuis la Phase initiale (LT-C2) jusqu'à la Phase finale (LT-D1B+).

Cette hypothèse est justifiée en premier lieu par la difficulté à retenir, comme on l'a vu, des scénarios probables lorsque basés sur la constance du taux Meulier. En second lieu l'hypothèse d'une progression laténienne se justifie par le fait que l'occupation du site de La Croupe (LT-C2 à LT-D1b) correspond à la période, ou à la fin de la période, où le Moulin Rotatif Bas se généralise en Gaule et pénètre profondément le milieu rural.

Cette démarche aboutit à la formulation de la série des scénarios 6.

On a dans ce cadre testé 2 filières de simulations :

- Les scénarios 6.A, associent une progression du Taux d'Équipement en Moulins à un maximum atteint de 1 Moulin par Unité ou Famille. Il s'agit de voir quel est alors le taux d'équipement initial (phase LT-C2) et à quelle période est atteint l'équipement maximal de 1 Moulin par Famille ou Unité.

- Les scénarios 6.B, associent la progression de l'Équipement Meulier à un maximum de 2 Moulins par Famille ou Unité. Ce taux de 2 Moulins par Unité repose sur le constat de la présence récurrente de 2 gabarits, soit 2 moulins (1 « petit » et 1 « gros ») au sein des assemblages meuliers ou des sites d'utilisation. Un Équipement de 2 Moulins par Famille ou par Unité pourrait donc constituer une valeur maximale plafond répondant aux besoins courants d'ordre domestique.

Tout Taux d'Équipement Meulier supérieur renverrait de ce fait à une anomalie, explicable principalement par trois situations :

- la grande taille d'une unité, qui entraîne un plus grand nombre de moulins
- un régime inégalitaire d'accès à la technique meulière rotative, où des unités richement équipées en moulins en cotoyent d'autres qui doivent soit partager un moulin entre plusieurs familles soit se passer de la machine
- enfin une activité particulière qui implique un Équipement Meulier dépassant les standards domestiques ou courants, soit de par le nombre des moulins soit de par une utilisation très intense et une usure plus rapide.

**FIG. 31 – Scénarios 6.A : progression de l'équipement et 1 Moulin par Unité** (colonne en brun : nombre d'Unités ou Familles ; en rouge : nombre de Moulins par Unité ; en vert : nombre de Puits par Unité)

Scénario 6.A n° 1		TAB.9						
LT-D1b- maximum 1 Moulin par Famille				meules STR. / an		DURÉE Puits NVX		
				3 ans				
4 avec réserves	LT-D1b+	30	6	1	0,3	3	1	10
	LT-D1b-	24	14	1	0,5	3	1,5	6
	LT-D1a	14	3	0,4	1	3	1,3	10
	LT-C2	10	3	0,6	1,7	3	0,5	10
moyenne								
Scénario 6.A n° 2				meules STR. / an		DURÉE Puits NVX		
				5 ans				
rejeté	LT-D1b+	27	10	1	0,2	5	1	10
	LT-D1b-	21	24	1	0,3	5	1,5	6
	LT-D1a	12	3	0,5	1	5	1,3	10
	LT-C2	8	5	0,5	1	5	0,5	10
moyenne								

Les versions du Scénario 6 pour des meules durant 3 ou 5 ans (6.A n°1 et 6.A n°2 – FIG.31) sont très similaires. L'occupation débutterait avec un taux d'Équipement de 1 Moulin pour 2 familles (Taux d'Équipement Meulier 0,5) et atteindrait 1 Moulin par Famille lors des phases LT-D1b.

Lors de ces 2 phases plus récentes le nombre d'Unités Familiales de la version en meules d'une durée de 5 ans (6.A n°2) est manifestement trop élevé (24 et 10) :

l'explosion démographique impliquée est improbable et disqualifie cette version à meules de 5 ans. Le nombre d'Unités (14 et 6) est plus vraisemblable dans la version en meules d'une durée de 3 ans (6.A n°1) bien que le total de 14 soit sans doute déjà élevé par rapport au marquage archéologique du sol.

Mais le problème posé par le Scénario 6.A est que les puits, d'individuels lors des 2 phases initiales deviendraient partagés (par 2 ou 3 familles) lors des phases principales suivantes. Cela implique une pression sur les puits qui apparaît contradictoire avec leur caractère nombreux<sup>24</sup> qui dénote une facilité de réalisation et sans doute aussi une durabilité limitée<sup>25</sup>. Or pour arriver à 1 Puits par Unité il faudrait presque doubler leur nombre pour la période principale LT-D1b- (de 8 à 14) ou le tripler pour la période LT-D1b+ (de 2 à 6). Aucune donnée relative au nombre de puits (qui augmente à la période LT-D1b-) ou à leur durée moyenne ne permet de corriger ce déficit en puits pour maintenir une association individuelle à chaque Unité.

Cependant on peut envisager qu'avec la croissance démographique de la phase LT-D1b- la relation aux puits se soit modifiée<sup>26</sup> : en phase de densification, le passage au partage des puits peut ainsi refléter un espace plus contraint où les puits ne pouvaient être multipliés *ad libitum*.

**FIG. 32 – Scénarios 6.B (progression de l'équipement et 2 Moulins par Unité)**

Scénario 6.B n° 1		TAB.10						
LT-D1b- maximum 2 Moulins par Famille		meules			*STR. /an	DURÉE Puits NVX		
		3 ans						
1	LT-D1b+	30	6	1	0,3	3	1	10
	LT-D1b-	23	8	2	1	3	1,5	6
	LT-D1a	15	1	1	3	3	1,3	10
	LT-C2	9	1	1	2,5	3	0,5	10
	moyenne							
variante		meules						
2 inégalitaire ?		n° 2			3 ans			
2	LT-D1b+	30	6	1	0,3	3	1	10
	LT-D1b-	23	8	2	1	3	1,5	6
	LT-D1a	14	3	0,4	1	3	1,3	10
	LT-C2	10	3	0,6	1,7	3	0,5	10
moyenne								
variante		meules						
3 moins probable		n° 3			5 ans			
rejeté	LT-D1b+	27	10	1	0,2	5	1	10
	LT-D1b-	20	12	2	0,7	5	1,5	6
	LT-D1a	21	24	1	0,3	5	1,3	10
	LT-C2	13	2	1	1,5	5	0,5	10
moyenne								
variante		meules						
3 moins probable		n° 4			5 ans			
3	LT-D1b+	27	10	1	0,2	5	1	10
	LT-D1b-	20	12	2	0,7	5	1,5	6
	LT-D1a	12	3	0,5	1	5	1,3	10
	LT-C2	8	5	0,5	1	5	0,5	10
moyenne								

\* Indice des Structures par ar

A l'exception de la version n°3 (meules durant 5 ans) qui se trouve rejetée car les 12 et 24 Unités qu'elles supposent ne peuvent être compatibles avec l'image archéologique du site, les Scénarios de type 6.B (Taux d'Équipement de 2 Moulins par Famille ou Unité) peuvent être retenus. En effet ils impliquent une démographie limitée à 8 ou 12 Unités maximum. La seule des versions avec meule durant 5 qui conserve une certaine probabilité (scénario 6.B n°4) est cependant discutable car elle atteint 12 Unités, ce qui paraît déjà important en regard des vestiges.

En revanche les simulations avec des meules d'une durée de 3 ans sont les plus probables car elles donnent une démographie maximale de 6 et 8 Familles ou Unités. Le scénario 6.B n°1 montre une forte expansion avec la phase LT-D1b- (passage de 1 à

8 Unités) tandis que la progression apparaît plus limitée, et donc plus plausible, avec le scénario 6.B n°2 où les Unités passent de 3 en phase initiale LT-C2 à 8 lors de la phase LT-D1b-.

Deux configurations se présentent à travers ces scénarios 6.B où le Taux d'Équipement Meulier atteint 2 Moulins par Unité ou Famille vers 130/100 aC :

- l'équipement initial est limité (TEM de 0,5 M/U) mais passe rapidement à 2 M/U en phase principale
- l'équipement initial est déjà élevé (1 Moulin par Unité) avant d'atteindre un TEM de 2 Moulins par Unité lors de la phase majeure (LT-D1b-).

Dans les deux cas chaque Unité, ou Famille, dispose d'un puits.

<sup>24</sup> Au total 14 puits sur 120 ans soit une durée de vie moyenne de 8,5 ans, et 2 à 8 puits par phase.

<sup>25</sup> Moyenne de 6 ans en phase LT-D1b- contre 10 ans lors des autres phases (durée d'une phase divisée par le nombre de nouveaux puits comblés lors de cette phase) –cf. Table des Puits en fin de cette Annexe.

<sup>26</sup> On prendra comme exemple de parallèle le fait qu'une petite maison urbaine comprend 1 escalier pour 1 ou 2 étages alors qu'un immeuble en comportera également 1 pour 8 ou 10 étages sinon plus.

## Remarques de synthèse sur les différents Scénarios

**1- Durée des meules :** L'éventualité de Meules durant 10 ans est écartée par les simulations basées sur les données de Blois La Croupe. Les Meules d'une durée de 5 ans aboutissent à des configurations souvent peu crédibles. Les scénarios les plus probables impliquent des **meules d'une durée de 3 ans**.

La Phase finale (LT-D1b+) apparaît déficitaire en puits. Il peut s'agir d'un changement fonctionnel, de l'absence d'1 ou 2 puits placés juste hors des limites fouillées, voire d'une durée (20 ans) surestimée (mais les indicateurs céramiques ne vont pas dans ce sens).

**2- Niveau de l'Équipement Meulier :** Les simulations les plus crédibles font apparaître un **Taux d'Équipement Meulier plutôt élevé : au minimum 0,5 M/U** c'est-à-dire 1 Moulin pour 2 Unités (soit dans un modèle égalitaire le partage de 1 moulin par 2 familles, soit dans un régime inégalitaire 1 famille sur 2 ne disposant pas d'un moulin). Ce Taux d'Équipement Meulier inférieur à 1 caractérise les phases anciennes et démographiquement moins ou peu denses. **Un Équipement de 1 Moulin par Unité est fréquent** tandis que la **probabilité d'un Équipement de 2 Moulins par Famille ou Unité apparaît sérieuse pour la phase LT-D1b-**.

**3- Régime meulier égalitaire ou inégalitaire :** Une double interprétation est toujours possible soit en **mode égalitaire** (par ex. 2 Moulins pour 2 Familles c'est-à-dire 1 Moulin pour chacune avec un Taux d'Équipement de 1, ou 4 Moulins partagés par 8 familles avec un Équipement de 0,5 Moulin) soit en **régime inégalitaire**. Comme les simulations proposent à la fois le nombre de Moulins et le nombre d'Unités ou Familles, les distributions inégalitaires sont assez complexes (voir **FIG.33** : 4 exemples du taux de 2 M/U).

**FIG. 33 – Exemples de répartition inégalitaire du taux d'Équipement Meulier de 2 M/U** (lire exemple 2 : 1 Famille avec 8 Moulins + 2 Familles avec 2 Moulins chacune + 2 Familles avec 1 Moulin chacune et 3 Familles se partageant 2 Moulins soit 0,6 par famille)

### 4- Forte progression de l'Équipement Meulier :

Deux scénarios (6.B -n°4 et 6.A -n°1) se caractérisent par une nette progression de leur Taux d'Équipement Meulier (0,5 à 1 ou 2 Moulins) ainsi que par un maximum démographique de 12 ou 14 Unités Familiales ou Productives avec passage au partage des puits lors de ces maxima (LT-D1b).

Leur démographie apparaît importante en regard des vestiges archéologiques, rendant difficile de retenir la probabilité de ces scénarios.

### 5- Meules de 3 ans, 8 Unités archéologiques et fort Taux d'Équipement :

Une **démographie maximale limitée à 8 Unités**, mieux en adéquation avec les traces archéologiques, rend plus probables 3 scénarios (Scénario 5, Scénario 6.B -n°1 et 6.B -n°2). Les meules durent 3 ans et chaque Unité est dotée d'un puits et le Taux d'Équipement Meulier progresse durant l'occupation laténienne comprise entre LT-C2 et LT-D1b soit environ 120 ans.

Le niveau d'équipement meulier est assez élevé puisque lors de la phase initiale LT-C2 soit chaque Unité ou Famille est dotée de 1 moulin (Scénario 6.B -n°1) soit 1 moulin se trouve partagé entre 2 Familles (Scénario 6.B -n°2).

**TAB. 11**  
lecture EGALITAIRE ou INEGALITAIRE  
du TAUX d'EQUIPEMENT MEULIER

exemples pour un Taux moyen de 2 M / Famille  
16 Moulins / 8 Unités ou Familles

FAMILLE	MOULINS par FAM.	Total MOUL.	rapport à la moyenne	Interprétation possible
<b>ex. 1</b>				
8 F	2 M	16	= 2M / F	EGALITAIRE
<b>ex. 2</b>				
1 F	8 M	8	x 4	INEGALITAIRE inégalité graduelle accentuée 4 rangs écarts 1 à 12
2 F	2 M	4	= 2 M/F	
2 F	1 M	2	: 2	
3 F	0,6 M	2	: 3	
<b>ex. 3</b>				
2 F	4 M	8	x 2	INEGALITAIRE Bi-polarisée modérée à 2 rangs écarts 1 à 4
1 F	3 M	3	x 1,5	
5 F	1 M	5	: 2	
<b>ex. 4</b>				
2 F	7 M	14	x 3,5	INEGALITAIRE Bi-polarisée Forte écarts 1 à 21
6 F	0,3 M	2	: 6	

Ces scénarios 6.B -n°1 et n°2 sont caractérisés par un **Équipement maximal atteignant 2 Moulins par Unité**. Ce taux peut correspondre à une répartition inégalitaire de l'équipement meulier (cf. **FIG.33**) mais il peut traduire tout autant une répartition égalitaire. En effet **l'association de 2 moulins**, d'un gabarit différent (et peut-être à usage différencié), est récurrente sur les assemblages meuliers sinon sur les sites et **pourrait correspondre au standard des besoins domestiques**.

Dans le cadre d'une répartition inégalitaire **certaines Unités pourraient correspondre à une vocation productive** impliquant un plus fort Taux d'Équipement Meulier.

Dans ce cas, les Scénarios 6.B -n°1 et n°2 peuvent rejoindre le Scénario 5 dont le Taux d'Équipement Meulier initialement limité (0,5 M/Unité) devient supérieur à 2 Moulins par Unité pour atteindre 5 ou 6 lors de la Phase LT-D1b : un tel niveau, **à plusieurs moulins par unité**, n'est concevable que dans l'éventualité **d'une mutation vers une activité productive à fort équipement meulier**.

## Conclusions sur l'Équipement Meulier à Blois La Croupe

**Si le site de Blois La Croupe correspondait à un groupement de l'ordre de 10 à 14 Unités** (par exemple familiales - scénarios 6.B -n°4 ou 6.A -n°1), il a connu à travers une occupation d'environ 120 ans une progression de son niveau d'équipement meulier.

En effet lors de la phase initiale LT-C2 deux familles ou unités se partagent un moulin (TEM de 0,5 M/U), ensuite lors des phases LT-D1b l'équipement monte à 1 voire 2 Moulins par Famille ou Unité. La progression est de facteur 4 ou 2 alors que la population augmente elle aussi d'un facteur 4. La rapidité de cette forte progression du Taux d'Équipement Meulier traduit **soit une mutation sociale** (la population de La Croupe devient "meulière") **soit l'arrivée d'une importante population à fort niveau d'équipement meulier**. La densification observable en phase LT-D1b implique le partage des puits auparavant individuels.

**Si en revanche la population de Blois la Croupe était plus limitée, autour de 6 à 8 Unités** au maximum (scénarios 6.B -n°1 et 6.B -n°2 ainsi que scénario 5), le niveau de l'équipement meulier, déjà élevé (TEM 1 M/U) aurait progressé depuis la phase initiale LT-C2 pour atteindre le taux moyen de 2 Moulins par Unité ou Famille lors de la période LT-D1b.

Cette situation à la fois de forte progression (facteur 2 à 4) et de niveau d'équipement élevé (2 Moulins par Famille ou Unité) peut correspondre à 2 configurations socio-économiques :

- soit un **groupe social inégalitaire** où l'équipement en moulin varie fortement (**FIG.33**)
- soit un **groupe social de régime égalitaire** doté d'un fort niveau d'équipement meulier (2 Moulins par Unité)
- soit un **groupe social égalitaire** mais dont le niveau d'équipement meulier serait **différencié, pouvant atteindre 3 à 6 Moulins chez certaines Unités**, tout comme peut le faire un groupe inégalitaire.

Certaines Unités ou Familles dépasseraient alors notablement le taux d'équipement de 2 Moulins par Unité (cf. **FIG.33**). Mais le niveau ainsi très élevé atteint par leur équipement meulier (3 à 6 Moulins par Unité) serait **sans doute sans rapport avec les besoins probables** et ne traduirait donc pas une simple inégalité d'accès au Moulin Rotatif Bas : **cet équipement très élevé aurait ainsi toutes chances de refléter l'existence d'Unités spécialisées dans une activité de transformation faisant appel à plusieurs moulins**. Ainsi, dans le cas d'une répartition inégalitaire ou égalitaire différenciée de l'équipement meulier, les Scénarios 6.B -n°1 et n°2 renverraient tout comme le Scénario 5 à une mutation du site de Blois La Croupe vers une vocation productive de transformation (dite "artisanale") **intervenue à la phase LT-D1b**. Cette hypothèse rejoint les observations des auteurs (PEYNE *et al.* 2019, p. 204) quant à une reconstruction et une réorganisation spatiale à l'occasion de cette phase.

# TABLE des DONNÉES - les 35 Restes Meuliers

99 - BLOIS - La Croupe (PEYNE et al. 2019)																						
ACH I-2020																						
N° ACH	STRUCTURE	Tran Fosse chée	Litho type	N°	CHRONO	NR MRB	NR Coniq.	NR MPL	NR Cuvet.	Beehive	CONV. SERV.	CAT/MET	DIAM.	USURE	CONIÉTITÉ	type Base Metae	CATILLVS à Trémie	Notes				
																			paige	2	1	1
1	F.111	Fosse		228	MIN-024	2	LT-C2	1	1	0	0	0	0	0	CAT	12%	35	> 50%	ca. 16"	1		
2	F.537	Puits		1	MIN-010	4	LT-C2	1	1	0	0	0	0	0	CAT	10%	36	> 50%	ca. 15"	1	à bordure	
3				1	MIN-011	2	LT-C2	1	1	0	0	0	0	0	MET	< 10%						
4				1	MIN-012	2	LT-C2	1	1	0	0	0	0	0	MET	< 10%						
5	F.503	Fosse		241	MIN-021	7	LT-D1a	1	0	1	0	0	0	0	MET?	< 10%	0*					
6	F.624	Tr. Poteau		245	MIN-018	2	LT-D1a	1	0	1	0	0	0	0	MET?	< 10%	0*					
7	F.101	Fosse		250	MIN-015	1	LT-D1b	1	1	0	0	0	0	0	CAT	10%	33	ca. 80%	ca. 15"	1	fianc droit	
8				251	MIN-013	2	LT-D1b	1	1	0	0	0	0	0	CAT	25%	38 & 27.5	faible	ca. 13"		fianc oblique, HOÉ importante	
9				251	MIN-016	2	LT-D1b	1	1	0	0	0	0	0	CAT	< 10%						
10	F.106	Puits		1	MIN-007	2	LT-D1b	1	0	1	0	0	0	0	CAT	12%	33	> 75%	0*	1	Trémie	
11				1	MIN-008	2	LT-D1b	1	0	1	0	0	0	0	MET?	< 10%						
12				1	MIN-009	2	LT-D1b	1	1	0	0	0	0	0	CAT	< 10%						
13	F.507	Fosse		270	MIN-034	2	LT-D1b	1	1	0	0	0	0	0	CAT?	< 10%						
14	F.509	Tr. Poteau		272	MIN-025	1	LT-D1b	1	0	0	1	0	0	0	MET	30%		ca. 50%		2A	Metro concave avec Oeil	
15				1	MIN-026	6	LT-D1b	1	0	1	0	0	0	0	MET?	< 10%						
16	F.515	Tr. Poteau		273	MIN-023	3	LT-D1b	1	1	0	0	0	0	0	MET	15%	40	> 50%	ca. 12"	2A		
17	F.524	Puits		1	MIN-019	5	LT-D1b	1	1	0	0	0	0	0	CAT	12%	ca. 40		ca. 16"	1	à bordure?	
18	F.536	Puits		1	MIN-001	2	LT-D1b	1	1	0	0	0	0	0	CAT	20%		faible		1	épaisse, Trou d'EMM sur Oeil; Beehive (?)	
19				1	MIN-003	1	LT-D1b	1	1	0	0	0	0	0	MET	12%		ca. 50%	> 6"	1?		
20				1	MIN-006	2	LT-D1b	1	1	0	0	0	0	0	MET	20%		ca. 50%		2A?		
21				1	MIN-004	1	LT-D1b	1	1	0	0	0	0	0	MET	25%	38	ca. 50%	ca. 7"	2D	crampon sup Diam 26 = 65% D.	
22				1	MIN-002	1	LT-D1b	1	1	0	0	0	0	0	MET	30%	39	< 30%	ca. 13"	2A	massive, analogue à n° 23	
23				1	MIN-005	1	LT-D1b	1	1	0	0	0	0	0	MET	45%	38	tr. Faible	ca. 15"	2A	massive, cf. n° 22, fracture diamétrale	
24	F.131	Puits		1	MIN-030	1	LT-D1b+	1	1	0	0	0	0	0	MET	27%	37	ca. 30%	ca. 10"	2A	épaisse, Oeil	
25				1	MIN-022	2	LT-D1b+	1	1	0	0	0	0	0	CAT	5%			> 6"	1	à Trémie	
26				1	MIN-028	1	LT-D1b+	1	1	0	0	0	0	0	CAT?	5%			> 6"	1	à Trémie	
27				1	MIN-029	6	LT-D1b+	1	0	1	0	0	0	0	CAT?	7%				0*		
28				1	MIN-027	2	LT-D1b+	1	0	1	0	0	0	0	MET?	3%				0*		
29	F.143	Tr. Poteau		298	MIN-017	2	LT-D1b+	1	0	0	1	0	0	0	?	3%						Meta ? en cuvette avec bordure
30	F.520	Fosse		306	MIN-032	6	LT-D1b+	1	0	0	1	0	0	0	?	3%						
31	F.523	Fosse		307	MIN-033	2	LT-D1b+	1	0	1	0	0	0	0	?	3%						
32	F.129	Clôture		308	MIN-014	1	LT-D1b+	1	1	0	0	0	0	0	CAT	3%						
33	F.526	Puits		1	MIN-020	2	LT-D1b+	1	1	0	0	0	0	0	MET	25%	40	ca. 50%	ca. 20"	2A	à bordure	
34	F.141	Fosse		314	MIN-035	2	LT-D1a?	1	1	0	0	0	0	0	CAT	7%						méplat/gorge distal; Oeil profond
35	F.538	Bâtiment		321	MIN-031	2	LT	1	1	0	0	0	0	0	?	22%	ca. 34					dépaisse
Total				NR	9	2	0	5	19	35	23	9	2	1						8	9	
				%	26%	6%		14%	54%		68%	26%	6%			35				10		
				Fosses	TR.POT	Puits										29%						

# TABLE des DONNÉES - Restes Céramiques par Phases

99 - BLOIS - La Croupe (PEYNE et al. 2019)				ACH I-2020															
N°	NR	NR	Type	N°	NR	NR	Type	N°	NR	NR	Type	N°	NR	NR	Type	N°	NR	NR	Type
STRUCTUR	CERAM	MRB	STRUCT.	STRUCTUR	CERAM	MRB	STRUCT.	STRUCTUR	CERAM	MRB	STRUCT.	STRUCTUR	CERAM	MRB	STRUCT.	STRUCTUR	CERAM	MRB	STRUCT.
<b>LT - C2</b>				<b>LT-D1a</b>				<b>LT-D1b-</b>				<b>LT-D1b-</b>				<b>LT-D1b+</b>			
F.606	134		Fosse	F.102	61		Trou POT.	F.101	519	3	Tranchée	F.601	103		Trou POT.	F.131	1575	5	Puits
F.111	431	1	Fosse	F.125	71		Trou POT.	F.106	412	3	Puits	F.607	139		Fosse	F.131	1		Puits
F.124	84		Trou POT.	F.204	46		Tranchée	F.118	689		Fosse	F.623	142		Puits	F.181	195		Trou POT.
F.219	14		Fosse	F.106	174		Puits	F.120	113		Trou POT.	F.108	138		Tranchée	F.137	1651		Fosse
F.505	30		Trou POT.	F.156	338		Trou POT.	F.127	58		Puits	F.107	128		Tranchée	F.143	108	1	Trou POT.
F.134	103		Puits	F.208	169		Fosse	F.134	846		Puits	F.610	28		Tranchée	F.150	476		Fosse
F.514	38		Puits	F.506	97		Fosse	F.134	271		Puits	F.637	3		Tranchée	F.160	405		Fosse
F.527	24		Puits	F.209	687		Fosse	F.139	1282		Fosse	F.253	6		Tranchée	F.174-175	967		Fosse
F.529	15		Platinem.	F.503	228	1	Fosse	F.130	38		Trou POT.	F.612	82		Tranchée	F.512	350		Fosse
F.533	28		Trou POT.	F.508	346		Silo	F.140	100		Fosse	F.105	243		Tranchée	F.202	155		Fosse
F.625	26		Trou POT.	F.535	95		Trou POT.	F.144	149		Fosse	F.123	101		Tranchée	F.180	321		INDET
F.537	141	3	Puits	F.616	175		Fosse	F.146	90		Trou POT.	F.223	410		Tranchée	F.520	267	1	Fosse
F.634	101		Puits	F.511	201		Puits	F.147	8		Puits	F.224	190		Tranchée	F.523	1196	1	Fosse
F.643	96		Tranchée	F.527	34		Puits	F.170	105		Trou POT.	F.613	82		Tranchée	F.129	16	1	Tranchée
F.696	39		Fosse	F.624	40	1	Trou POT.	F.151	103		Four	F.114	61		Tranchée	F.526	580	1	Puits
F.697	8		Fosse	F.630	50		Trou POT.	F.209	796		Fosse	F.115	31		Tranchée	F.542	339		Trou POT.
F.698	22		Fosse	F.642	240		Tranchée	F.507	136	1	Fosse	F.103	65		Tranchée	F.132	75		Tranchée
F.109	89		Tranchée	F.650	40		Fosse	F.510	717		Trou POT.	F.113	13		Tranchée	F.133	285		Tranchée
F.126	31		Tranchée	F.226	25		Trou POT.	F.623	38		Puits	F.145	17		Tranchée	F.135	4		Tranchée
F.128	37		Tranchée	F.225	24		Trou POT.	F.509	366	2	Trou POT.	F.152	4		Tranchée				
F.148	20		Tranchée	F.522	36		Tranchée	F.515	317	1	Trou POT.	20 STRC. 8970 10							
F.157	41		Tranchée	F.554	36		Tranchée	F.514	140		Puits	MRB / STR = 0,50							
F.159	31		Tranchée	F.562	73		Tranchée	F.524	651	1	Puits	1 MRB / 2,0 STR.							
F.647	31		Tranchée	F.620	3		Tranchée	F.525	462		Fosse	MRB/1000 CERAM. 1,11							
F.649	11		Tranchée	F.636	28		Tranchée	F.536	48	6	Puits	<b>Total LT-D1b</b>							
25 STRC. 1625 4				26 STRC. 3324 2				17				45 STRC. 10542 17				STRUCTURES 64 CERAM. 19512			
MRB / STR = 0,16				MRB / STR = 0,08				MRB / STR = 0,38				MRB / STR = 0,42				MEULES 27 soit 1 MR /			
1 MRB / 6,25 STR.				1 MRB / 13,0 STR.				1 MRB / 2,6 STR.				1 MRB / 2,0 STR.				MRB / STR = 0,42			
<b>LT - C2</b>				<b>LT-D1a</b>				<b>LT-D1b-</b>				<b>LT-D1b-</b>				<b>LT-D1b+</b>			
MRB/1000 CERAM. 2,46				MRB/1000 CERAM. 0,60				MRB/1000 CERAM. 1,61				MRB/1000 CERAM. 1,38				MRB/1000 CERAM. 1,38			
Total STRUCTURES = 152				MRB / STR = 0,23				Total CÉRAMIQUES = 25706				MRB / 1000 CERAMIQ. 1,36				Total			
Total MRB = 35				soit 1 MRB / 4,34 STRUCT.				Total MRB = 35								STRUCTURES 4 CERAM. 415			
Total STR. avec MRB = 19				1,84 MRB / Structure avec MRB												MEULES 1 soit 1 MR /			
																MRB / STR = 0,25			
																4 STR.			

99 - BLOIS - La Croupe (PEYNE et al. 2019)											
N°	NR	NR	Type	N°	NR	NR	Type	N°	NR	NR	Type
STRUCTUR	CERAM	MRB	STRUCT.	STRUCTUR	CERAM	MRB	STRUCT.	STRUCTUR	CERAM	MRB	STRUCT.
<b>LT-Indet.</b>				<b>LT-Indet.</b>				<b>LT - C2/D1a?</b>			
F.149	21		Four	F.699	5		Platinem.	F.142	92	0	Trou POT.
F.166	18		Fosse	F.104	43		Tranchée	F.211-214	161	0	SEPULT
F.169	9		Trou POT.	F.121	47		Tranchée	F.211-214	64	0	SEPULT
F.186	12		Platinem.	F.122	4		Tranchée	3	317		
F.188	9		Fosse	F.190	73		Tranchée	<b>LT-D1a?</b>			
F.205	136		Tranchée	F.516	37		Tranchée	F.141	98	1	Fosse
F.239	1		INDET.	F.517	37		Tranchée	lame de fer ca. 32,65 cm = pied 7 (dorique)			
F.218	30		Fosse	F.538	8	1	Tranchée				
F.229	61		Fosse	254 1							
F.237	1		Fosse								
F.513	33		Fosse								
F.508	24		Fosse								
F.518	16		Trou POT.								
F.530	6		Platinem.								
F.543	2		Platinem.								
F.545	8		Platinem.								
F.573	24		Trou POT.								
F.603	33		Trou POT.								
F.604	37		Trou POT.								
F.617	1		Trou POT.								
F.630	50		Trou POT.								
F.634	20		Puits								
F.652	23		Trou POT.								
F.655	1		Trou POT.								
576											
				<b>total LT-Indet.</b>				<b>Total</b>			
				STRUCTURES 32 CERAM. 830				STRUCTURES 4 CERAM. 415			
				MEULES 1 soit 1 MR /				MEULES 1 soit 1 MR /			
				MRB / STR = 0,03				MRB / STR = 0,25			
				MRB/1000 CERAM. 1,20				MRB/1000 CERAM. 2,41			

# SIMULATIONS du TAUX d'EQUIPEMENT MEULIER p.1

EQUIPEMENT MEULIER du site de BLOIS La Croupe									
A. CHARTRAIN									
TAB.1									
EQUIPEMENT MEULIER de BLOIS La Croupe									
<b>Total SITE</b>		<b>Total SITE</b>		<b>Total SITE</b>		<b>Total SITE</b>		<b>Total SITE</b>	
Total EQUIVAL- MEULE	Taux de RECOUVR. MOULINS	Durée d' OCCUPATION (ans)	Total MOULINS par an	COEFF. RENOUVE L-LEMENT	Longéité MOULIN	QUOTIEN T. MEULIER	UNITE'S DOMESTIQ.	Taux d'EQUIPEMENT MEULIER * M. par U. arrondi	UNITE'S par PUIT
4,18	2,09 1%	209	1,74	24	5	8,71	3	0,97	2,6
		209	1,74	24	5	8,71	17	0,51	4,9
		209	1,74	24	5	8,71	4	2,18	1,1
		209	1,74	40	3	5,23	5	1,05	1,4
		209	1,74	40	3	5,23	10	0,52	2,9
		209	1,74	40	3	5,23	20	0,26	5,7
		209	1,74	12	10	17,42	17	1,02	4,9
		2090	17,42	24	5	87,08	87	1,00	24,9
		2090	17,42	24	5	87,08	40	2,18	11,4
		2090	17,42	24	5	87,08	20	4,35	5,7
		2090	17,42	24	5	87,08	175	0,50	50
Phase LT-C2									
Total EQUIVAL- MEULE	Taux de RECOUVR. MOULINS	Durée d' OCCUPATION (ans)	Total MOULINS par an	COEFF. RENOUVE L-LEMENT	Longéité MOULIN	QUOTIEN T. MEULIER	UNITE'S DOMESTIQ.	Taux d'EQUIPEMENT MEULIER * M. par U. arrondi	UNITE'S par PUIT
36%	0,18 1%	30	0,60	8	5	3,0	3	1,00	0,6
30%	0,18 1%	30	0,60	6	5	3,0	2	0,60	1,0
		30	0,60	10	3	1,8	2	0,90	0,4
		30	0,60	10	3	1,8	3	0,60	0,6
		30	0,60	10	3	1,8	5	0,36	1,0
		30	0,60	3	10	6,0	7	0,86	1,4
Phase LT-D1a									
Total EQUIVAL- MEULE	Taux de RECOUVR. MOULINS	Durée d' OCCUPATION (ans)	Total MOULINS par an	COEFF. RENOUVE L-LEMENT	Longéité MOULIN	QUOTIEN T. MEULIER	UNITE'S DOMESTIQ.	Taux d'EQUIPEMENT MEULIER * M. par U. arrondi	UNITE'S par PUIT
14%	0,14 0,07	7	0,35	4,0	5	1,8	3	0,58	1,0
		7	0,35	4,0	5	1,8	2	0,88	0,7
		7	0,35	6,7	3	1,1	3	0,35	1,0
		7	0,35	6,7	3	1,1	1	1,05	0,33
		7	0,35	2,0	10	3,5	3	1,17	1,0

Total SITE		Equipement Meules		Equipement Puits		Evaluation empirique		COUPE	
Coef. n°	Unités	Equipement Meules	Equipement Puits	Equipement Meules	Equipement Puits	Force d'équipement	Force démographique, fabric Equip.	Force d'équipement	Force démographique, fabric Equip.
1	9 Familles	1 Moulin par famille	2,5 Familles par Puits	1 Moulin par famille	2,5 Familles par Puits	bon degré d'équipement	17F-0,3M-0,2P	bon degré d'équipement	17F-0,3M-0,2P
2	17 Familles	2 Familles par Moulin	5 Familles par Puits	2 Familles par famille	5 Familles par Puits	Fort degré d'équipement	4F-2M-1P	Fort degré d'équipement	4F-2M-1P
3	4 Familles	1 Moulin par famille	2 Familles par Puits	1 Moulin par famille	2 Familles par Puits	bon degré d'équipement	5F-1M-0,7P	bon degré d'équipement	5F-1M-0,7P
4	5 Familles	1 Moulin par famille	3 Familles par Puits	1 Moulin par famille	3 Familles par Puits	partage Moulin, partage Puits	10F-0,5M-0,3P	partage Moulin, partage Puits	10F-0,5M-0,3P
5	10 Familles	2 Familles par Moulin	5 Familles par Puits	2 Familles par famille	5 Familles par Puits	bon Equipement, partage Puits	17F-1M-0,2P	bon Equipement, partage Puits	17F-1M-0,2P
6	17 Familles	1 Moulin par famille	2 Puits par famille	1 Moulin par famille	2 Puits par famille	Fort degré d'équipement	3F-1M-1,7P	Fort degré d'équipement	3F-1M-1,7P
7	3 Familles	1 Moulin par famille	1 Famille par Puits	1 Moulin par famille	1 Famille par Puits	Bon Equip., partage Moulin	5F-0,5M-1P	Bon Equip., partage Moulin	5F-0,5M-1P
8	3 Familles	2 Familles par Moulin	2,5 Puits par famille	2 Familles par famille	2,5 Puits par famille	Bon Equip., pas de partage	1F-1M-0,5P	Bon Equip., pas de partage	1F-1M-0,5P
9	2 Familles	1 Moulin par famille	2 Puits par famille	1 Moulin par famille	2 Puits par famille	peu de Puits	3F-0,6M-1,7P	peu de Puits	3F-0,6M-1,7P
10	3 Familles	2 Familles par Moulin	1,2 Famille par Puits	2 Familles par famille	1,2 Famille par Puits	bon degré d'équip., pas de partage	6F-1M-0,8P	bon degré d'équip., pas de partage	6F-1M-0,8P
11	6 Familles	1 Moulin par famille	1,2 Famille par Puits	1 Moulin par famille	1,2 Famille par Puits				

1- Simulations pour l'ensemble du site :  
 taux de Recouvrement à 1/100 et à 1/1000 , Nombre de Moulins, Durée des Meules, Quotient Meulier, Taux d'Equipement Meulier, Equipement en Puits (cas retenus : n° 1 à 6)

2- Simulations par Phases :  
 LT-C2 et LT-D1a  
 (cas retenus : n° 7 à 11 et 12 à 16)

page suivante : Simulations des Phases LT-D1b

## 3- Simulations des Phases LT-D1b

(cas retenus : n° 17 à 26 et 27 à 33)

Phase LT-D1b-										Phase LT-D1b+													
Total		EQUIVAL-MEULE		Taux de RECOUVR.		Total		Duree d'OCCUPATION		Total		COEFF. RENOUVE		Longevité MOULIN		QUOTIEN T. MEULIER		Taux d'EQUIPEMENT MEULIER		UNITES DOMESTIQ.		UNITES par Puits	
CONSERVE	MEULE	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	M. par Ut.	arrondi	de Puits	par Puits
791%	2,91	1,46	1%	145,5	30	4,85	5,0	24,3	5	24,3	8	8,08	8,11	3	0,4	17	3 Familles	8 Moulins	par Famille	2,5 Puits	par Famille	3F-IM-2,0P	sur-Equipement = impossible
				145,5	30	4,85	5,0	24,3	5	24,3	5	3,03	3,0	8	1	18	8 Familles	3 Moulins	par Famille	1 Famille	par Puits	8F-IM-3,0P	très fort Equipement
				145,5	30	4,85	5,0	24,3	5	24,3	5	4,85	4,9	5	0,6	19	5 Familles	5 Moulins	par Famille	2 Puits	par Famille	5F-IM-3,0P	sur-Equipement = impossible
				145,5	30	4,85	5,0	24,3	5	24,3	12	2,02	2	1,5	20	12 Familles	2 Moulins	par Famille	1,5 Famille	par Puits	12F-2M-0,7P	bon Equip. dans le contexte démo.	
				145,5	30	4,85	5,0	24,3	5	24,3	24	1,01	1	3	21	24 Familles	1 Moulin	par Famille	3 Familles	par Puits	24F-1M-0,3P	forte démogr. Bon Equip.M., partage P.	
				145,5	30	4,85	10,0	14,6	3	14,6	5	2,91	2,9	0,6	22	5 Familles	3 Moulins	par Famille	2 Puits	par Famille	5F-3M-2P	sur-Equipement : peu probable	
				145,5	30	4,85	10,0	14,6	3	14,6	8	1,82	2	1	23	8 Familles	2 Moulins	par Famille	1 Famille	par Puits	8F-2M-3P	Fort Esgré d'Equipement	
				145,5	30	4,85	10,0	14,6	3	14,6	14	1,04	1	1,8	24	14 Familles	1 Moulin	par Famille	2 Familles	par Puits	14F-1M-0,5P	bon Equip. dans le contexte démo.	
				145,5	30	4,85	3,0	46,5	10	46,5	24	2,02	2	3	25	24 Familles	2 Moulins	par Famille	3 Familles	par Puits	24F-2M-0,3P	forte Démogr. bon Equip., partage Puits	
				145,5	30	4,85	3,0	46,5	10	46,5	48	1,01	1	6	26	48 Familles	1 Moulin	par Famille	6 Familles	par Puits	48F-1M-0,1P	forte démogr. Bon Equip.M., fort part.P.	
Phase LT-D1b-										Phase LT-D1b+													
Total		EQUIVAL-MEULE		Taux de RECOUVR.		Total		Duree d'OCCUPATION		Total		COEFF. RENOUVE		Longevité MOULIN		QUOTIEN T. MEULIER		Taux d'EQUIPEMENT MEULIER		UNITES DOMESTIQ.		UNITES par Puits	
CONSERVE	MEULE	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	MEULES	MOLLINS	M. par Ut.	arrondi	de Puits	par Puits
84%	0,84	0,42	1%	42	20	2,10	4,0	10,5	5	10,5	10	1,05	1	5	27	10 Familles	1 Moulin	par Famille	5 Familles	par Puits	10F-1M-0,2P	bon Equipement, fort Partage Puits	
				42	20	2,10	4,0	10,5	5	10,5	15	0,70	0,77	7,5	28	15 Familles	1,5 famille	par Moulin	7 Familles	par Puits	15F-0,7M-0,1P	faible Equipement et fort Partage	
				42	20	2,10	4,0	10,5	5	10,5	20	0,53	0,5	10	29	20 Familles	2 familles	par Moulin	10 Familles	par Puits	20F-0,3M-0,1P	faible Equipem., + très fort Partage	
				42	20	2,10	6,7	6,8	3	6,8	6	1,05	1	3	30	6 Familles	1 Moulin	par Famille	3 Familles	par Puits	6F-1M-0,3P	bon Equipement, Partage des Puits	
				42	20	2,10	6,7	6,8	3	6,8	10	0,63	0,6	5	31	10 Familles	2 familles	par Moulin	5 Familles	par Puits	10F-0,6M-0,2P	faible Equipement et fort Partage	
				42	20	2,10	6,7	6,8	3	6,8	20	0,32	0,3	10	32	20 Familles	3 familles	par Moulin	10 Familles	par Puits	20F-0,3M-0,1P	faible Equipem., + très fort Partage	
				42	20	2,10	2,0	21,0	10	21,0	21	1,00	1	10,5	33	21 Familles	1 Moulin	par Famille	10 Familles	par Puits	21F-1M-0,1P	bon Equipement, fort Partage Puits	

données entrées      Paramètre à VARIER  
 4,18      données calculées      Donnée FINALE

# TABLES des PUITTS

A. CHARTRAIN II-2020

**BLOIS La Croupe - PUITTS**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
LT-C2 NR CERAM NR MRB				F.134 103			F.514 38		F.527 24	F.537 141			F.634 101	5 Puits 407
LT-D1a NR CERAM NR MRB	F.106 174					F.511 201			F.527 34					3 Puits 409
LT-D1b- NR CERAM NR MRB	F.106 412	F.127 58		F.134 1117	F.147 8		F.514 140	F.524 651	F.536 48				F.623 180	8 Puits 2614
LT-D1b+ NR CERAM NR MRB			F.131 1576					F.526 580						2 Puits 2156
LT-Indet. NR CERAM NR MRB													F.634 20	1 Puits 20

Total PUITTS 14 / 152 faits  
Total CÉRAMIQUE PUITTS 5606 = 400/Puits  
Total MEULES PUITTS 19 = 1,3/Puits  
PUITTS sans MEULES 8 57%

Nombre moyen de PUITTS par PHASE 3,5

ratio MRB / 1000 CERAM 7,3      3,2      1,5      1,7      125      21,3

Période	DURÉE	PUITTS		comblés antérieur rement	Nou- veaux PUITTS	CERAMIQUE			STRUCTURES				
		DURÉE	Indice			par AN	Index	par STRUC- TURE	Total	Index	STRUCT. / AN		
LT-C2	50	5	2,5	0	5	1 625	1	33	1	65	25	1	0,5
LT-D1a	20	3	1,5	1	2	3 324	2	166	5	128	26	2	1,3
LT-D1b-	30	8	4	3	5	10 542	6,5	351	11	234	45	2	1,5
LT-D1b+	20	2	1	0	2	8 970	5,5	449	14	449	20	1	1

Période	DURÉE	PUITTS		DURÉE	moye nne	CERAM des Puits			CERAM des Puits NOUVEAUX					
		DURÉE	Indice			% Total Période	Total	Index	par an	% Total Période	Total	Index	par an	
LT-C2	50	5	10 ans	2,7	10 ans	1,7	407	25%	81	1	8	407	25%	81
LT-D1a	20	3	6,7 ans	1,8	10 ans	1,7	409	12%	136	2	20	375	11%	188
LT-D1b-	30	8	3,7 ans	1	6 ans	1	2 614	25%	327	4	87	945	9%	189
LT-D1b+	20	2	10 ans	2,7	10 ans	1,7	2 156	24%	1078	13	108	2156	24%	1078

# ANNEXE n° 15

## Echantillon de 30 meules hydrauliques

*En plusieurs endroits de ce travail on a dû aborder la question des meules à entraînement hydraulique, par exemple à propos des grands diamètres (CHAP. 20) ou des conicités les plus fortes des Meules Rotatives Basses ou de la zone de conicité 31° (CHAP. 21).*

*On a donc cherché à constituer un échantillon de référence minimal. Réuni avant la parution, à mi- 2016, des actes du Colloque de Lons-le-Saunier ce corpus est limité à 30 meules.*

*Leur caractère hydraulique est tantôt avéré en raison de leur découverte dans les vestiges d'un moulin (Hagendron), soit sur un site de meunerie hydraulique (Barbegal. Tantôt le caractère hydraulique est probable en raison de la typologie des meules, bien que cela ne constitue pas à ce jour une preuve. L'attribution à Barbegal de certaines meules du Musée d'Arles mériterait confirmation, par étude des archives et comparaison avec celles qui se trouvent sur place (rens. Ph. Leveau).*

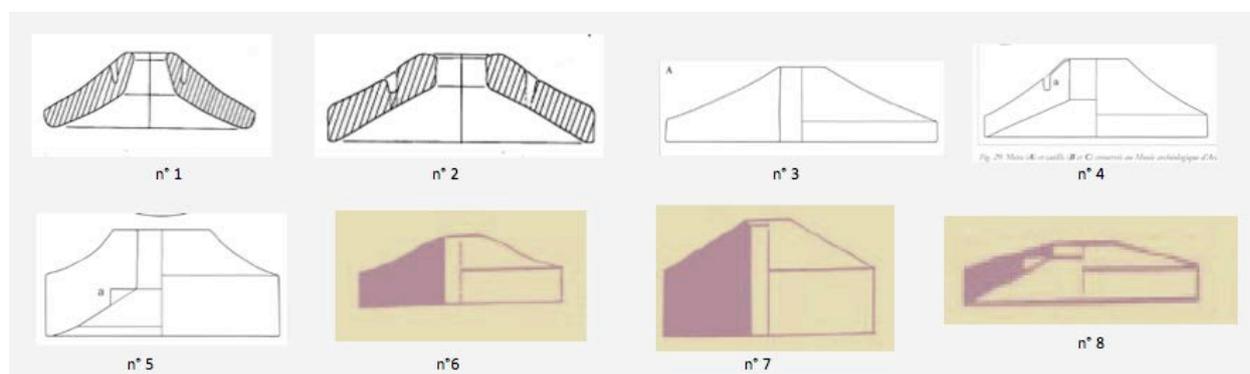
*Naturellement, ce corpus très limité mériterait d'être complété dans le cadre d'un recensement systématique des meules antiques trouvées en contexte de moulins hydrauliques, travail qui reste à entreprendre et que nous avons esquissé en recherchant si des meules dites « manuelles » étaient plus ou moins régulièrement attestées sur les sites hydrauliques.*

*Cette ANNEXE met ce corpus à disposition des lecteurs à travers une table (A) présentant caractéristiques et références, à travers (B) une série de dessins « bruts de source », enfin à travers (C) un histogramme des pentes de ces meules. Nous y avons ajouté (D) la table explorant la présence de Meules Rotatives Basses (MRB) sur les sites de roues et moulins hydrauliques.*

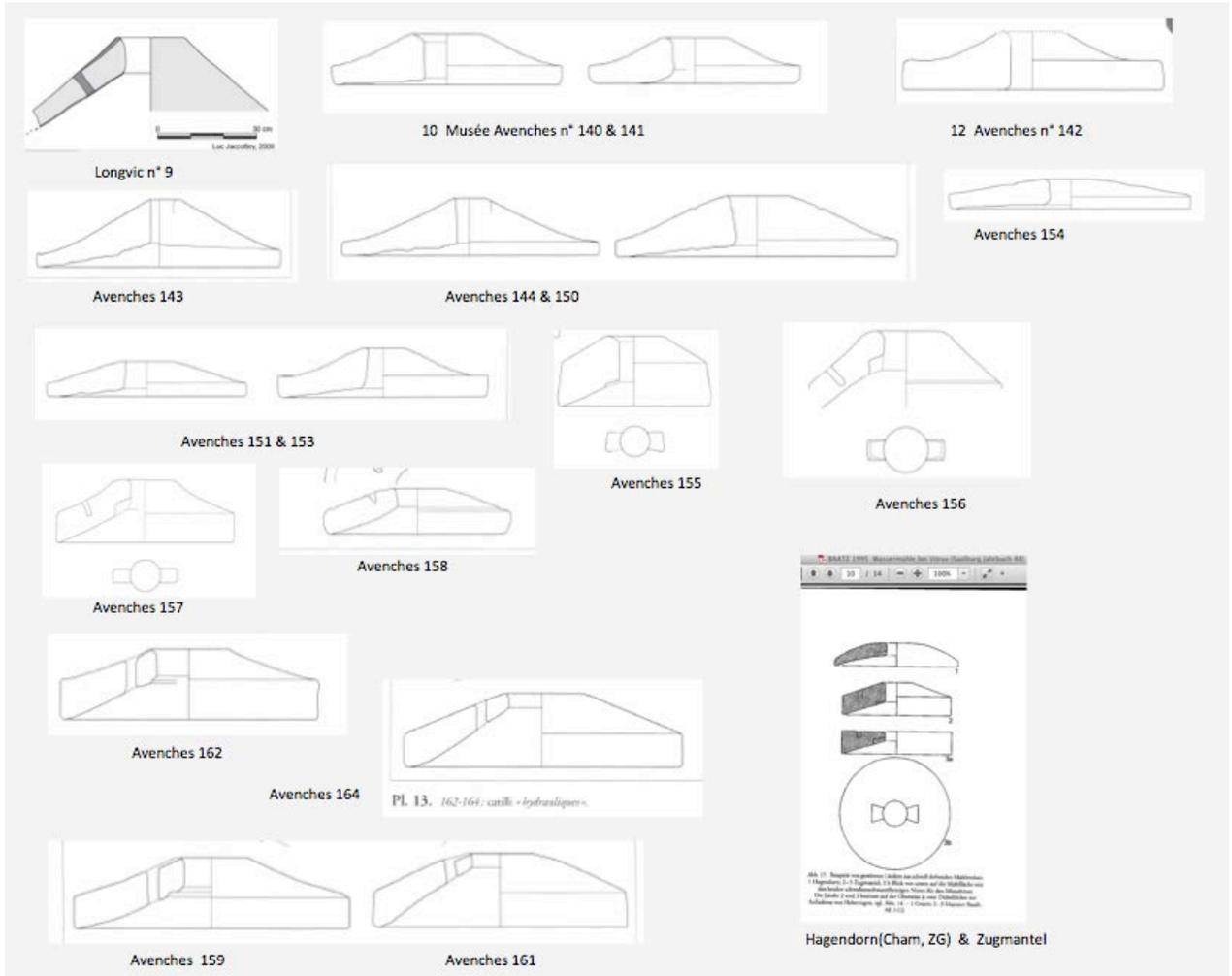
## A- TABLE des 30 MEULES à caractère HYDRAULIQUE avéré ou probable

CONICITÉ des MEULES HYDRAULIQUES							
N°	REF. MEULE	META	CATILLVS	ANGLE (°)	Notes Angle	D / H	Notes
<b>BARBEGAL &amp; ARLES</b>							
1	LEVEAU 2006		AMOURIC 2	30 & 40°	inflexion double	275%	
2			AMOURIC 1	25 & 30°	inflexion double légère	298%	
<b>CASTELLA</b>							
3	ANDERSON 2004	Meta A FIG.29		23 & 30°	inflexion double	350%	
4			Cat. B FIG.29	30 & 45°	inflexion double	285%	
5			Cat. C FIG.29	25 à 55°	inflex. double, incurvé	221%	massif, anille p.dessous
6	Dossier	Meta		18 & 30°	inflexion double	285%	
7	Meunerie	Meta		30°		179%	massive pleine; HFL 57% H
8			Catillus	17°		272%	bas, Anille par Dessous, Œil large
				HFL = 69% H	D.OE = 36% D		D.Anille = 59% D
9	<b>LONGVIC 2010</b>		Catillus	30°	-	-	JACCOTTEY 2008
<b>Musée AVENCHES -ANDERSON et al. 2004</b>							
10	n° 140	Meta		20 & 28°		465%	
11	n° 141	Meta		30°		472%	
12	n° 142	Meta		30°		458%	
13	n° 143	Meta		30°		368%	
14	n° 144	Meta		20 & 30°		454%	
15	n° 150	Meta		27°		477%	
16	n° 151	Meta		19°		419%	
17	n° 153	Meta		25°		281%	
18	n° 154	Meta		10°		835%	archi-usée, galette
19	n° 155	HFL = 61% H	Catillus	25°	D.Anille = 38% D	222%	massive; Anille p. Dessous
20	n° 156		Catillus	40 & 30°	inflexion double 1/3 sup	-	type Longvic; Anille p. Dessous
21	n° 157		Catillus	27°	D.Anille = 33% D	33%	épaisse; Anille p. Dessous
22	n° 158		Catillus	20°		417%	
23	n° 159		Catillus	15 & 25°	D.Anille = 31% D	400%	Anille par Dessous
24	n° 161		Catillus	35°		354%	
25	n° 162		Catillus	25°		351%	
26	n° 164		Catillus	30 & 35°	légère double inflexion	388%	
<b>LATTES - Port Ariane</b>							
27	Diam. 85,5 cm	Meta		32°		372%	
<b>HAGENDORN &amp; ZUGMANTEL</b>							
28	BAATZ 1995	Hagendorn	Catillus	10-12°	assez courbe	515%	Granite
29		Zugmantel 2	Catillus	27°	D.Anille = 37% D	332%	Lave Mayen; Anille p.Dessous
30		Zugmantel 3a	Catillus	27°	D.Anille = 42% D	335%	Lave Mayen; Anille p.Dessous
		13 Metae	17 Catilli	conicité faible			

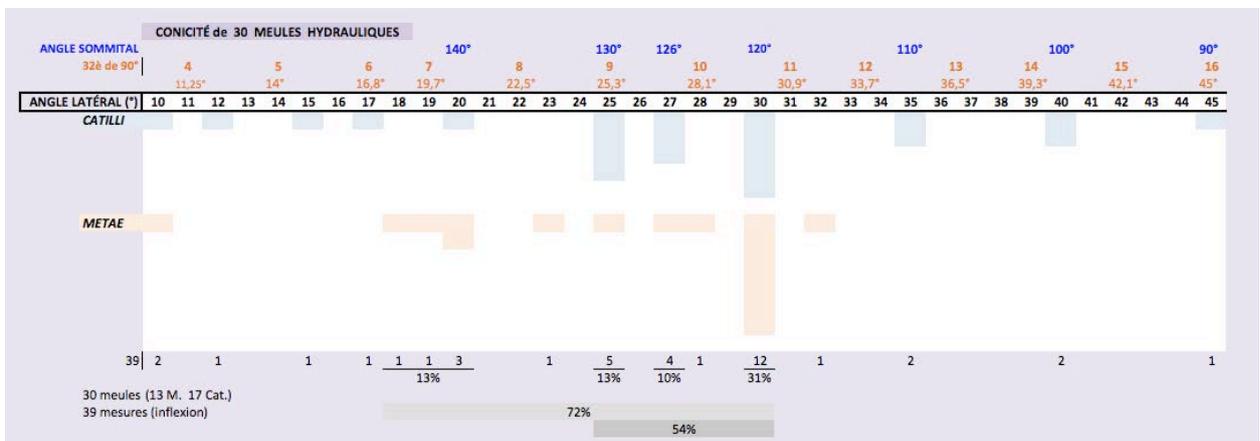
## B- Meules de Barbegal & Musée d'Arles



## B- Autres Meules Hydrauliques avérées ou probables



## C- Conicité des Meules à caractère HYDRAULIQUE



## D- TABLE des Meules Rotatives Basses et Meules de faible gabarit (< 2,5 pieds) trouvées sur les sites de découverte de Moulins Hydrauliques

### Partie 1

Meules en contexte de Moulins Hydrauliques (ANTIQUITÉ)						
source: JACCOTTEY, ROLLIER 2016						
NOM	REF.	Q. MEULES	Q.MRB	DIAM	Gabarit	Pied
1 ART sur MEURTHE	DEFRESSIGNES et al. 2016, p. 75	-	++ (LT.D1-D2)	-	-	-
2 RODERSDORF	HARB 2016, p.91	2+	1 D. 44	D. 44	1,5 pied	24 DGT 29,33
3 VANNES	BERNARD et al. 2016, p.99	8 D.56-58-61,5- 62-65-69		D. 56	2 pieds	32 DGT 28,0
				D.58	2 pieds	32 DGT 29,0
				D.62	2,25 pieds	36 DGT 27,56
				D.65	2,25 pieds	36 DGT 28,89
				D.69	2,5 pieds	38 DGT 27,37 40 DGT 27,60
4 EN CHAPLIX	BLANC, CASTELLA 2016, p.119	ca. 20 D.60 à 73		D. 60	2 pieds	32 DGT 30,0 34 DGT 28,24
					2,25 pieds	36 DGT 26,67
				D.73	2,5 pieds	40 DGT 29,20 42 DGT 27,81
5 Les TOURBIERES	BLANC, CASTELLA 2016, p.119	ca. 20 D.61 à 77		D. 61	2 pieds	32 DGT 30,50
				D. 61		34 DGT 28,71
				D. 77	2,5 pieds	40 DGT 30,80
				D. 77		42 DGT 29,33
				D. 77	2,75 pieds	44 DGT 28,0
6 LYON Dr Horand	BELLON et al. 2016, p.137	+ 7 D.54-64-80-87	1 D.37	D.37	1,25 pied	20 DGT 29,60 22 DGT 26,91
				D. 54	1,75 pied	28 DGT 30,86 30 DGT 28,80
					2 pieds	32 DGT 27,0
				D. 64	2,25 pieds	36 DGT 28,44 34 DGT 30,12
				D.80	3 pieds	48 DGT 26,67 46 DGT 27,83
					2,75 pieds	44 DGT 29,09 42 DGT 30,48
7 CHAMPLITTE	HERVÉ et al. 2016, p.149	4 D.75-76-75-76		D.75	2,75 pieds	44 DGT 27,27 42 DGT 28,57
					2,5 pieds	40 DGT 30,0
				D.76	2,75 pieds	44 DGT 27,64 42 DGT 28,95
					2,5 pieds	40 DGT 30,40
8 VICHY	TROUBAT 2016, p.161	7 D.60-67-70- 87-87		D. 60	2 pieds	32 DGT 30,0 34 DGT 28,24
				D.67	2,5 pieds	40 DGT 26,8 38 DGT 28,21

Partie 2 en page suivante



# ANNEXE n° 16

## Les *Catilli* sans Trémie (*Flat Topped* ou *Hopperless*) & l'apparition du Modèle Continental



**FIG.1** *Catillus* sans trémie, à plan supérieur plat (Dépôt archéologique Carcassonne, n°8)

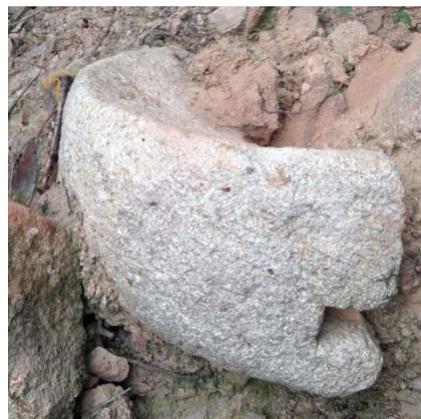
On souhaite dans cette Annexe présenter rapidement un type de *Catillus* qui mériterait une meilleure individualisation en Gaule<sup>1</sup>. Pourtant il pourrait constituer l'un des marqueurs de ce que nous inclinons à considérer comme une **mutation molinologique intervenue en zone Est-Pyrénéenne** aux alentours du IV<sup>e</sup> s. (cf. **CHAP.10 – Le Diamètre, §.15**), à savoir l'abandon des modèles de la Période molino-logique Ancienne (V-IV<sup>e</sup> s. ac) et la convergence des fabrications vers un « **modèle continental** » qui va se généraliser.

---

<sup>1</sup> Suite à sa thèse qui a élargi le corpus disponible en zone languedocienne, Samuel Longepierre a émis d'intéressantes remarques sur ce type (LONGEPIERRE 2014 dans la *Revue Archéologique de Ponent*, 24, notamment p. 291-292 ou 294) ; la face supérieure

**FIG.2 *Catillus* du Modèle Continental  
- atelier du Chaudry (Fr. Cher)**

Ce modèle continental<sup>2</sup> (FIG.2), est caractérisé par la présence systématique d'une Trémie, laquelle plus qu'un rôle dans le circuit des denrées soumises au moulin pourrait principalement répondre à des nécessités mécaniques (sans doute répartition des masses et réduction des tendances à l'oscillation).

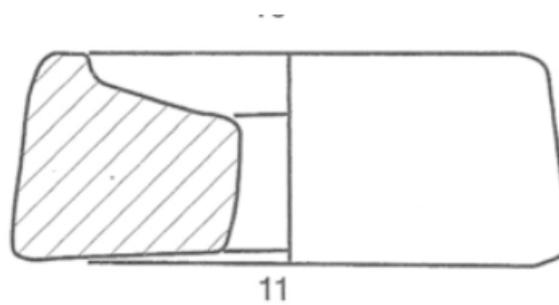


**FIG.3 Diverses illustrations du Modèle Continental**

**3A. *Catillus* à Trémie faible, Anille par-dessus et Emmanchement en position B2 (Ostia, n° ACH-7)**



**3B. *Catillus* de Bibracte Le Rebout (BUCHSENSCHUTZ, BOYER 1999)  
flanc incliné, faible usure, faible conicité**



**3C. (Peyriac-de-Mer, inédit ACH)  
*Catillus* à Trémie et Emmanchement en position D, de type Lattes -ce *Catillus* est très usé (Hauteur de l'œil réduite à 0), sa Hauteur Passive importante (Hr cm)**

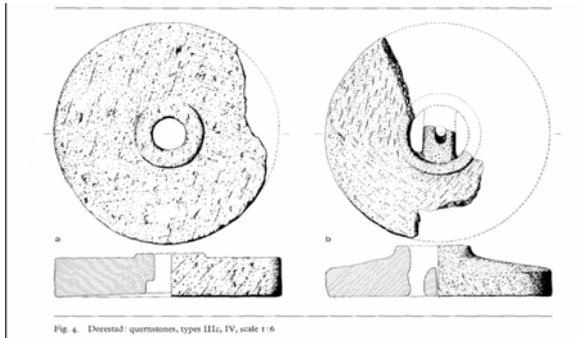
En effet la trémie est loin d'être systématiquement présente sur les *Catilli* des deux premiers siècles meuliers et le phénomène réside dans sa généralisation, comme celle plus tard (sans doute au Ier s. aC) de l'Anille par-dessous puis, (vraisemblablement à l'époque Carolingienne -FIG.4) la systématisation des Meules Plates (cf. CHAP.19).



<sup>2</sup> Notre « Modèle Continental » correspond dans la classification morphologique LONGEPIERRE 2013 aux 8 formes 3 à 6 et 9 à 12.

**FIG.4 Catilli Plats à collier (collared, with raised collar<sup>3</sup> ou upper-collared quern) typiques du Haut Moyen Age Carolingien**

**A. Dorestadt (PARKHOUSE 1976)**



**B. Mayen (POHL 2010)**



## A- PRÉSENTATION & EXEMPLES de *Catilli* sans Trémie

Lors de la Période molinologique Ancienne (V-IV<sup>e</sup> s. aC) de nombreux *Catilli* étaient dépourvus de Trémie (FIG.5), ou souvent seulement munis d'une légère dépression, de l'ordre de 1 ou 2 cm de profondeur, et le plus souvent plate (FIG.6A). A cette période les types de *Catilli* sont variés et la transition vers le modèle continental semble s'effectuer à travers des formes associant une cuvette tantôt restreinte (FIG.7), tantôt large (FIG.8), de profondeur variable et associée à un rebord en arête (FIG.9), ou en arrondi puis bientôt à un rebord en anneau plat (engl. *kerbed*), plus ou moins large qui sera caractéristique du Modèle Continental (FIG.6B). C'est finalement la cuvette pentue qui va s'imposer pour ce modèle, plutôt que la plate et la (plus rare) hémisphérique en cupule (FIG. 10).

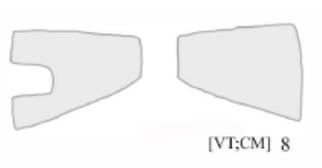
**FIG.5 Exemples de *Catilli* sans Trémie**



**5.A Bolunburu Type B (ESP. Pays Basque – CEPEDA OCAMPO *et al.* 2014) profil arrondi, de type Modèle en Dôme (parfois distingué du modèle en ruche dit *Beehive* et alors appelé *Bun-shaped* : MACKIE 2007)**

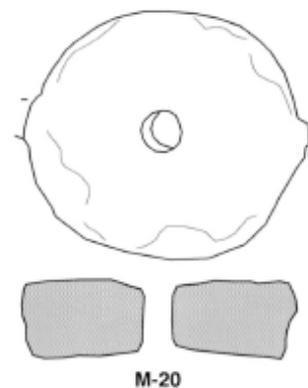
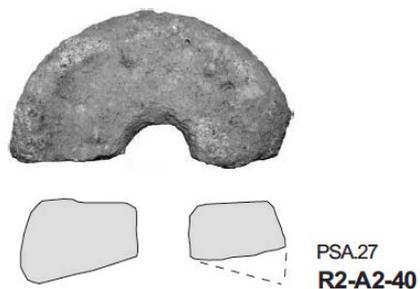


**5.B Région toulousaine (THOMAS 2006) – *Catillus* de Type 4, sans Trémie**

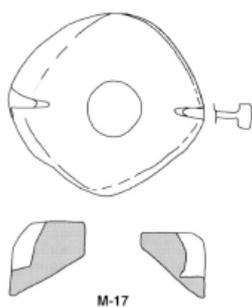


<sup>3</sup> WILLIAM-THORPE, THORPE 1993, p. 270.

**5.C Puig St. Andreu (ESP. Catalogne - PORTILO 2006) - *Catillus* sans Trémie mais à très léger rebord**



**5.D Alorda Park  
ESP. Catalogne- *Catillus* à Manchons,  
sans trémie (PORTILO 2006)**

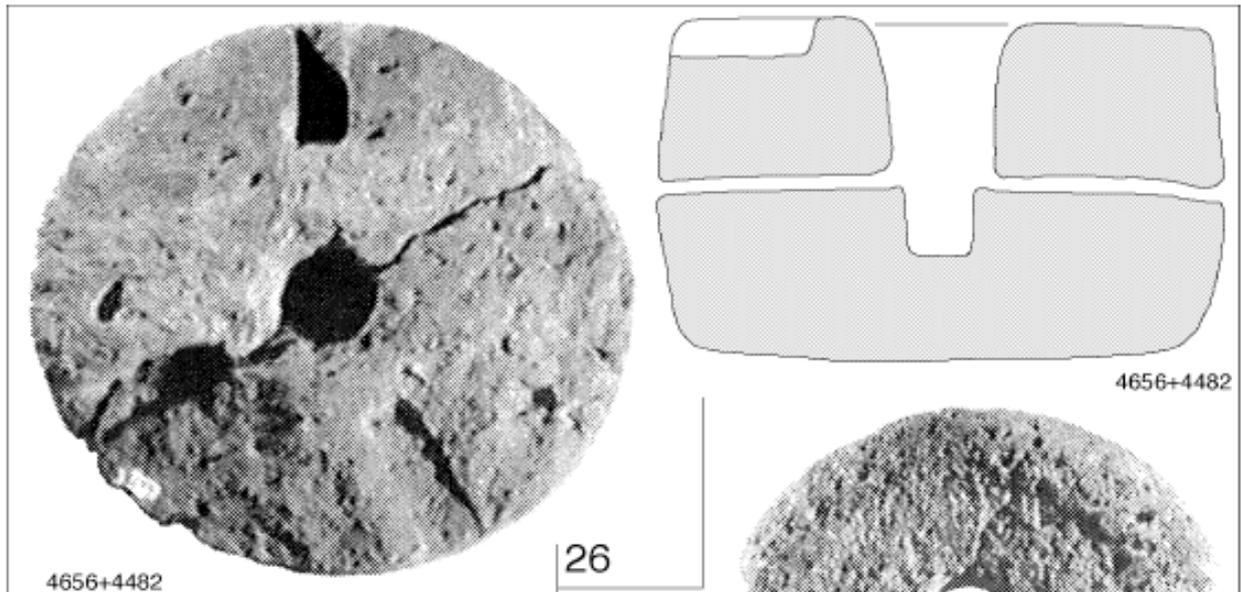


**5.E Alorda Park (ESP. Catalogne - PORTILO 2006)  
- *Catillus* sans Trémie et à Encoches supérieures**

**5.F Ensérune n° 45 (inédit ACH) flanc oblique, type à Encoche, basalte  
D. 47 cm H. 9,5 Conicité 9°**

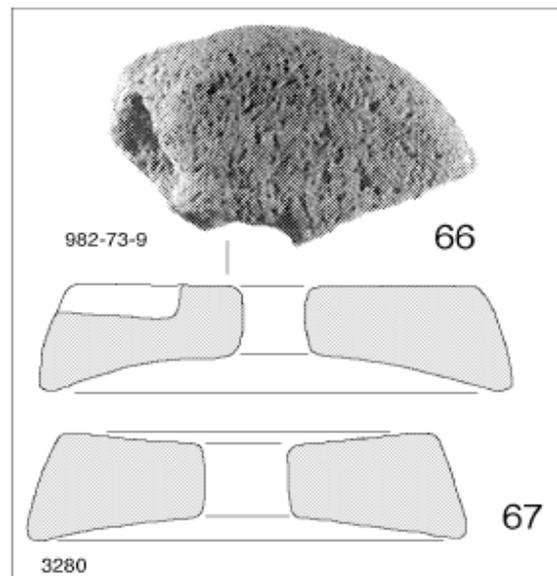
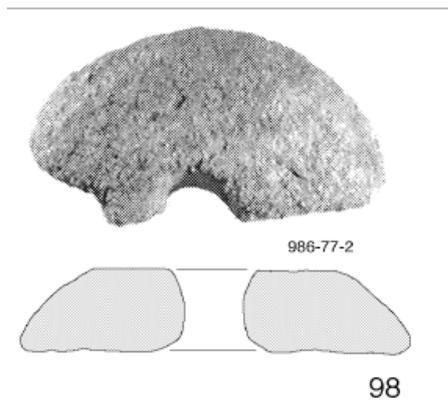


**5.G Lattes (Py 1992) *Catillus* sans Trémie, n° 26, 300/250 aC - D. 42 cm, basalte**

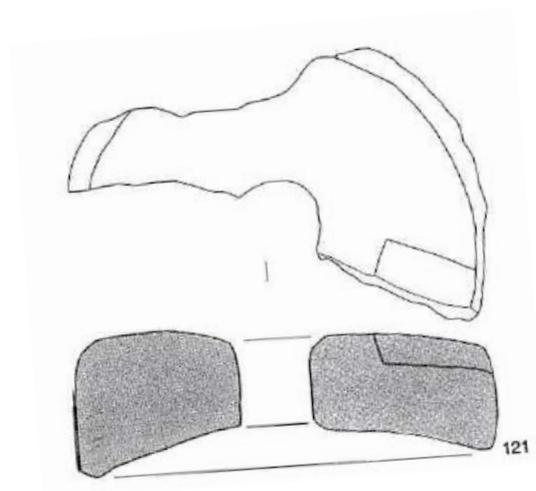


**5.H Lattes, *Catilli* sans Trémie, basalte  
n° 66 (Age du Fer - D. 40 cm, conicité 18°)  
n° 67 (150/125 aC - D. 37 cm, conicité 9°)**

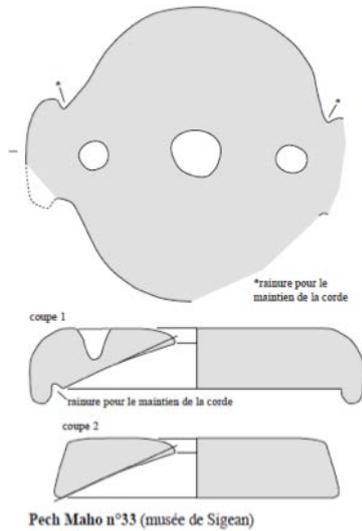
**5.i Lattes, *Catillus* sans Trémie, n°98, Flanc  
arrondi,  
indaté,  
basalte,  
D. 41 cm  
conicité 0°**



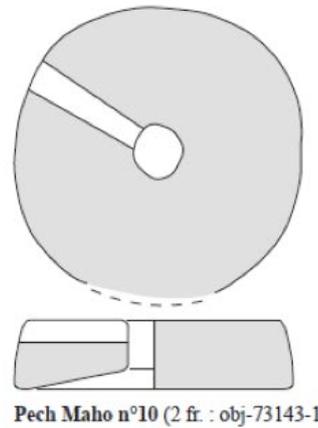
**5.J Martigues, l'île n° 121  
(CHAUSSERIE-LAPREE 1998),  
*Catillus* sans Trémie  
Basalte héraultais (St. Thibéry), 150/100 aC  
D. 40,5 cm H.12,5 DOE.8,5 Conicité 20°  
Emmanchement latéral en position D**



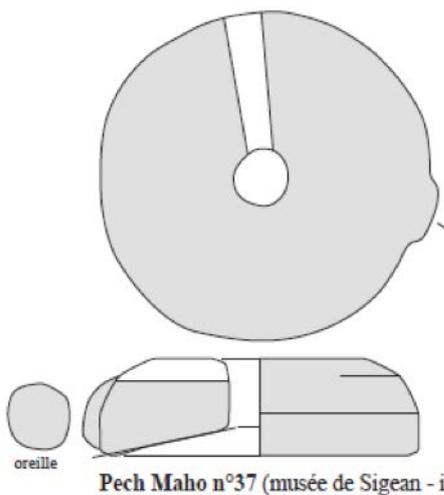
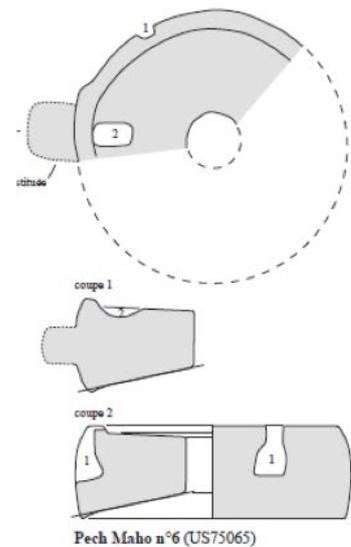
**5.K Pech Maho n°33 (GAILED RAT *al. al.* 2012)**  
*Catillus* à Manchons pendants, sans Trémie  
 D. 49-52 H.10 Conicité 24°, conglomérat,  
 Totalement usé - indaté, Age du Fer



**5.L Pech Maho n°10, conglomérat**  
*Catillus* sans Trémie, Emmanchement radial,  
 D. 38 H. 9 11°  
 Usure avancée - *ante* 200 aC



**5.M Pech Maho, n°6 (GAILED RAT *al. al.* 2012), basalte**  
*Catillus* à manchons et Encoche supérieure verticale,  
 sans Trémie mais à plateau (prof. 2 cm) et Bord annulaire - D. 46 cm H.16 DOE. 9,5 Conicité 12°  
 HOE. 9,5 cm Usure ca. 50% - indaté, Age du Fer



**5.N Pech Maho, n°37 (GAILED RAT *al. al.* 2012)**  
*Catillus* sans Trémie, à un manchon en position  
 Inférieure, Flanc arrondi, Granite - *ante* 200 aC  
 Emmanchement radial en position supérieure  
 D.Sup. 27,5 cm D.Inf. 40 H.12 Conicité 12°  
 DOE. 6,5 HOE. 8,5  
 - Usure moyenne

5.O Dépôt archéologique de Carcassonne n° ACH-2  
 Meule Plate de la zone Méditerranéenne (Conicité 0°)  
 D. 42 cm DOE. 5/8 cm H. 8  
 (cliché : face active ravivée à coups perdus)

*Catillus* sans Trémie  
 roche sédimentaire dure  
 usure moyenne



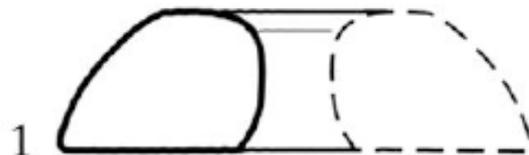
5.P Picardie LT-C ou D, n°2 poudingue  
 (Villeneuve-St. G) – POMMEPUY 1999  
 – *Catillus* sans Trémie mais à légère  
 dépression D.42 cm H. 14  
 DOE. 2,5 cm (ou erreur dessin : 5 cm ?)  
 Conicité 0° (Meules Plates de la zone  
 Septentrionale)



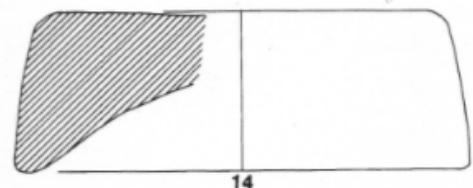
5.Q Picardie *Catillus* calcaire à  
 cérithes n°25, (Condé/Suippe, LT-  
 D) - POMMEPUY 1999 - D.40 H. 9,5



5.R Picardie LT-C/D -POMMEPUY 1999  
*Catillus* n°1 poudingue modèle en  
 Dôme (Acy-Romance)  
 –D. 41,5 cm H. 12 cm DOE. 5,5 cm  
 Conicité 0° (Meules Plates de la zone  
 Septentrionale)



5.S Roanne LT-D, n°4  
 (LAVENDHOMME, GUICHARD 1993, p. 334)  
*Catillus* sans Trémie, à légère dépression  
 D. 35 cm H.12,5 Conicité 34°  
 Calcaire, Horizon 5/6 (ante 20 aC)



5. T Peyriac-de-Mer, n° 12 (inédit ACH) roche sédimentaire , *Catillus* sans Trémie à 2 Encoches supérieures verticales (H.6 cm)

D. 58 cm H.23 DOE. 9  
HOE.17 HCo.6  
Conicité 10° 130 kg

Métrie : Pied de 28,2  
ou 28,5 cm

Gabarit D. 2 pieds

Gabarit H. 1 pied ? (HUr.11  
cm / HUrNF (28-(6+6)) donc  
Rendement en HU 16/28 cm  
soit 57% et taux d'Usure 5  
cm/16 soit 31%)



---

FIG.6-A Peyriac-de-Mer (inédit ACH)  
*Catillus* sans Trémie mais avec légère  
dépression (prof. 2,5 cm) et rebord,  
Emmanchement radial en position sup.  
- D. 36 cm H. 23 DOE. 8,5 49 kg  
Conicité 8° roche sédimentaire

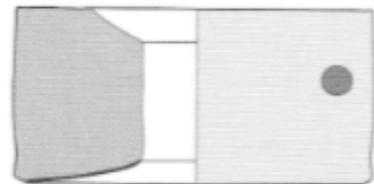
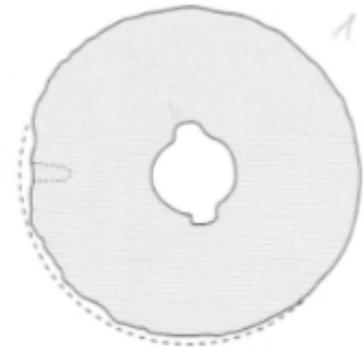
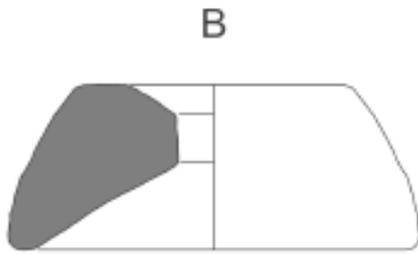


FIG.6-B Carcassonne n° 15 (inédit ACH)  
Oppidum de La Lagaste - *Catillus* proche du  
Modèle Continental mais sans Trémie et à  
légère dépression (H. ca. 2,5cm )  
D. 34 cm H. 12 DOE.8 Conicité 16°



**FIG.7 Catilli à dépression en cuvette restreinte :**

**FIG.7A Bolunburu (ESP. Biscaye) *Catillus* à dépression en cuvette**

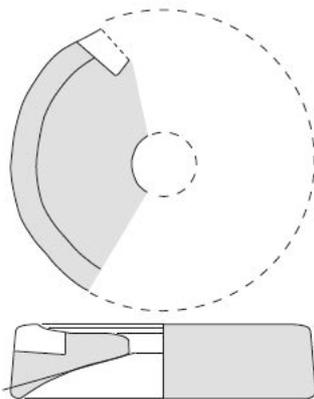


CI-CONTRE A DROITE :

**FIG.7B Le Mormont (Suisse) *Catillus* à dépression en cuvette**

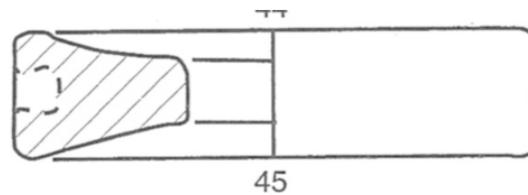
Le Mormont (ct. de Vaud)  
237.G1  
Grès coquillier

**FIG.8 *Catilli* à dépression large et peu profonde**



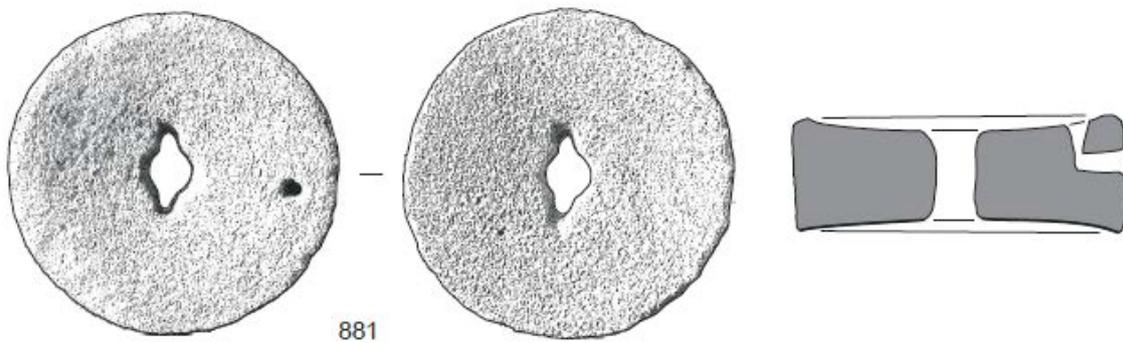
Pech Maho n°31 (PMF34)

**FIG.8A Pech Maho 31 - *Catillus* à rebord et à faible dépression plate - D. 48,5 cm H.11,5 cm Conicité 16°, grès, Usure avancée, mortaise d'Emmanchement en position D - IV<sup>e</sup> s. aC possible**



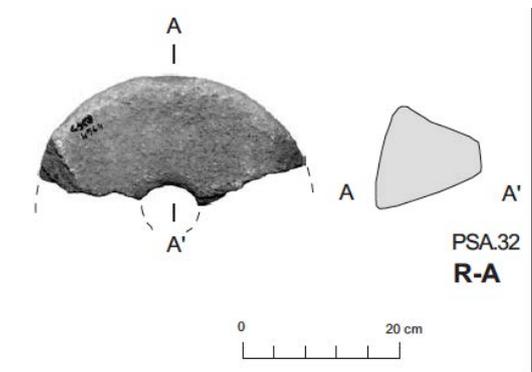
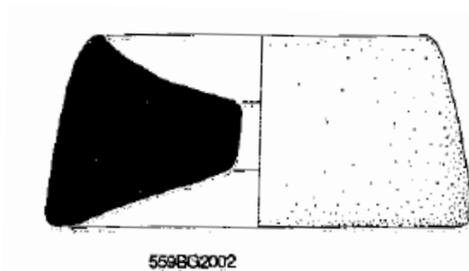
**FIG.8B Bibracte -Le Rebut n°45 *Catillus* à rebord (engl. *kerb*) et à faible dépression plate, Emmanchement latéral en position B1- D.37 cm H.8,5 15° usure moyenne - Phase 8 Nord**

**FIG.8C** *Catillus* n° 881 de Tomblaine (FR, Moselle) LT-D1a  
 D. 31,5 cm H. 11,5 Conicité 5° peu usé



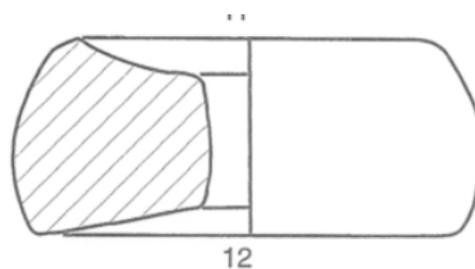
**FIG.9** *Catilli* à dépression et rebord en arête

**FIG.9A** Levroux Les Arènes, *Catillus* LT-C  
 D. 35,5 cm H. 16 Conicité 20°

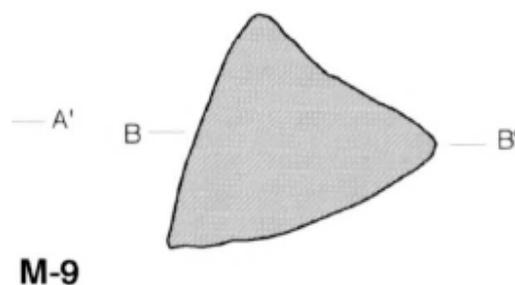


**FIG.9B** Puig St. ANDREU, grès  
 D. 38 cm H. 13,5 Conicité 15°

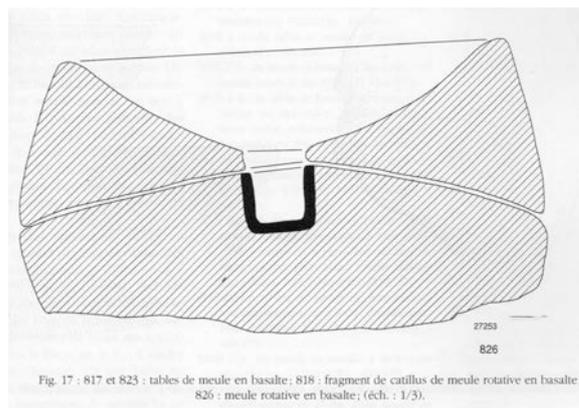
**FIG.9C** Bibracte - Le Rebout  
*Catillus* La Tène (Phase 3 Nord)  
 D. 36 cm H. 15 Conicité 10°



**FIG.9D** *Catillus* à Trémie et  
 Rebord en arête Alorda Park  
 (ESP. Catalogne) calcaire



**FIG.9E Lattes n° 826 *Catillus* à Trémie et Rebord en arête Lattes (RAUX 1999, p. 369)**  
**D.42 cm H.12 Conicité 13°**  
**Basalte - IV<sup>e</sup> s. aC**



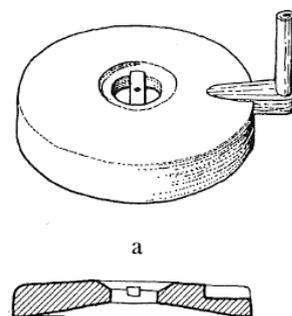
**FIG.10 modèle rare : *Catilli* à Trémie en Cupule Hémisphérique Ostia n°10 (inédit ACH) Lave**  
**D.Sup 29 cm D.Inf 23,5 H.16 DOE. 5,5**  
**Conicité 16° Larg. Bord 2 cm Usure faible**



## B- COMMENTAIRES

On peut être de prime abord surpris que des auteurs anglais bien informés et très attentifs aient pu écrire il y a peu que le « *flat topped hopperless type is without parallel on the Continent* » (PEACOCK, CUTLER 2011, p.79). Ce *Catillus* « *flat topped* » initialement défini par Curwen est illustré par la **FIG.11** ci-contre (WATTS 2002, p.35).

La responsabilité en incombe en réalité à l'archéomolnologie française qui, à y regarder de plus près, malgré une abondance de données inégalée à l'échelle européenne pêche par un regard très tourné vers le Bassin Parisien et a trop délaissé la zone méridionale. Cela est en particulier le cas pour le Languedoc-Roussillon qui se trouve au contact du foyer originel du moulin (aire catalane) et qui comprend le centre meulier précoce situé autour d'Agde. On peut ainsi s'étonner que les meules de Pech Maho n'aient pas été étudiées avant 2006<sup>4</sup> et que leur reprise dans GAILLED RAT *et al.* 2012 ne se soit pas accompagnée de l'étude de celles d'Ensérune, Peyriac de Mer ou Montlaurès et de quelques autres sites alentours, ce qui



<sup>4</sup> Dans l'intéressante étude PORTILLO 2006 portant sur les meules ibériques de l'aire originelle, qui a quand même buté côté français sur l'insuffisance des données chronologiques ; tandis que le corpus des meules de Lattes et ses conclusions n'étaient pas révisés depuis 1992, celles de Nages et de la plupart des oppida du Midi restées inpubliées à l'exception de celles de Martigues (CHAUSERIE-LAPREE 1998).

n'avait pu être fait dans la thèse de S. Longepierre (2012). On reste de même fortement handicapé par l'absence de toute étude systématique du corpus d'Agde<sup>5</sup>, ce qui nous prive de pouvoir aborder la question du rôle joué par le complexe héraultais comme relai de l'invention ibérique ou comme moteur possible de la mutation molinologique du IV<sup>e</sup> siècle.

Notre position d'observation particulière, en Languedoc près de Pech Maho, d'Ensérune et des ateliers d'Agde, entre le foyer originel et le centre producteur d'Orvieto a sans doute, avec le cortège de données nouvelles que nous apportons<sup>6</sup>, favorisé un regard plus attentif porté sur la classe des *Catilli* anciens à plan supérieur plat, dépourvus de Trémie. Mais c'est surtout l'approche par la notion de Hauteur Utile qui est déterminante parce qu'elle renvoie automatiquement les *Catilli* à Trémie et ceux qui en sont dépourvus dans deux catégories nettement opposées par leur rendement en H.Utile.

Faire un Chapitre de cette catégorie trop discrètement répertoriée imposerait d'en dégager les plus anciens exemplaires, d'en étudier les matériaux, les Diamètres, la liaison entre le sommet plat et les autres attributs, ce qui nous aurait conduit trop loin des meules d'Orvieto. Nous avons néanmoins souhaité rassembler ici l'essentiel de nos notations, afin d'attirer d'abord l'attention de l'archéologie sur cette catégorie, afin ensuite qu'un collègue ou un étudiant puisse développer ultérieurement le sujet.

Concernant Orvieto cependant, la définition de ce type de *Catillus*, à côté de ceux –non « continentaux »- à Manchons ou à Encoches également présents en zone Est-Pyrénéenne et jusqu'à Ensérune voire Lattes, tend à interdire de placer dans la Période molinologique Ancienne la production Orviétane, dont les *Catilli* ne sont pas nettement « continentaux » et dont les *Metae* présentent des traits archaïques (par exemple une forte épaisseur et une fonction piédestal, un IREC sur 150% voire 110 plutôt que 200%) et qui ne connaît pas le *Catillus* « Flat Topped ». En effet les ébauches d'Orvieto présentent toujours deux cônes et les rares *Catilli* subachevés (Stade de Façonnage IV) comportent une Trémie, souvent importante voire excessive.

On trouvera ci-dessous un commentaire synthétique des principales remarques que nous pouvons formuler sur la base de la Table des Assemblages Meuliers ordonnée chronologiquement et figurée à la suite, en fin de la présente Annexe. Toutefois, afin de limiter le temps consacré à cette exploration, nous n'avons **pour les Périodes 3 et 4**, dépouillé que les **assemblages d'Ateliers** pour lesquels ces *Catilli* dépourvus de Trémie sont **devenus rares** ou totalement absents.

## COMMENTAIRES

**1. La Trémie apparaît dès la Période Molinologique Ancienne** (notre Période 1, V<sup>e</sup>-III<sup>e</sup> s. aC) mais peut-être dans un deuxième temps ou sur un espace restreint. Dans le foyer originel (Catalogne) elle est absente d'Els Vilars et de Puig Castellar, en revanche elle est présente sur 27% des *Catilli* d'Alorda Park.

**2. La Trémie pourrait avoir été principalement développée au IV<sup>e</sup> s. aC en Languedoc occidental** et principalement sur basalte car elle est présente sur 50% des *Catilli* anciens de Lattes et sur 65% de ceux d'Ensérune. Une origine à partir des ateliers d'Agde et du complexe volcanique héraultais serait à enquêter. Mais elle est également attestée sur 70%

---

<sup>5</sup> Un corpus d'au moins une cinquantaine de meules et ébauches est disponible dans les cours, réserves ou vitrines des musées d'Agde et du Cap mais pas plus que S. Longepierre nous n'avons été malheureusement en mesure d'en conduire l'étude, préférant investir sur la collection bien plus nombreuse et accessible, d'Ensérune et la compléter par Peyriac, près de Pech Maho, et par Carcassonne, intéressant jalon en direction du toulousain ; les meules de Narbonne et de Montlaurès ne nous ont pas été accessibles.

<sup>6</sup> Par l'étude des meules d'Ensérune, Peyriac de Mer et Carcassonne, la révision des données de Lattes, Pech Maho et Agde et la collecte d'un corpus de comparaison avec des sites laténiens du bassin parisien (tels que Prasville, Ymonville et Blois La Croupe).

des *Catilli* de Puig St. Andreu, sur 27% des *Catilli* du site ancien d'Alorda Park et sur 23% de ceux de Pech Maho. Il conviendrait donc d'établir un recensement précis des *Catilli* à Trémie sur l'ensemble des sites ibériques ayant livré des meules avant de statuer sur leur éventuelle rareté catalane et sur une possible densité préférentielle au Nord des Pyrénées.

3. Il est possible que la Trémie ait été développée en Languedoc y compris sur les modèles à Manchons de tradition hispanique (FIG.12 ci-contre) qui en Espagne en sont généralement dépourvus. Peu fréquente en effet (8 exemplaires sur les 41 soit 20%) la Trémie est attestée à Lattes (1 *Catillus*, n° 826, IV<sup>e</sup> s. aC, RAUX 1999) et à Pech Maho (1 *Catillus*, n°20 GAILLED RAT et al. 2012) où le modèle courant à manchons sans trémie ou à simple plateau de 1 à 2 cm de profondeur est de règle. En revanche Ensérune se singularise par l'importance de l'association entre Trémie et *Catillus* à manchons (6 sur 15 *Catilli* soit 40% et 6 *Catilli* à Trémie sur les 7 à manchons). Le fait que tous les *Catilli* à manchons et Trémie soient languedociens et fabriqués en basalte désigne le complexe volcanique héraultais comme source.



Catilli avec TRÉMIE ( Période 1 )								
Sites	Total CAT.	Catilli à Trémie		Références des <i>Catilli</i> à Trémie		Catilli à Manchons		Manchons sans Trémie
		Total	Taux	à Manchons	autres	Total	Taux	
Els VILARS	10	0	0%			6	60%	6
ALORDA Park	15	4	27%		4-9-19 + n°3 de Ullastret	6	40%	6
Puig St. ANDREU	10	7	70%		11-26-28-29-30-31-32	0		
LATTES Proto	6	3	50%	826	28-835	1	17%	0
CERRO de la CRUZ	12	4	33%		1-4-6-7	2	17%	2
BOLUNBURU	4	0	0%			0		
ENSÉRUNE	23	15	65%	14-28-37-41-44-49	20-24-29-36-42-43-53-56-58	7	30%	1
PUIG CASTELLAR	9	0	0%			0 (Encoches)		
PECH MAHO	35	8	23%	20	2-16-18-19-30-39-42	6 + 1 ?	17%	5
	124	41	33%	8	33	28 + 2 ?		20
				20%	80%	/ 124		/ 28
				-2- matériau volcanique		23%		71%

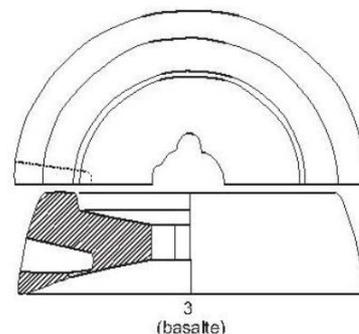
4. Un tiers des *Catilli* (41 sur 129) sont réalisés en **roche volcanique**, ce qui est principalement dû aux meules du Languedoc, seul 1 exemplaire en lave provenant de Puig St. Andreu. La production meulière initiale en Catalogne semble donc largement indifférente au matériau volcanique, malgré les volcans d'Olot à proximité. Cependant, **la proportion des laves apparaît renforcée chez les individus à Trémie** où elle atteint 50% (21/41), tous les exemplaires volcaniques sont localisés en Languedoc (3 sur 3 à Lattes, 13 sur 15 à Ensérune et 6 sur les 8 Trémies de Pech Maho).

5. La présence d'une **Trémie** sur les *Catilli* n'apparaît cependant liée ni au matériau, ni à la conicité ni au gabarit des meules (elle est représentée à la fois sur les assemblages à faible Diamètre moyen –Filière F.1- ou à forte moyenne située sur 24 dgt : Filière F.2).

6. Les *Catilli* dépourvus de Trémie représentent 67% du total à la Période Molino-logique Ancienne. Ils sont attestés sur un seul atelier, Els Vilars d'Arbeca, qui est un atelier secondaire consacré à la finition des meules. Leur présence parmi les fabrications d'Agde est à ce jour douteuse (1 exemplaire, à anille, peu probablement de l'Age du Fer voire post-

antique). Toutefois aux Périodes 1 et 2 seul ce centre de finition et l'épave d'Ila Pedrosa figurent au corpus comme source de meules neuves.

Si le Moulin Rotatif Bas naît en contexte d'agglomération et sans Trémie comme le montrent les données relative à la Période 1, et si les modèles dépourvus de trémie sont en Période 2 attestés dans des habitats groupés (Nages, Martigues dans le midi, et Acy-Romance, Ville-neuve-St.Germain et Condé-sur-Suippe en Picardie), **le Modèle Continental à Trémie (FIG.13 ci-contre, le Pâtural, DEBERGE *et al.* 2007, PL.XCVII) y est tout aussi présent.**



**7.** A la période Ancienne, les **Catilli sans Trémie** montrent une **distribution méditerranéenne** ce qui est logique puisque le Moulin Rotatif n'est pas alors connu en dehors d'une aire globalement située entre l'Ebre et l'Hérault.

**Au cours des III<sup>e</sup> et II<sup>e</sup> s. aC, les modèles sans Trémie diffusent,** vers l'Est en Languedoc oriental (Nages) et jusqu'au-delà du Rhône (Martigues, Provence) ainsi qu'à l'Ouest en direction de la Garonne (Carcassonne et région Toulousaine). Ils accompagnent la pénétration continentale et subalpine du Moulin Rotatif Bas, le plus souvent avec des pourcentages significatifs en Périodes 2 et 3.A (10 à 20% des assemblages, 40% sur Carcassonne où, comme peut-être à Peyriac, ces exemplaires pourraient être antérieurs au II<sup>e</sup> s.).

**Les modèles sans Trémie** se seraient maintenus peut-être jusqu'au II<sup>e</sup> siècle aC dans le Midi<sup>7</sup> et sont également présents à La Tène C-D en Picardie (7 exemplaires sur 52 soit 13%). Leur présence en Auvergne est à ce jour incertaine, entre 1 exemplaire césaro-augustéen à Roanne et une absence total dans l'assemblage LT-C et D du Pâtural. Il n'est pas certain à ce jour que les **Catilli** à face supérieure plate aient diffusé au-delà du Midi en direction du Bassin Parisien et leur présence en contexte LT-C/D en Picardie pourrait correspondre à une ré-invention. Il est en l'état des données difficile d'interpréter les *Flat Topped Querns* britanniques tout comme la tendance des productions alto-impériales de l'Eifel (Moselle/Rhin) à présenter une trémie faible et plate (**FIG.14 ci-contre, JODRY 2011**).

Strasbourg, rue de la Mésange : meule tournante en basalte (fouilles J. Baudoux, photo F. Schreker).



Après le IV<sup>e</sup> s. les **Catilli sans Trémie** sont néanmoins fortement concurrencés par les différentes formes du Modèle Continental caractérisé par la présence systématique d'une Trémie et fréquemment celle d'un Emmanchement latéral. **La disparition des Catilli dépourvus de Trémie** semble acquise au I<sup>er</sup> s. aC (ce qui n'est pas le cas en Angleterre).

**8.** **L'absence des Catilli dépourvus de Trémie à Orvieto** pourrait signifier que ces modèles n'ont pas accompagné la diffusion subalpine ou maritime du MRB vers la péninsule Italique, ou bien qu'Orvieto a démarré sa production à une période où le modèle Continental était consolidé (donc plutôt aux II<sup>e</sup>-I<sup>er</sup> s. aC). La présence de traits archaïques sur les *Metae* orviétanes apparaît en défaveur d'une date aussi basse.

<sup>7</sup> Mais les *Catilli* plats de Carcassonne, de Peyriac et du Toulousain pourraient correspondre à une fraction ancienne de ces assemblages.

# C- TABLE des OCCURRENCES des *Catilli* « Flat Top »

NB : les données relatives à la part des *Catilli* sans Trémie figurent dans l'encadré central, les Ateliers sont indiqués sur fond orange – comme indiqué *supra*, les données n'ont pas été dépouillées pour la Période 4 (époque Romaine) et pour l'essentiel de la Période 3.B (assemblages du Ier pC et de la charnière LT-D/ Ier pC)

FORMATS MOYENS des ASSEMBLAGES MEULIERS - présentation périodisée											
Classement tendanciellement CHRONOLOGIQUE		DIAMÈTRES		Concité 0°	sans Trémie (flat top) sûr ?	Total CAT.	Taux ss Trémie	Notes	Type SITE	ACH I-2020	Périodisation
Sites d'UTILISATION & ATELIERS	CHRONO	F.1	F.2								
Méditerranée	Els VILARS	V - IV aC	37,81		6	1	10	60%	à manchons	atelier	Période 1
	ALORDA PARK	450 - 200 aC		43,00	11	15	73%	CAT à manchons, encoches ou autres	aggllo	Vè - IIIè s. aC	filère F.1 = petits Gabarits (34-39 cm)
	PUG S. ANDREU	-550 / -200		42,11	2	10	20%	+ n° PSA 31 à Trémie faible plate	aggllo		4 sites sur 10 et 54% des Diam. 124 Diamètres sur 248 = 50%
	LATTES Proto	IV - II aC		42,54	3	6	50%	+ qlqs proto dans indatés (GAP)	aggllo	12%	filère F.2 Tradition hispanique = meules amples (42-46 cm soit 1,5 pied)
	CERRO de la CRUZ aC	300-100 aC		46,22	0	12	0%	2 (n° 11 & 12) mais époque Islamiq.	aggllo		F.2 est associée à une fraction de Gds Gabarits (2 pieds)
	BOLUNBURU	IV-III aC		39,33	3	4	75%	modèle flanc arrondi, ss Trémie	aggllo		
	ENSÉRUNE Basalte	IV & III aC		39,65	2	23	9%	+ n° 21 & 26 Contà Trém. faible (6-7)	aggllo		
	PUG CASTELLAR	III aC			4	9	44%	modèles variés de type Hispanique	aggllo		
	PECH MAHO Basalte	VI BC - III aC		41,82	17	35	49%	+ 7 CAT. à Trémie faible & plate	aggllo		
	ORVIETO	III aC? - I pC?		35,24	0	16	0%	Trémie creuse, 4-12 cm, 25-50% de H	atelier		
	Le PATURAL	LT (300-120 aC)		37,62	0	23	0%	modèle continental, 1 ex.Tr./faible PLCI	rural		
	ILLA PEDROSA	II aC		35,26	0	59	0%	Trémie prof. ca.2 cm, plate	Epave	Période 2	
	NAGES	III - I aC			1	5	20%	modèle continental ou Flat Top	aggllo	LT C-D / IIè-Ier s. aC	disparition de la tradition Hispanique de Grands Gabarits (Filère 2 et 2 pieds)
	MARTIGUES	II aC		37,95	1	14	7%	mo.conti., Tr./ble plate = 75,122,124,125	aggllo	ca. 12%	Le taux de meules dont le Gabarit est de 1 Pied est important.
	ROANNE	LT C-D		34,05	1	10	10%	mod.L.conti.; 1 Dômeido à Tr. prof. (n°11)	aggllo		
YMONVILLE	LT D1-D2		35,25	0	7	0%	modèle continental ou en Dôme	aggllo			
BLOIS La Croupe	LT - C2/D1b		36,05	0	7	0%	modèle continental; 1 Dôme, 1 Tr./faible plate	aggllo			
Les HERBIERS	LT C2 - D1		37,60	0	4	0%	1 Trémie faible en cuvette	rural			
LEVROUX	LT C2-D1		36,21	0	5	0%		aggllo			
PICARDIE LT	LT C-D		39,59	7	52	13%	Conti.+Dômes(Typ3) +Tr.ante (Typ2) +Tr.prite cuv (Typ1)	territoire			
AGDE	IVè ? aC - II ? pC		39,11	1	14	7%	Tardo-antiq? anille p dessous	atelier			
Moulin GEARGEOT	LT - D1		31,60	0	6	0%	modèle FL obliq. Tr. profond; dômeido	rural			
OBERNAI	LT - D		37,17	0	3	0%	modèle continental	atelier			
GONDOLE	LT -D2		36,75	0	5	0%	modèle continental	aggllo			
BIBRACTE Le REBOUT	LT-D + (AVG?)		38,17	0	33	0%	modèle continental; qlqs ex.Dômeido	aggllo			
Le MORMONT	LT-D		39,33	0	6	0%	mod.Trém. Réduite cuvette (EVDL.p.325)	sanctuaire			
PUY du TOUR	LT-D		34,89	0	15	0%	mod.continental., 1 Trém. Faible (foto)	aggllo			
Bretagne & Mayenne	LT		36,09	0	1	0%		territoire			
BAD NAUHEIM	LT		36,55	0	1	0%		atelier			
TOULOUSAIN	LT		37,81	0	58	17%	Type 3 (NR 3) & Type 4 (NR7)	territoire			
BIBRACTE	LT		39,46	0	23	0%	Conti.; 3 file Tr.(28,77.1 +P.Couv.123,124)	territoire			
CALVADOS	LT C-D + ROM.		35,17	0	0	0%		territoire			
SARAN	LT-D + ROM		36,0	0	11	0%	modèle continental	rural			
PRASVILLE	LT-D + I pC		35,31	0	7	0%	6 modèles continental, 1 Dôme	rural			
CARCASSONNE	ca. II aC - I pC		39,78	4	10	40%	rans conti., model.variés. +3 ex.Trémie Faible Plate	territoire			
ENTRAMMES	LT C2-D1 + ROM (D.44+)		42,18	14%				aggllo			
PEYRIAC-de-MER	II aC - ca. I pC		43,97		3	4	75%	3 Flat Top (sédim) + 1 Continental (basalte)	aggllo		
BOURGOGNE	LT-D - ROM		52,00					territoire			
FINISTERE 1987	LT - ROM		45,14					territoire			
La MAREZE	LT - ROM		41,67					territoire			
SAVERNE	LT ?		38,13					aggllo			
ALSACE AUTRES	LT? + ROM?		40,17	6%				territoire			
BORKEN	LT		41,33					Ebauches frustes			
Le CHAUDRY	LT - II pC ?		40,62		0	10	0%	1 Catillus à Trémie plate prof. 1-2 cm	atelier		
FRANCHE COMTÉ	LT-D - ROM		40,63	5%				territoire			
STRASBOURG	LT? + ROM?		42,50								
BÉZANNE	LT ? - ROM		44,10	38%							
LATTES Indatés			37,28	6%							
PROVENCE 1992	LT - II pC		36,54		1	37	+ 3%	perdu images Catilli sauf 1 (sans rél.)	territoire		
OSTIA	III aC? - II pC?		35,75								
VARIA ITALIA	I aC - IV pC		36,17								
TRENTINO Donner	I aC - IV pC		36,29								
Les FOSSOTTES	LT - (ROM)		37,51	3%							
MAGALAS	II aC - III pC		35,00	8%	0	41	0%	Ebauch, proba. 0% (model.continental)	atelier		
AVRILLY	AVG		37,50	95%	0	14	0%	Ebauch, modèle en Dôme	atelier		
LATTES ROM	I aC - II pC		37,71	8%							
HERTFORDSHIRE	50 - 100 pC		28,85	70%	0	9	0%	modèle en Dôme	atelier		
CHABLES	70 - 120 pC		44,02		0	11	0%	Ebauch, proba. 0% (model.continental)	atelier		
AUTUN - Arroux	I pC		59,55		0	4	0%	Catilli à Trémie plate prof. 1-3 cm	atelier		
la LANDE la VERNHE	I pC		57,57		0	2	0%	Trém. assez prof., de type continental	atelier		
REIMS JODRY 2017	LT ? - ROM		47,36	45%							
VERTAULT	ROM (+LT?)		47,74	2%							
PACÉ	ROM		47,0								
CHARTRES	15 aC - 300 pC		47,68	3%							
MEAUX	ROM		41,04	22%							
BOULOGNE	ROM		42,13								
AVENCHES	ROM		43,13								
ARRAS	ROM		43,20								
SOISSONS	ROM		44,23	10%							
AMIENS	ROM		44,78	16%							
REIMS	ROM		46,73	10%							
TUNGRI	ROM		46,74	5%							
BAVAY	ROM		45,83	15%							
BEAUVAIS	ROM		51,57	6%							
CHAMPION	ROM		36,0								
EIFEL 2008	ROM		47,75			10	0%	(4 Eb.); proba. model. Trém. plate faible	atelier		
ARGENTOMAGUS	20 aC - IV pC		44,44								
NANTAIS Polinski	ROM		47,98								
SILCHESTER	II - III pC		41,08	4%							
MAZIÈRES en MAUGES	fin III pC		46,57								
WANZENAU	fin III pC		44,52								
PORTUS	LT - ROM		49,48			6	0%	peu probable, modèle achevé inconnu	épave fluviale		

82 Assemblages, 81 renseignés Diamètres

Diamètre Moyen

ATELIER de meules

site d'UTILISATION

77	UTLIS.	666	68%
70	ateliers	456	68%
7	ateliers	210	32%

Fréquence Flat Top en PÉRIODE 1 = 33,3%

Fréquence Flat Top en PÉRIODE 2 = 5,4%

Fréquence moyenne corpus pré-ROM = 11,6%

Fréquence moyenne sites UTILISATION = 15,2%

Fréquence moyenne sur Ateliers = 3,3%

Fréquence Flat Top en PÉRIODE 1 = 33,3%

Fréquence Flat Top en PÉRIODE 2 = 5,4%

# ANNEXE n°17

## Les MORTIERS de pierre

On trouvera dans ce document un échantillon bibliographique et une illustration d'une catégorie d'objets manufacturés en pierre souvent associés à la production de meules, notamment en lave : les mortiers et autres « *stone vessels* ». Ils sont nombreux et anciens au Levant. En France on en trouve en contexte Laténien dans le Massif Central (DEBERGE *et al.* 2007) ainsi par exemple qu'en Aquitaine (BERTRAND, TENDRON 2012). Ils sont régulièrement attestés (GENIS 1985, PORTILLO 2006) sur les sites ibériques du foyer d'invention du moulin rotatif bas (Catalogne).

### Echantillon Bibliographique annoté

(24 titres)

**Adama, Ad, Rosenberg 2019** : ADAMA (E.), 'AD (U.), ROSENBERG (D.) — El-Khirba : Food processing and other ground stone tools from a Roman, Abbasid and Mamluk period site near Nes Ziyvona, Israel. In : SQUITIERI (A.), EITAM (D.) 2019 — *Stone Tools in the Ancient Near East and Egypt. Ground stone tools, rock-cut installations and stone vessels from the Prehistory to late Antiquity*. Oxford, Archaeopress, p. 345-360.

<nombreuses illustrations de divers mortiers tripodes, plats à oreilles, meules type HMAge, 1 crapaudine>

**Amit, Seligman, Ziberbod 2008** : AMIT (D.), SELIGMAN (J.), ZIBERBOD (I.) — Stone Vessel Production Cave on the eastern Slope of Mount Scopus, Jerusalem. In : ROWAN (Y. M.), EBELING (J. R.), eds. — *New Approaches to Old Stones*. New York, Routledge, 2014 (2008), p. 320-342.

<avec beaucoup de détails techniques des vases, proposition de tour à pierre>

**Bertrand, Tendron 2012** : BERTRAND (I.), TENDRON (G.) — Mortiers en pierre de l'Aquitaine romaine : matériaux, contextes et usages. In : RIVET (L.) ed. — Actes du Congrès SFECAG de Poitiers (17-20 Mai 2012), p. 389-394.

<basalte, marbre, grès, tripodes ou annulaires, à partir II BC Auvergne et Bibracte, liaison avec les meules évoquée, >

**Deberge 2009** : DEBERGE (Y.) — L'outillage domestique. In : DEBERGE (Y.) *et al.* — L'oppidum arverne de Gondole (Le Cendre, Puy-de-Dôme). Topographie de l'occupation protohistorique (La Tène D2) et fouille du quartier artisanal : un premier bilan, *R.A.C.F.*, 48, 2009, p. 33-130.

<mortiers p. 108-109>

**Deberge, Collis, Dunkley 2007** : DEBERGE (Y.), COLLIS (J.), DUNKLEY (J.) — *Le Pâtural, Clermont-Ferrand, Puy de Dôme. Un établissement agricole Gaulois en Limagne d'Auvergne*. Lyon, D.A.R.A., 30, 2007.

<18 mortiers, p. 180>

**Ebeling, Rosenberg 2015** : EBELING (H.), ROSENBERG (D.) — A Basalt Vessel Workshop and its Products at Iron Age Hazor, Israel, *Journ. Field Arch.*, 40, 6, 2015, p. 665-674.

<mortiers, tripodes, bols, atelier, BF et Fer II, typologie de Sparks 1988 malheureusement ni dessin technique ni dimensions...>

**Gallet de Santerre 1980** : GALLET DE SANTERRE (H.) — *Ensérune. Les silos de la terrasse Est*. Paris, CNRS, 1980, suppl. Gallia n° 39, 164 p.

**Genis 1985** : GENIS I ARMADÀ (M. T.) — Els objectes lítics ibèrics d'Ullastret i Puig Castellet, *Cypsela*, 5, 1985, p. 107-123.

**Farget, Boyer 2008** : FARGET (V.), BOYER (Fr.) — Les mortiers de Bibracte. Iconographie, proposition de typologie, nature lithologique. Rapport d'étude, 2008.

**Farget 2007** : FARGET (V.) — Les carrières des « Fossottes » (La Salle, 88). rapport de prospection thématique. inédit, SRA Lorraine, 2007, 91 p.

**Hamon, Le Gall 2013** : HAMON (C.), LE GALL (V.) – Le végétal outil, le végétal transformé : fabrication et usages des mortiers en bois en pays Minyanka (Mali). In : ANDERSON (P. C.), CHEVAL (C.), DURAND (A.) eds. – *Regards croisés sur les outils liés au travail des végétaux. An interdisciplinary focus on plant-working tools*, XII<sup>e</sup> rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, APDCA, Antibes 2013, p. 261-271.

**Morero 2015** : MORERO (E.) – Mycenaean lapidary craftsmanship : the manufacturing process of stone vases, *The Annual of the British School at Athens*, April 2015, p. 1-26. (doi:10.1017/S0068245415000039).

<forage, stone drilling technology, drill bit, compass, tour, bow wheel, engraving wheel>

**Parton 2013** : PARTON (H.) – Milling and Weaving Equipment, including hand-held Stone Tools, Mortars, Querns, and Stone Vessels, Loom Weights, and Spindle Whorls. In : AYLWARD (W.) ed. – *Excavations at Zeugma conducted by Oxford Archaeology*. Packard Humanities Institute, Los Altos (USA, Ca.), 2013, Chapter 6, p. 295-344.

**Polinski 2012** : POLINSKI (A.) – *Provenance et utilisation de la pierre dans la basse vallée de la Loire (Ier siècle av. J.-C. - VIII<sup>e</sup> siècle ap. J.-C.)*, 4 vol : Vol.1 - *Synthèse*, 460 p ; Vol. 2.1 et 2.1 - *Corpus des sites*, 690 et 215 p. ; Vol. 3.1 et 3.2 - *Corpus d'éléments en pierre*, 697 et 625 p. ; Vol. 4 - *Corpus d'études pétrographiques*, 334 p. Thèse de Doctorat, Université de Nantes.

**Polinski 2009** : POLINSKI (A.) – Notes sur des meules en trachy-andésite d'époque romaine découvertes en Loire-Atlantique. *Revue Archéologique de l'Ouest*, 26, 2009, p. 189-204, fig.

<dont mortiers>

**Portillo 2006** : PORTILLO RAMIREZ Marta – *La mòlta i triturat d'aliments vegetals durant la Protohistòria a la Catalunya oriental*. Doctoral dissertation. Departament de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia. Universitat de Barcelona. 521 p. + 1.162 p. catalogue et Annexes.

**Poux et al. 2010** : POUX (M.), MYLCENT (P.-Y.) dir. — Corent et Veyre-Monton (63). Rapport de fouille 2010. Rapport inédit, 2010.

<mortiers dans Catalogue petit mobilier p. 260-290>

**Rossi 2005** : ROSSI (S.) – Uso alimentare o ritualità alimentare? Il caso dei mortai in ceramica di tipo etrusco padano in Veneto : analisi tipocronologica, aspetti tecnologici e ipotesi su funzione ed uso. In : ATTEMA (P.), NIJBOER (A.), ZIFFERERO (A.) – *Communities and Settlements from the Neolithic to the Early medieval Period. Papers in Italian Archaeology*, VI. 2005, Oxford, Archaeopress, BAR Intern. Series, 1452 (I) ,Vol.I, p. 426-434.

<con interessante iconografia delle tavole per pestare o macinare; anche interessanti vocaboli del tritare, del pestello, della gratuggia >

**Schneider, Osborne 1996** : SCHNEIDER (J. S.), OSBORNE (R. H.) – A Model for the Production of Portable Stone Mortars and Bowls, *Pacific Coast Archaeological Society Quarterly*, 32, 4, 1996 , p.27-40.

< mortiers et bols en pierre du Désert de Californie et comparaison Amérique et Proche Orient ancien>

**Spark 1988** : SPARKS (R. T.) – *Stone Vessels in the Levant during the Second Millenium BC*. Unpublished PhD, Univ. of Sydney.

< typologie de la vaisselle en basalte d'après les plus anciens exemplaires au Levant; il y en a aussi en Amérique latine>

**Squitieri 2015** : SQUITIERI (A.) – Basalt Vessels Distribution in the southern Levant during the Iron Age. In : AFFANNI (G.), BACCARIN (CR.), CORDERA (L.), DI MICHELE (A.), GAVAGNIN (K.) – *Broadening Horizons 4. A Conference of young researchers working in the Ancient Near-East, Egypt and Central Asia*, Univ. Torino october 2011, Oxford, BAR IS 2698, 2015, p. 209-215.

**Squitieri 2014** : SQUITIERI (A.) – Stone bar-handled bowls : characteristics and value. In : Piotr Bieliński, Michał Gawlikowski, Rafał Koliński eds. – *Township and villages, high and low - The minor arts for the elite and for the populace*. Proceedings of the 8th International Congress on the Archaeology of the Ancient Near East. Volume 1, Plenary sessions, Wiesbaden, 2014, p. 681-692.

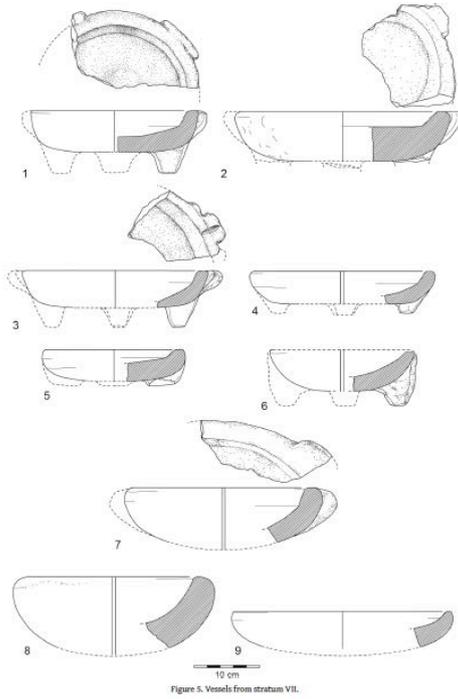
**Vanderheyde 2003** : VANDERHEYDE (C.) – Objets et éléments décoratifs en pierre issus d'Apamée, *Bulletin des Musées Royaux d'Art et d'Histoire de Bruxelles*, 74, 2003, p. 63-106.

<mortiers en pierre de Syrie : lave ?>

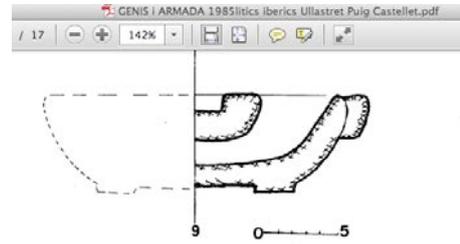
**Zilberstein, Ben Efraïm 2013** : ZILBERSTEIN (A.), BEN EFRAÏM (N. N.) – The Stone Objects. In : BEN AMI (D.) – *Excavations in the Tyropoeon Valley (Giv'ati Parking Lot) I*. Israel Antiquities Authority, 2013, Chapter 16, p. 309-320.

# Choix d'illustrations

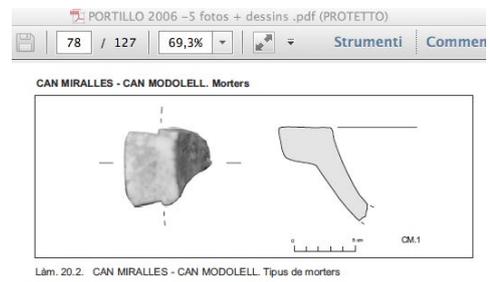
## Adama et al. 2019



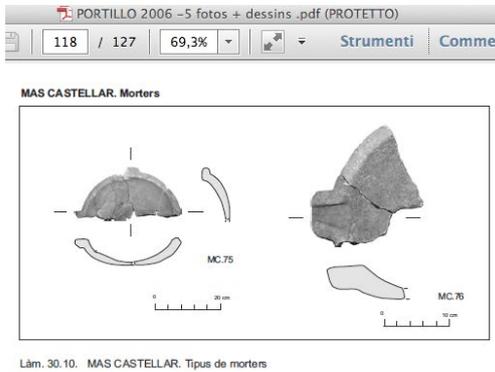
## Genis 1985



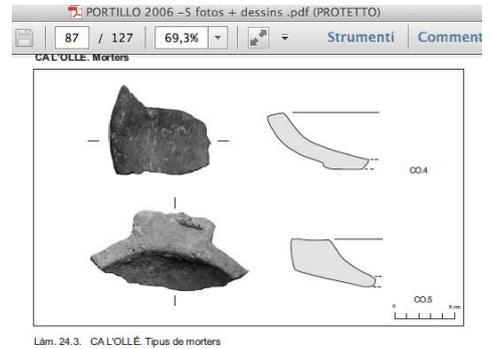
## Portillo 2006



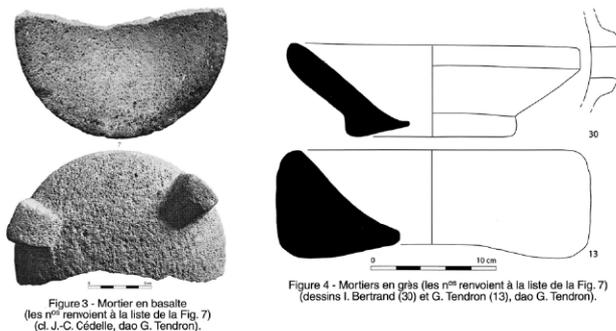
## Portillo 2006



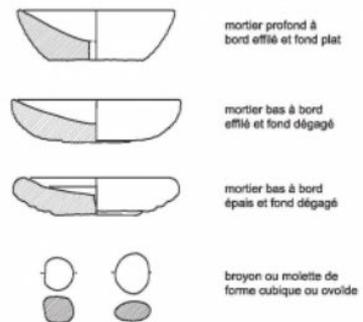
## Portillo 2006



## Bertrand, Tendron 2012

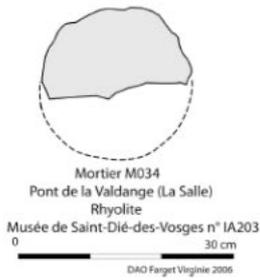
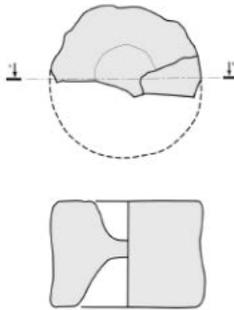


## Deberge, Collis, Dunkley 2007



fabrication de moulins à Orvieto (Italie) dans l'Antiquité : une approche technologique des meules en archéologie romaine. CHARTRAIN 2020

**Farget 2007**



**Fig. 52**

**Mayen** (www. Kleinstädte in der Provinz Germania Superior)



**Squitieri 2015**

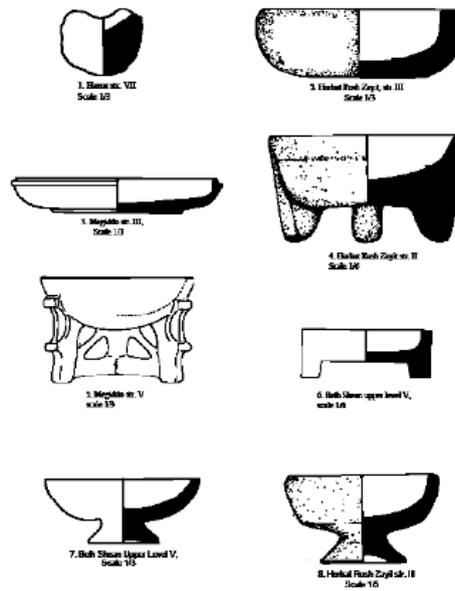


Fig. 2.1) after Yadin 1955, (4) (B.C. 2) after Gal and Alexander 2002, fig. 8.115.2; 3) after Laroni and Mignola 1926, pl. 170.8; 4) after Gal and Alexander 2002, fig. 8.115.8; 5) after Laroni and Mignola 1926, pl. 172.13; 6) after James 1984, fig. 43.4; 7) after James 1984, fig. 43.2; 8) after Gal and Alexander 2002, fig. 8.115.5

Figure 2

# ANNEXE n°19

## Liste et sources des Assemblages Meuliers étudiés (MRB)

82 ensembles

*VERT* italique : épaves

*ORANGE* : Ateliers

---

2- <b>ORVIETO</b>	(IT, Umbr.)	- inédit A. Chartrain
3- TOULOUSAIN	(FR, Occitanie)	- THOMAS 2006
4- <i>ILA PEDROSA</i>	(ESP, Cat.)	- VIVAR LOMBARTE 2013
5- <b>ELS VILARS</b>	(ESP, Cat.)	- ALONSO <i>et al.</i> 2011
6- CERRO de la CRUZ	(ESP, Anda.)	- QUESADA, KAVANAGH, LANZ 2014
7- ALORDA PARK	(ESP, Cat.)	- ASENSIO <i>et al.</i> 2002
10- NANTAIS Polinski	(FR, 44)	- POLINSKI 2009
20- LATTES Proto	(FR, 34)	- PY 1992, RAUX 1999, DAVEAU <i>et al.</i> 2007
20- LATTES ROM.	(FR, 34)	- PY 1992, RAUX 1999, DAVEAU <i>et al.</i> 2007
20- LATTES indatés	(FR, 34)	- PY 1992, RAUX 1999, DAVEAU <i>et al.</i> 2007
21- BOULOGNE	(FR, 62)	- PICAUVET 2011
21- ARRAS	(FR, 59)	- PICAUVET 2011
21- SOISSONS	(FR, 60)	- PICAUVET 2011

21- AMIENS	(FR, 80)	- PICAUVET 2011
21- BAVAY	(FR, 59)	- PICAUVET 2011
21- BEAUVAIS	(FR, 60)	- PICAUVET 2011
21- REIMS 2011	(FR, 51)	- PICAUVET 2011
22- TRENTO DONNER (IT.)		- DONNER 1992
23- PECH MAHO	(FR, 11)	- PORTILLO 2006, GAILLED RAT <i>et al.</i> 2012
24- PUIG CASTELLAR (ESP, Cat.)		- PORTILLO 2006
25- PUIG St. ANDREU (ESP, Cat.)		- PORTILLO 2006
26- PICARDIE-LT	(FR, 60, 02, 08)	- POMMEPUY 1999
27- MARTIGUES	(FR, 13)	- CHAUSSERIE-LAPREE 1998
28- BOLUNBURU	(ESP, Vis.)	- CEPEDA <i>et al.</i> 2014
29- AVRILLY	(FR, 27)	- GUILLIER, BIARD, COQUEREL 2005
30- ENTRAMMES	(FR, 53)	- GUILLIER <i>et al.</i> 2009
31- CHARTRES	(FR, 28)	- ROBIN <i>et al.</i> 2011
32- MEAUX	(FR, 77)	- LEPAREUX-COUTURIER 2011
33- HERTFORDSHIRE	(UK, Herts.)	- GREEN 2011
34- Le CHAUDRY	(FR, 18)	- GAULTIER 2009
35- SILCHESTER	(UK, Hants)	- SHAFFREY 2003
36- BIBRACTE	(FR, 58, 71)	- JACCOTTEY 2011 = 2009
38- Les FOSSOTTES	(FR, 88)	- FARGET 2006, FARGET 2007
39- LEVROUX	(FR, 36)	- BUCHSENSCHUTZ 1994
40 - PORTUS	(FR, 71)	- JACCOTTEY <i>et al.</i> 2011
41- PACÉ	(FR, 35)	- LABAUNE-JEAN, JACCOTTEY <i>et al.</i> 2011
42- SAVERNE	(FR, 67)	- BUCHSENSCHUTZ <i>et al.</i> 2011
42- ALSACE Autres	(FR, Alsace)	- BUCHSENSCHUTZ <i>et al.</i> 2011

- 42- STRASBOURG (FR, 67) - BUCHSENSCHUTZ *et al.* 2011
- 43- Bretagne & Mayenne (FR, Grand Ouest) - HAMON, DONNART 2008
- 44- Le MORMONT (CH, VD) - BOYER *et al.* 2011 (Manchons)
- 45- Les HERBIERS (FR, 85) - GAULTIER 2013
- 46- ARGENTOMAGUS (FR, 36) - GAULTIER 2009, MAUSSION 1994
- 47- BOURGOGNE (FR, Bourgogne) - BUCHSENSCHUTZ *et al.* 2011
- 48- FRANCHE-COMTÉ (FR, Fr-Comté) - BUCHSENSCHUTZ *et al.* 2011
- 49- CALVADOS (FR, 14) - LEPAUMIER 2012, ZAOUR *et al.* 2011, BESNARD-VAUTERIN 2013
- 51- ROANNE (FR, 40) - LAVENDOMME, GUICHARD 1997
- 52- CHAMPION (BELG, Na) - VAN OSSEL, DEFGNEE 1997
- 53- Le PATURAL (FR, 63) - DEBERGE, COLLIS, DUNKLEY 2007
- 54- MAZIÈRES-en-MAUGES (FR, 49) - BOYER, BUCHSENSCHUTZ 2001
- 55- VERTAULT (FR, 21) - BOYER, JOUIN 2001
- 56- BIBRACTE Le REBOUT (FR, 58, 71) - BUCHSENSCHUTZ, BOYER 1999
- 57- PUY du TOUR (FR, 19) - PESTEIL 2007
- 58- AGDE (FR, 34) - ARIS 1974, REILLE 2000
- 59- PROVENCE Coquerel 1992 (FR, PACA) - COQUEREL 1992
- 60- ENSÉRUNE (FR, 34) - inédit Chartrain
- 61- FINISTÈRE 1987 (FR, 29) - MORNAND 1987
- 62- AQUILEIA & varia ITALIA (IT.) - POLETTI, GARANZINI 2016 ; SPAGNOLO GARZOLI 2009 ; FANTINI 1968 ; BARATTA *et al.* 2006 ; BENEDETTI 2015 ; ZANNOL 2016 ; FACCHINETTI *et al.* 2016 ; CANZANELLA 1997 ; ANTONELLI *et al.* 2012
- 63- MAGALAS (FR, 34) - GINOUVES 2016
- 64- La MARÈZE (FR, 81) - THOMAS 2006; SERVELLE, THOMAS 2011
- 65- CARCASSONNE (FR, 11) - inédit Chartrain
- 66- PEYRIAC-de-MER (FR, 11) - inédit Chartrain

67- CHABLES	(CH, Fri.)	- ANDERSON <i>et al.</i> 2003
68- EIFEL	(GRM, Rh-Pal.)	- MANGARTZ 2008
69- TUNGRI	(BELG, Lim.)	- HARTOCH 2015
70- AVENCHES	(CH, Vd)	- CASTELLA, ANDERSON 2004
72- OSTIA	(IT, La.)	- inédit Chartrain
73- La LANDE, La VERNHE	(FR, 12)	- MORASZ, PULOU 1997
74- AUTUN Fbg d'Arroux	(FR, 71)	- JACCOTTEY, BOYER, ALIX 2017
76- OBERNAI	(FR, 67)	- FELIU, JODRY 2017
78- NAGES	(FR, 30)	- PY 1978, PY 2015, REILLE 2001
80- REIMS Jodry 2017	(FR, 51)	- JODRY 2017
81- BÉZANNES	(FR, 51)	- ETCHART-SALAS 2017
86- BAD NAUHEIM	(GRM, He.)	- WEFERS 2012
87- BORKEN	(GRM, NW)	- WEFERS 2012
88- WANZENAU	(FR, 67)	- FORRER 1912
93- GONDOLE	(FR, 63)	- aimable comm. Y. Deberge
94- YMONVILLE	(FR, 28)	- ROBIN <i>in</i> JOSSET 2012
95- PRASVILLE	(FR, 28)	- ROBIN <i>in</i> BAILLEUX <i>et al</i> 2010
96- SARAN	(FR, 45)	- ROBIN 2014
97- VOVES Moulin GEARGEOT	(FR, 28)	- ROBIN <i>in</i> FENCKE <i>et al.</i> 2009
99- BLOIS La Croupe	(FR, 41)	- PEYNE <i>et al.</i> 2019

---

**Autres ensembles sollicités ponctuellement :**

1- Total <i>Metae</i> GAULE		- BUCHSENSCHUTZ <i>et al.</i> 2011
37- TOMBLAINE	(FR, 57)	- DEFRESSIGNE, TIKONOFF <i>in</i> BARRAL, FICHTL 2012
50- La SALLE	(FR, 88)	- LAGADEC 2008
71- Varia LANGUEDOC	(FR.)	- REILLE 2002, inédit MAZIERE

77- SENS	(FR, 89)	- inédit PERRUGOT
79- VIENNE	(FR, 38)	- CHAPOTAT 1970
<b>LOVOSICE</b>	(TCH.)	- WALHAUSER 1981
WALDGIRMES	(GRM.)	- BAATZ 2015
PANDOURS	(FR, 67)	- BONAVENTURE, FELIU 2012
82- BARBEGAL	(FR, 13)	- LEVEAU 2007
83- MUSÉE D'ARLES	(FR, 13)	- AMOURIC 1997 ; - LEVEAU 2007
84- <b>PURPURKOPF</b>	(FR, 67)	- JODRY, HOLDERBACH 2017
85- RUSCINO	(FR, 66)	- LONGEPIERRE 2012
89- FONTE da RIBEIRA	(PORT.)	- WAHL <i>et al.</i> 2015
90- Irlande	(IRL.)	- KELLY 1984
91A- LONDON Tex88	(UK)	- FRESHWATER 1996 ; PARKHOUSE 1997
91B- LONDON Poultry	(UK)	- WILLIAMS, PEACOCK 2011 online
92- RIBES	(DK)	- FEVEILE 2010
DORESTADT	(NL)	- PARKHOUSE 1976
HAITABU	(GRM, Schl.Hol)	- SCHÖN 1995 : PARKHOUSE 1997
98- FONTAINE-la-GUYON	(FR, 28)	- ROBIN <i>in</i> FENCKE <i>et al.</i> 2010
100- MONTLAURÈS	(FR, 11)	- REILLE 2001
101- <b>FOSSES-LUZARCHES</b>	(FR, 95)	- GARCIA 2019
102- CHATEAUMEILLANT	(FR, 18)	- HUGONIOT, GOURVEST 1961
103- CLERMONT FERRAND	(FR, 63)	- MARTINEZ, OLLIVIER 2018
VAL d'AOSTA	(IT. Ao)	- CORTELAZZO 2015
DESCARTES	(FR, 37)	- COUDERC, KILDEA 2017
Les MARTYS	(FR, 11)	- FABRE, DOMERGUE, DABOSI 2016
MANCHING	(GRM. Bay.)	- JACOBI 1974 ; SIEVERS 2003

# ANNEXE n°20



## Longévité & Capital Horaire des Meules : mesure expérimentale de l' usure et de la durée selon roche et denrée

*L'étude des Meules Rotatives permet de définir la longévité des meules sous la forme d'une épaisseur de pierre usable durant l'utilisation de la meule. Néanmoins il est à terme nécessaire de passer d'une durée en cm à une durée en heures car pour une même épaisseur de pierre la longévité de deux meules pourra être différente selon leur matériau, selon peut-être leur vitesse de rotation voire selon les denrées soumises à broyage (grain, sel, minerai).*

*Le présent projet vise à estimer ces longévités pour quelques catégories principales de roches et de denrées. Il a été présenté le 1<sup>er</sup> décembre 2017 dans un séminaire Paris I-Paris X consacré à l'archéologie expérimentale.*

*Cependant, les échanges intervenus avant cette présentation avec des ingénieurs nous ont indiqué que plutôt que de recourir à la réalisation longue et coûteuse d'expérimentations pratiques sur banc, il est désormais possible de développer des simulations numériques puissantes et capables de traiter un nombre consistant de variables (cela fait d'ailleurs réfléchir aux possibilités d'un virage numérique de l'expérimentation archéologique).*

*C'est dans ce sens qu'après la présentation de notre mémoire de thèse nous serons amené à reformuler et développer le projet ici esquissé, en collaboration avec un laboratoire, une école ou un cabinet d'ingénierie.*

*Nous livrons néanmoins ici le projet dans sa version d'expérimentation pratique initiale car on y trouve définis les objectifs et les variables de roche et denrées.*

# EXPERIML : Avant-Projet d'EXPERIMENTATION automatisée d'un moulin antique

A. Chartrain IV-X.2017

## 1. L'Objectif : Mesurer l'USURE & LONGÉVITÉ des MEULES

. Si l'on excepte par exemple la vitesse de rotation ou bien les systèmes d'axe et de support de la meule tournante, l'une des principales inconnues concernant les moulins de l'Antiquité *lato sensu*, a trait à leur fréquence d'utilisation et à leur longévité.

Il s'agit notamment d'établir si un moulin était élaboré pour une durée générationnelle (un moulin pour la vie) ou infra-générationnelle. On aimerait en particulier savoir dans ce dernier cas si le moulin -ou certains d'entre eux- était fabriqué dans l'optique d'un cycle court (de type 2 à 5 ans) ou d'un cycle long (de type 10 ans).

— L'exploitation des données relatives aux moulins modernes (Flandres : BRUGEMANN 2003) indique que les meules des XVII-XVIII<sup>e</sup> s. dans cette région, provenant généralement de La Ferté-sous-Jouarre ou de Champagne, étaient calibrées (épaisseur) pour durer ca. 25 ans, voire plus en cas d'utilisation variable ou modérée.

Cette donnée pourrait toutefois procéder d'une situation historique donnée. En effet elle se situe dans le cadre d'un essor industriel placé à la charnière entre d'une part un développement capitalistique poussant à des modernités ou des ruptures, et d'autre part des traditions solidement établies pouvant faire obstacle à ce même développement ou bien le nourrir. Ces traditions avaient ainsi régulièrement pour conséquence l'importance de la dépense d'investissement représentée par l'acquisition d'une machine, produisant alors des tendances à une relative inaccessibilité de l'outil de production au producteur lui-même (meunier). L'achat du couple de meules entraînait souvent l'endettement ou bien le transfert du moulin à un aristocrate ou à un bourgeois financeur qui dès lors mettait la main sur la rente meunière. Domaine réservé aux productions locales, souvent moins fiables, la fabrication de meules moins chères en pierre d'excellence eût pourtant résolu la contradiction mais il n'est pas certain que les gros centres producteurs aient développé une telle stratégie<sup>1</sup> en direction des meuniers les moins fortunés.

— Parallèlement, notre évaluation de la durée de vie indique qu'un moulin antique (IV<sup>e</sup> aC - IV<sup>e</sup> pC) tendrait vers une durée infra-générationnelle. Nous sommes parvenu à établir une usure maximale de 1/2 pied pour certaines meules rotatives ou de 30 cm pour des modèles pompéiens, soit un taux de 50% de l'épaisseur pour ces deux catégories. Cependant le rythme de consommation de la pierre nous échappe et pourrait peut-être dépendre de la vitesse de rotation. Il est donc impossible à ce stade de situer la durée de vie de la machine entre des bornes raisonnables de type 2 et 10 ans et l'on

---

<sup>1</sup> Il semble même que l'apparition de ces grands centres (phénomène qui présente des analogies avec l'Antiquité romaine) n'ait pas entraîné de baisse des prix, point important qui mériterait d'être enquêté.

perçoit alors que la voie expérimentale pourrait permettre d'approcher les rythmes d'usure et par conséquent l'ordre de grandeur des longévités.

. Il existe en effet **une relation forte entre l'épaisseur d'une meule et sa longévité**. Aussi la première peut-elle être sollicitée pour apprécier la durabilité de l'équipement meulier.

—— Notons que deux aspects mériteraient d'être approfondis, y compris par l'approche expérimentale :

- d'une part il conviendrait en effet de statuer sur **l'éventualité d'une usure différentielle entre meule dormante et courante** ; ce phénomène, malgré certaines notations<sup>2</sup>, **n'est pas assuré** au vu des données archivistiques<sup>3</sup>, cette usure pouvant en outre être influencée par une différence entre le matériau de l'une et l'autre meule,

- d'autre part il conviendrait d'explorer **l'impact sur l'usure, de vitesses de rotation différentes** selon par exemple les moutures (semoules ou farines) ou par exemple selon la motorisation (à eau ou à vent). Le caractère standard de la production (meules épaisses de 43 cm soit 16 pouces) indique soit qu'une éventuelle différence de vitesse était sans effet sur l'usure, soit qu'elle l'impactait mais que les ateliers producteurs n'en tenaient pas compte (ce qui serait à priori plutôt surprenant).

—— En **Flandres modernes l'usure moyenne** s'établit ainsi à **0,81 cm par an** tant pour les moulins à eau qu'à vent. Les meules y étaient dimensionnées à 43 cm d'épaisseur (soit 16 pouces) et utilisées jusqu'au seuil de 11 cm (4 **pce**) et parfois jusqu'à 6 ou 7 cm (2 **pce**). Selon l'usure moyenne une meule durait ainsi 43 ans mais pour une fraction significative de meules à usure prononcée (1,3 cm/an) la durée était ramenée à 31 ans voire à une vingtaine d'années pour les moulins les plus sollicités. Quoiqu'il en soit la durée est remarquable et d'ordre générationnel voire bi-générationnel.

—— Pour l'**Antiquité on ignore l'usure moyenne** des moulins mais on constate **une diversité d'épaisseurs** (4 pour Orvieto) au sein-même des centres producteurs. Cette diversité semble intervenir dans le cadre de normes. **Les ateliers ont donc fabriqué des meules à longévité variable**, ce qui peut correspondre à deux cas de figure :

- **soit cette offre diversifiée entendait répondre par une gamme de prix à la gamme de pouvoir d'achat des acquéreurs** (ce qui est plus fréquent dans le cadre d'un bien de consommation que d'un bien d'équipement, si tant est que ce distinguo soit pertinent dans les temps classiques),

- **soit l'offre variée était déterminée par le *process* de fabrication**, la variété procédant alors de la réalisation d'une meule d'épaisseur maximale à partir de blocs initiaux variables (le souci étant alors celui d'une maximisation de l'épaisseur de la meule finale). Cette détermination aurait naturellement tendance à produire un *continuum* d'épaisseurs d'allure gaussienne, sauf peut-être si la production observe des normes, seule la fréquence de chacune variant alors en fonction de la fréquence des épaisseurs initiales des blocs.

---

<sup>2</sup> Ainsi « la meule courante s'use plus vite que la gisante ; une bonne meule courante dure dans un moulin travaillant bien, 25 ans & la gisante 50. » : *Encyclopédie Méthodique des Arts & Métiers*, 1788, T.V, Paris, p.99.

<sup>3</sup> Cf. **BRUGGEMAN** - *Les meules en Flandres* in **BARBOFF** 2003, p. 231-238.

En complément il reste nécessaire d'examiner l'éventualité d'un comportement différencié entre les meules dormantes et les courantes : en effet, les *catilli* pourraient avoir (notamment à l'époque impériale) présenté une épaisseur et donc une longévité moindre que celle des *metae*. Cette différence pourrait d'abord s'expliquer soit par une usure différentielle (moindre en ce cas pour les *catilli*), ce qui reste doublement à démontrer<sup>4</sup>, soit par une (curieuse en ce cas) volonté de renouveler plus rapidement les *catilli*. Une troisième explication voudrait que les *catilli* deviennent minces et que ce phénomène d'amincissement ne soit pas toujours visible sur de nombreuses *metae* : la hauteur de ces meules cumulerait en effet 2 épaisseurs : une strictement fonctionnelle et une autre servant de piédestal<sup>5</sup>. Toutefois la parité quantitative générale *catillus/meta* qu'on observe tant sur les ateliers que sur les sites de consommation tendrait à infirmer ce cas de figure d'une longévité significativement différentielle.

S'agissant toujours des moulins antiques les épaisseurs mesurables en contexte de centre producteur (meules neuves) ou sur des cargaisons (ex. El Sec, Ila Pedrosa ou Wantzenau) permettent parfois, à l'instar du cas des Flandres, de supposer la valeur de l'épaisseur de la meule neuve. Ainsi, concernant les meules à va-et-vient dites « trémies d'Olynte » (cf. infra), nous disposons de 2 normes<sup>6</sup> : meule neuve à 9 cm d'épaisseur (Groupe A, 5 *Digiti*) et meule neuve à 17,5 cm de hauteur (Groupe B, 10 *dgt*). Déterminer l'usure moyenne (horaire ou annuelle par ex.) permettrait de définir la longévité.

En résumé, le projet EXPERIML vise à déterminer le capital horaire d'une meule et sa variation éventuelle en fonction de la pente, de la vitesse de rotation et du type de denrée.

## 2. CADRE PROBLEMATIQUE DE L'EXPERIMENTATION

### PARAMÈTRES TESTÉS & DÉBOUCHÉS ARCHÉOLOGIQUES

#### 2.A une étude limitée des stigmates d'usure

L'inventaire, le moment d'apparition ou d'effacement, l'emplacement, la direction, la profondeur ainsi que toutes caractéristiques des stries, lustres ou stigmates variés d'utilisation ne sont pas l'objectif principal de l'expérimentation. Toutefois on sera attentif au rythme de formation (lent ou brutal) et au moment d'apparition de 3 phénomènes liés à l'usure, ici abordé dans un ordre d'intérêt croissant :

- le méplat distal
- le col d'usure et son caractère d'obstacle éventuel
- les éclats sur le rebord périmétral.

---

<sup>4</sup> A la fois que l'usure soit moindre sur une des deux meules et qu'elle le soit sur la meule tournante (*Catillus*.)

<sup>5</sup> En ce cas l'épaisseur active serait analogue à celle, faible, du *Catillus*, et ne correspondrait qu'à la « coiffe » fonctionnelle de l'épaisseur réelle de la *meta*, cette épaisseur fonctionnelle serait mieux observable sur les « flat lower-stones » ou *Metae-disques*.

<sup>6</sup> Travail inédit dans le cadre de notre doctorat à Paris 10 Nanterre.

Un méplat sur le rebord extérieur, principalement constaté sur les meules mobiles (JODRY, THOMANN 2014), est régulièrement cité (avec le lustre et les stries concentriques) au titre des principales figures d'usure. On souhaiterait s'assurer qu'il en est bien ainsi, établir si sa formation s'amorce très rapidement ou dans une phase finale d'utilisation, si enfin elle n'est pas due à une différence de diamètre avec la meule tournante.

Un ménisque dit « col d'usure » (voir photo rectangulaire sur l'illustration principale) est régulièrement observé<sup>7</sup> autour de l'œil des meules fixes ayant été utilisées et lui aussi attribué, de plus en plus souvent<sup>8</sup>, à l'usure. Le rebord de l'œil où il prend place apparaît souvent écaillé voire endommagé, ces stigmates étant absents en présence du col d'usure qui est généralement quant à lui plutôt lisse et régulier. Ce « col d'usure » soulève deux questions : est-il bien le résultat d'une usure ? appelle-t-il un abatement régulier (taille) pour éviter que sa croissance ne vienne obstruer l'oeillard de la meule tournante ou modifier l'angulation de la meule dormante ?

Enfin, on observe sur le rebord périmétral des *metae* et assez souvent des *catilli*, un festonnage dû au départ d'éclats. Ce festonnage est plus ou moins développé sur le périmètre et les éclats plus ou moins nombreux ou amples. Le phénomène pourrait être amorcé par les petites cassures apparaissant à + 16 H d'utilisation (expérimentation JODRY, THOMANN 2014). Notre expérimentation devrait permettre de statuer sur leur origine thermique (montée en température de la meule) ou/et mécanique (chocs entre les meules)<sup>9</sup>. Il convient en outre d'établir si leur production est régulière dans le temps ou si elle appartient à des moments particuliers (tels que périodes d'oscillation, fin d'utilisation, ralentissement de la rotation), également si elle est corrélée aux denrées (granulométrie ou nature minérale). Une production régulière permettrait de mesurer la durée d'utilisation (décompte du nombre d'éclats et mesure du pourcentage de périmètre festonné). En raison de la démultiplication représentée par la circonférence par rapport à la Hauteur (qui est un attribut « tassé »), cette mesure pourrait s'avérer précise<sup>10</sup>.

## 2.B un accent sur la Hauteur et le Rythme d'USURE

Malgré l'important intérêt des trois éléments à peine évoqués, les principaux paramètres à tester à travers EXPERIML sont toutefois les suivants :

- observe-t-on une usure différentielle entre tournante et dormante<sup>11</sup> ?
- l'usure (épaisseur, profil et formes) est-elle différente selon la conicité ? (moulin conique ou plat)

---

<sup>7</sup> Nous devrions prochainement être en mesure de produire une fréquence brute (non pondérée par ex. selon les types ou degrés d'usure), pour deux grandes périodes : fin de l'Age du Fer (La Tène C-D soit les III-<sup>er</sup> s. aC) et l'époque romaine impériale (I-IV<sup>e</sup> s. pC).

<sup>8</sup> L'expression est par ex. employée en 1999 par ANDERSON et al. dans un article sur l'atelier meulier de Châbles en Suisse.

<sup>9</sup> A cette fin un protocole particulier mettra en oeuvre une oscillation de la meule tournante, tant sur le modèle plat (conicité 0°) que sur le modèle conique (conicité 23°).

<sup>10</sup> La circonférence d'une meule de 30 cm de diamètre s'établit à 94 cm alors que la hauteur à neuf varie généralement de 13 à 20 cm. La démultiplication offerte par le périmètre peut être appréciée ainsi : si une meule dure 6 ans 100% de festonnage serait produit au rythme de 15 cm/an (si 60% est le taux courant alors l'usure festonnante est de 56 cm/6 ans soit 9,4) ; pour une meule épaisse de 13 cm l'usure à 7 cm indique un rythme de 1 cm/an : la démultiplication est de facteur 9 à 15...

<sup>11</sup> Notre exploitation des meules de Flandres (BRUGGEMANN op. cit) semble aller dans ce sens, avec toutefois l'indication contradictoire d'une usure accrue, tantôt affectant la tournante, tantôt la dormante.

- l'usure ou les stigmates ou leur localisation sont-ils différents **selon les denrées** ?
- l'usure est-elle différente selon **la vitesse de rotation** ?  
(2 ou 3 vitesses d'expérimentation seront définies sur la base de la bibliographie technique et anthropologique, en distinguant moulin manuel ou mécanisé que ce dernier soit à sang ou hydraulique)
- quel est **le capital horaire d'une meule** ? ce paramètre sera donné par **la hauteur disponible à l'usure** (HPU ou PWH)<sup>12</sup> **divisée par le taux horaire d'usure** (en cm ou mm par ex. pour 100 ou 1.000 heures) que l'expérimentation aura permis d'établir sur une longue période (plusieurs semaines ou plutôt mois). Il reviendra à l'expérimentation d'établir si ce Capital Horaire de la meule (CHM) apparaît lié à un seul ou bien à plusieurs parmi 4 attributs : la roche<sup>13</sup>, la conicité, la vitesse, la denrée.

Dès lors **une hauteur** (usure totale ou Hauteur à neuf) **pourra correspondre à une durée**. Une nouvelle exploitation archéologique des meules deviendra possible au moyen du **Taux d'usure** (% de HN Hauteur à Neuf).

En effet toute meule pourra être affectée d'un % d'usure ( $H^{14} = \%HN$ ) dès lors que l'on connaîtra ou pourra estimer le patron neuf auquel elle correspond. Ce patron peut être fourni, pour un type donné, par les exemplaires neufs observables en carrière ou bien être estimé sur la base des Hauteurs maximales observées sur plusieurs assemblages (en préférant les cargaisons ou les ateliers de finition ou d'installation).

L'expérimentation ayant par ailleurs fourni **l'échelle de ce capital-durée** (2 ans, 5, 10 ou 25 ans), la lecture archéologique d'une meule ou d'un assemblage meulier pourra être modulée : en effet, des indices d'une intensité d'utilisation accrue (plus d'heures par an) ou de rejet précoce (usure partielle) peuvent amener à réduire cette longévité de base.

Enfin, si le temps d'expérimentation le permet, il serait également intéressant de comparer si l'usure est substantiellement différente selon la nature de la roche et en particulier 3 catégories (leucite ou basalte ; grès ou conglomérat ; meulière).

---

<sup>12</sup> HPU pour « Hauteur Potentielle d'Usure », Engl. PWH pour Potential Wear Height.

<sup>13</sup> Nous avons tendance à penser que la roche joue peu sur l'importance de ce capital. Si en effet des roches, plus friables, peuvent s'user plus vite il n'est pas certain qu'elles aient été utilisées à traiter les mêmes denrées ou à la même vitesse que des meules plus dures. Une usure différentielle nette aboutirait à une densité archéologique en meules nettement plus importantes dans les régions n'utilisant pas la pierre dure (ex. Picardie laténienne). Cela dit le problème est réel : un assemblage urbain à 10% de meules volcaniques si ces dernières durent 5 fois plus que les meules locales est en réalité un assemblage où le volcanique représente 50% de la puissance meulière. On doit donc opérer une correction de même type que celle faite en archéozoologie entre le NR ou le Poids de Restes et le Poids de Viande. Si d'ailleurs le prix d'une meule dure volcanique est 2 fois celui d'une meule tendre locale, en réalité la meule vaut 2,5 fois moins, ce qui pourrait parfois expliquer la diffusion large scale de certains produits (à examiner en concurrence avec d'autres facteurs tels que des distorsions dues à une taxation différentielle ou à une production militaire, ou tels que des marchés privilégiés ou des monopoles de fait). De même une roche à moindre usure peut expliquer que certaines meules (ex. Eifel) soient de faible épaisseur à neuf (7 à 10 cm plutôt que 13 à 20). Ces données sont fondamentales pour interpréter d'une part le taux d'équipement meulier d'un habitat ou d'une installation, d'une aire géographique ou d'une époque, d'autre part pour interpréter les marchés antiques et leurs raisonnements.

<sup>14</sup> Il s'agit de rapporter la H observable ou conservée à la Hauteur neuve ; l'expérimentation indiquera quelle Hauteur est la plus pertinente (la H centrale comme je tends à le croire, ou la H de Flanc qui est cependant dépendante de l'angulation de la meule).

## 2.C nécessité d'une correction de la représentation archéologique des assemblages meuliers ?

L'une des problématiques essentielles qui appelle à être incluse dans EXPERIML est certainement celle du test de l'éventuelle nécessité de corriger la représentation archéologique des assemblages de meules, ce qui peut avoir des conséquences importantes pour l'interprétation fonctionnelle ou économique des assemblages.

Cette question concerne notamment les meules en matériau volcanique et tout particulièrement les roches effusives de type « basalte » ou assimilables, dont les principaux centres de fabrication sont le Complexe Héraultais, le Toulonnais, les trachy-andésites et laves du Massif Central (notamment les Puys, les Coirons), les leucitites de la Province Magmatique de Rome (dont Orvieto), les trachytes des Collines Euganéennes près de Padoue en Italie et l'Etna en Sicile<sup>15</sup>, enfin le massif de l'Eifel en Allemagne.

La question d'une correction se pose lorsqu'on constate deux faits pour l'époque romaine : d'une part la minceur des meules en roche volcanique (notamment dans l'Eifel), d'autre part (WILLIAM-THORPE 1988 - *Provenancing...*) l'existence à la période impériale d'un réseau large scale de diffusion de meules volcaniques. Ce réseau se superpose à celui des meules en roche locale<sup>16</sup> qui, d'échelle quasi départementale est hérité de l'Age du Fer et s'avère toujours actif voire prépondérant. Il est possible que la diffusion des meules volcaniques s'appuie sur des avantages non techniques (prix, fabrication par l'armée en Eifel, marchés privilégiés liés à de grandes familles ou à l'obtention d'avantages par exemples fiscaux). Mais on peut tout autant envisager que les qualités du matériau volcanique aient conféré des avantages, en particulier une longévité possiblement supérieure<sup>17</sup> (qui pourrait expliquer la minceur des meules et donc leur allègement).

Si l'on admet par hypothèse que les meules volcaniques ont une longévité par exemple 1,5 à 2 fois supérieure aux autres, il est nécessaire d'apporter une correction en pondérant la composition brute de l'assemblage. En effet, lorsqu'un ensemble de meules est composé de 80% de roches locales et de 20% de matériau volcanique, en réalité son Potentiel de Travail meulier est composé de 30% de volcanique et de 70% de local (longévité basalte x 1,5) ou de 40% de volcanique pour 60% seulement de local (longévité lave 2 fois supérieure). En effet, ce n'est pas en terme de nombre de meules qu'il faut raisonner<sup>18</sup> mais en terme de cumul de Capital Horaire.

Par conséquent, pour l'interprétation des assemblages meuliers (urbains ou ruraux, selon la région ou la chronologie) en termes d'équipement, de puissance industrielle, de potentiel de travail ou d'échange il serait essentiel de pouvoir, dans le cadre d'EXPERIML, confronter le Capital horaire de deux meules de lithologie différente, une meule en grès (par ex. des Vosges) et d'une meule en basalte (Eifel).

---

<sup>15</sup> Si l'on écarte la production marginale d'Olot en Catalogne et celle de la Méditerranée orientale (Egée et surtout celle, importante, de la zone Jourdain/Golan dans le Levant).

<sup>16</sup> Principalement des grès et conglomérats, parfois des calcaires comme en Picardie laténienne et surtout en période moderne.

<sup>17</sup> Le cas d'une longévité supérieure est avéré entre les roches locales et les meules de La Ferté importées au XVII-XVIII<sup>e</sup> s. en Chartreuse (voir BELMONT 2001 - Meules de Quaix, in : La Pierre et le Pain).

<sup>18</sup> Un raisonnement en termes de cumul des surfaces actives serait déjà plus adapté.

Cela permettrait, si la différence apparaissait significative, d'opérer la pondération entre les grandes catégories de roches meulières<sup>19</sup>.

Accessoirement ce premier pas permettrait également d'amorcer la problématique de l'interprétation technique ou culturelle des épaisseurs de meules : les meules épaisses (par ex. Orvieto) le sont-elles par *habitus* ou en raison d'une « usabilité » plus grande compensée par une surépaisseur visant à leur conférer un Capital Horaire standard.

### 3. REALISATION

#### .2A. Expérimenter 1 ROCHE, 3 MACHINES, 2 DENRÉES

Notre projet d'approche expérimentale vise en conséquence à apprécier, sur une base chiffrée et en mesurant l'usure, la longévité d'une meule et accessoirement à observer s'il se produit une usure différentielle en raison soit du caractère tournant ou fixe de la meule, soit en fonction de la vitesse de rotation. L'automation répond à la nécessité de contracter l'échelle de temps en s'affranchissant des temps morts présents dans une utilisation naturelle.

Afin de limiter les paramètres on envisagera seulement 2 types de moulins qui d'ailleurs se partageaient le domaine antique<sup>20</sup> :

- 1- le va-et-vient de type Olynthe, diffusé à partir du IV<sup>e</sup> s. aC en Méditerranée égéenne et orientale
- 2- le rotatif, apparu vers -500 en Catalogne puis rapidement diffusé sur le continent, en Italie et dans toute la Méditerranée occidentale.

Ce dernier sera décliné en 2 versions afin de mesurer l'éventuelle incidence de l'angulation sur l'usure :

A/ moulin plat (conicité 0°)

B/ moulin conique (conicité forte à 22°).



Cette dernière conicité correspond à l'angulation maximale constatée en Italie du N-Est, à Orvieto et en Gaule.



**Exp. 1**  
**va-et-vient**



**Exp. 2A**  
**moulin rotatif plat**



**Exp. 2B**  
**moulin rotatif conique**

<sup>19</sup> Un travail plus systématique sur l'éventail habituel des roches meulières pourrait faire à notre avis l'objet d'un (ou plusieurs) mémoire de Mastère de Sciences et Techniques. L'éventail des roches à considérer serait de l'ordre d'une quinzaine et en particulier le suivant : 1/ EFFUSIVES : basalte Eifel, basalte Agde, trachyte Euganéenne, trachy-andésite des Puys, hawaïte de l'Etna, leucite RMP, ignimbrite de Mulargia 2/ SEDIMENTAIRES : meulière de la Ferté, grès de Fosses-Belleu, calcaire à nummulites ou cérites de Picardie, calcaire meulier de Domme, grès vosgien, vauugnérinite de l'Autunois, grès de Macquenoise, grès du Chaudry, conglomérat de l'Aude ou du Toulousain, schistes à grenat du Piémont - cet éventail est donné par croisement entre les familles de roches meulières les plus fréquentes (laves, grès, conglomérats, calcaires) et les principaux assemblages archéologiques étudiés.

<sup>20</sup> Et se posant pour tous deux la question d'une origine éventuellement liée à la minéralurgie.

Pour le modèle Exp.1 on retiendra à priori l'Olythe de type Martigues, moins fréquent mais moins encombrant, plus simple à élaborer et peut-être à actionner que le modèle à encoches et levier axiaux. Le modèle Martigues utilise par ailleurs la totalité de la surface de la table de mouture, proposant une usure régulière et des stigmates plus étirés sur le plan de mouture. A priori les surfaces ne seront pas striées, sauf si une usure polissante venait à se développer rapidement. Comme pour les meules rotatives Exp.2A et Exp.2B on retiendra s'il s'avérait nécessaire, un ravivage périodique à coups perdus.

## **.2B. DURÉE de l'EXPÉRIMENTATION**

On prend pour base provisoire<sup>21</sup> une durée moyenne d'utilisation du moulin de 4 H par jour et de 25 jours par mois, ce qui peut correspondre à la fois à des contextes domestiques ou parfois artisanaux. La durée d'utilisation est ainsi de 100 H par mois et de 1.200 H par an.

Le protocole expérimental sera basé sur une activation de 18 ou 21,5 H sur 24, la rotation étant arrêtée sur 25% ou 10 % du temps afin de permettre refroidissement et nettoyage<sup>22</sup>. Cela pourra prendre la forme d'un arrêt de 15 ou 6 minutes chaque heure qui pourra être modulé en plus resserré ou plus lâche à l'issue de la phase de test qui permettra de définir les paramètres de croisière de l'expérimentation.

Selon la longévité escomptée à la production, on obtient le tableau suivant :

LONGÉVITÉ ESCOMPTEE	total H. (4 H/j)	Durée de l' EXPÉRIMENTATION				USURE prévue	
		(ROTATION 75%) 18 H / jour		(ROTATION 90%) 21,5 H / jour		taux 0,4 cm /an	taux 0,8 cm /an
<b>1 an</b>	1.200 H	67 j	<b>2,3 mois</b>	56 j	<b>2 mois</b>	0,4 cm	0,8 cm
<b>2 ans</b>	2.400 H	133 j	<b>4,5 mois</b>	112 j	<b>4 mois</b>	0,8 cm	1,6 cm
<b>5 ans</b>	6.000 H	333 j	<b>11 mois</b>	279 j	<b>9,5 mois</b>	1,2 cm	2,4 cm
<b>10 ans</b>	12.000	667 j	<b>22 mois</b>	558 j	<b>19 mois</b>	4 cm	8 cm

Il est probable qu'une expérimentation limitée à 4 ou 6 mois sera suffisante et que l'usure observée pourra être étendue par extrapolation aux longévités de 5 et 10 ans sans qu'il soit pour autant besoin de réaliser les durées expérimentales de 9 et 19 mois. Au-delà l'expérimentation aura probablement pour effet principal de sursolliciter le matériel et le dispositif expérimental. La décision de stopper ou prolonger l'expérimentation dépendra en effet de la simple observation de l'usure : négligeable celle-ci entraînera la poursuite de l'expérimentation, importante on estimera suffisante la phase expérimentale (dont la poursuite porterait d'ailleurs au renouvellement des meules). Naturellement ce cadre pourrait se montrer différent pour chacun des 3 moulins-type et amener une adaptation du dispositif (abandon pour les uns, poursuite de l'expérimentation pour les autres).

La probabilité d'une expérimentation courte (de 4 à 6 mois) repose sur le taux moyen d'usure de 0,8 cm / an observable sur les meules des Flandres<sup>23</sup>. Si en effet au cours de l'expérimentation on observe sur les meules une usure comprise entre 0,4 et 0,8

<sup>21</sup> Il faudra considérer les données fournies par l'observation ethnographique actuelle -cf. HAMON, LE GALL 2010.

<sup>22</sup> Selon l'expérimentation conduite par JODRY, THOMANN 2014, ce nettoyage a dû être pratiqué par brossage chaque ¼ d'heure.

<sup>23</sup> Sachant que le maximum observé pour les Flandres est de 1,4 cm / an et que les minima (de 0 à principalement 0,4 cm/an) résultent semble-t-il de phases d'arrêt ou de sous emploi des moulins.

cm les données pourront être extrapolées et l'expérimentation prendre fin. En revanche si l'usure constatée est nettement plus faible (par ex. de l'ordre de 0,1 ou 0,2 cm à l'issue des 2 premiers mois de fonctionnement, l'expérimentation devra être poursuivie et portée à une durée de 6 à 10 mois.

## **.2C. DISPOSITIF d'EXPÉRIMENTATION**

- **La roche** retenue pour les meules rotatives sera une leucite de la RMP de type Orvieto, et il en sera de même pour le modèle Olynte afin de permettre la comparabilité.

- **L'actionnement**, alternatif ou rotatif unidirectionnel, sera automatisé (moteur électrique).

- Le dispositif comportera une **surveillance de la température** de surface de la meule. A partir de capteurs, la température sera mesurée et monitorée<sup>24</sup>. Il s'agit d'une part de déclencher l'arrêt et les périodes de refroidissement des meules, d'autre part de situer l'expérimentation dans les limites raisonnables de l'échauffement meunier.

- **La denrée à broyer** sera constituée de céréale vêtue, blé ou épeautre, se rapprochant au maximum des tailles et qualités des céréales antiques. Si l'expérimentation devait s'achever après une durée de 2 ou 3 mois, on aurait alors avantage, après rénovation des meules (rhabillage à coups perdus), à expérimenter un **broyage minéral** dans le but, précieux, d'évaluer l'impact sur l'usure des meules. On préférera le sel<sup>25</sup>, denrée peu onéreuse actuellement, moins multiparamétrale que des minerais et susceptible d'avoir été un « client » des meules dans l'Antiquité.

- **L'automation** portera tout à la fois sur l'actionnement du couple de meules<sup>26</sup>, sur le dispositif d'arrêt pour refroidissement et nettoyage<sup>27</sup>, sur le monitoring de la température et des incidents, sur l'évacuation des broyats et déchets. Un développement pourrait consister en un **éventuel relevé automatisé périodique des stigmates d'utilisation** (stries, éclatements, beurrage..<sup>28</sup>). Il n'est peut-être pas indispensable de prévoir un mesurage

---

<sup>24</sup> *La mesure de la température pourra être directe ou indirecte (de type luminescence ou spectre ultraviolet ou calcul à partir de données relevées ailleurs qu'en surface), on évitera si possible de placer les capteurs en mode intrusif dans l'épaisseur des meules.*

<sup>25</sup> *Gemme de Cardona concassé et d'une certaine hétérogénéité afin de rester dans des conditions de vraisemblance antique.*

<sup>26</sup> *Pour l'actionnement de la courante et le réglage d'écartement on retiendra le dispositif de l'anille par dessous ; afin de se placer dans les conditions antiques les plus vraisemblables on retiendra un entraînement par le dessous dans une meta perforée (dispositif qui s'est généralisé au cours du 1er siècle avant et après J.-C.).*

<sup>27</sup> *Le nettoyage supposera un dispositif d'arrêt (court mais non abrupt : freinage/débrayage), de levage du Catillus (meule courante), de broyage automatisé des meules voire de lavage sous pression en cas de « beurrage » des meules, enfin de repositionnement du Catillus ; si la température ne pourra être mesurée en continu pendant la rotation, elle le sera en surface des meules juste au moment de l'arrêt (un arrêlage long fausserait les températures).*

<sup>28</sup> *Un dispositif de relevé des surfaces, automatique en imagerie haute définition, serait précieux ; son développement et sa réalisation supposent qu'il soit pris en charge par un spécialiste compétent ; cet aspect n'est pas le cœur de notre projet (mais il serait dommage de rater l'occasion).*

automatisé de l'usure<sup>29</sup>, s'en tenir à un relevé manuel périodique pourrait s'avérer suffisant et permettre une observation régulière des meules.

- **Le dispositif est prévu pour fonctionner H 24 en mode automatisé** avec déclenchement d'un arrêt automatique en cas de problème (arrêt ou bris, échauffement, bourrage, perte de la périodicité rotation/arrêt-nettoyage, arrêt de l'alimentation en grain, mauvais ajustement ou désynchronisation à la remise en route etc.). Deux dispositifs humains de contrôle manuel sont à prévoir :

- un monitoring vidéo avec zoom possible qui soit accessible H24 à un chercheur ou un technicien à partir d'un bureau ou d'un smartphone et avec possibilité de déclencher une alarme ou l'arrêt du dispositif<sup>30</sup>

- une visite 2 fois par jour (par ex. à 10 H et à 16 H).

La station expérimentale sera à priori disposée dans un sous-sol ou un local technique, et munie d'un dispositif automatique anti-incendie.

- **3 risques principaux** devront être pris en compte dans l'élaboration, la réalisation et le suivi : d'une part **l'incendie** (échauffement, ignition des poussières), d'autre part **le grippage et le bris**, enfin **l'emballement** qui aboutirait à un biaisage de l'usure<sup>31</sup> et à la perte de validité des stigmates. De ce point de vue, **le monitoring de la température des meules** en continu (ou périodique par ex. chaque 10 minutes) répondrait de manière optimale à la fois à des impératifs de sécurité et à des objectifs scientifiques.

## **.2D. CONCEPTION par MODULES**

Nous pensons à priori, hors de toute connaissance en la matière, que le banc d'expérimentation peut être conçu par **cumul et articulation de modules**. Le dispositif devra être triplé deux fois (2 moulins rotatifs + 1 à va-et-vient x 2 denrées). Il est sans doute avantageux en pratique de réaliser 2 bancs, l'un pour le grain l'autre pour le sel ou bien l'un pour les 4 meules rotatives (2 conicité x grain et sel) l'autre pour les 2 meules Olynthe). Les unités que nous pouvons envisager à ce stade sont les suivantes, réparties en 2 groupes :

### **A/ Modules actifs**

**1- module molaire M** composé chacun de 2 meules couplables (même roche, même diamètre, écartement à définir, meule inférieure fixe et supérieure rotative à anille par dessous, ou, pour le modèle va-et-vient, table surmontée d'une trémie d'Olynthe)

**2- module d'actionnement (R ou V-V)** : dispositif électrique et mécanique à mouvement rotatif ou alternatif, avec régulateur de vitesse et dispositifs de sécurité (température, bourrage, grippage, bris ou blocage) ; on testera 2 ou au maximum 3 vitesses (à priori 60 tr/min comme celle des meules traditionnelles ainsi qu'une ou 2 vitesses plus lentes)<sup>32</sup>.

---

<sup>29</sup> *Qui risque de poser la question de la fiabilité du point de mesure ou de sa multiplication, et pourrait s'avérer dispendieux alors que le rythme d'usure étant faible un relevé manuel périodique (hebdomadaire ? bi-mensuel ? mensuel) serait largement avantageux.*

<sup>30</sup> *Il faudra tenir compte du délai possible de transmission de la communication internet.*

<sup>31</sup> *Négligeable s'il est de quelques heures.*

<sup>32</sup> *Ces vitesses seront, d'après données bibliographiques et anthropologiques, calquées sur celle d'un couple de meules à actionnement manuel ou à entraînement animal.*

Ce module devra prévoir un mode reproduisant soit des périodes d'oscillation de la révolution (rotation conique de l'axe) soit une rotation devenant progressivement elliptique (axe axé mais rotation ovalaire du *catillus* autour de l'axe, donc inclinaison du plan B de la meule tournante entraînant une obliquité du plan B' ou « plan d'usure » de la dormante)

**3- module (Fd) d'alimentation en denrée (grain ou gravillon de sel) :** dispositif avec secouage permettant une alimentation quasi continue par l'oeillard de la meule supérieure ; à calquer sur le système classique de trémie secouée + auget ; on veillera à éviter tout phénomène d'engorgement ou de bourrage ; il sera intéressant de voir la relation entre la vitesse de rotation et le rythme adéquat d'alimentation/secouage ; à priori le grain sera à 14% d'humidité

**4- module de ravivage (RV) :** dispositif automatique de piquetage unipointe de la meule ; pour se rapprocher de la technique manuelle à coups perdus, cette opération devra être soit aléatoire soit parfaitement régulière (pilotage par canevas de coordonnées ?) mais couvrante (sauf couronne proximale). L'enregistrement de la fréquence des ravivages (nRV/100h), en fonction des vitesses et denrées, sera une collecte de données importante.

**5- module de nettoyage N :** dispositif automatisé à définir (sans effet d'usure mais désobstruant les vésicules et éliminant les restes organiques : brosses mi-dures + eau faible pression ? mouvement combiné rotatif et translatif ? proche d'une action manuelle)

**6- module d'évacuation Ev :** dispositif automatisé consécutif à 1 ou n nettoyages, il recueille et évacue (ensemble ou séparément) les broyats ainsi que les produits du nettoyage ; son emplacement et son volume doivent permettre, pendant la mouture, de recueillir successivement les broyats à la périphérie des meules ou au point unique de sortie ainsi que les issues de nettoyage des 2 meules (face + flanc ?), la meule tournante étant relevée ou latéralisée pour l'opération de nettoyage; le ou les volumes de nettoyage (bac ?) seront munis d'un dispositif d'évacuation (de type aspiration sèche ou arrosage + pompe) ; bac et évacuation peuvent être remplacés par un dispositif (permanent et non pas périodique) d'aspiration si le nettoyage ne nécessite pas d'eau

## **B/ Modules de monitoring, contrôle et commande**

**7- module(s) d'Enregistrement (E ou ER) :** dispositif(s) destiné à recueillir (en continu ou périodiquement) des données telles que la température du rebord des 2 meules (sinon de leur partie mésiale), l'épaisseur des meules au centre (H tube œillique du *Catillus* et H au rebord de l'œil de la *meta*, H du flanc), à capturer le profil radial des meules, à monitorer la révolution pour détecter l'oscillation éventuelle ou des rotations ovalaires.

Pour l'enregistrement des éclats périmétraux (festonnage) on privilégiera un système automatique de mesure des éclats et de leur corde (reconnaissance d'image et vectorisation ?) sauf si une opération manuelle s'avère suffisante (relevé et mesure sur clichage numérique) notamment en fonction de la fréquence des éclats (telle que 1 par mois ou par semaine).

Pour la température, des dispositifs évitant d'insérer une sonde dans la pierre seraient bienvenus, tels que des mesures par rayonnement direct (type ultraviolet) ou par projection lumineuse, transformation de la chaleur en autre signal etc.

La mesure de l'usure et des épaisseurs mérite réflexion quant à son pas (à priori mm ou quart de mm ?), sa fréquence, l'emplacement des relevés et la technique de mesure., gardant à l'esprit l'irrégularité d'une leucite ou d'un basalte bulleux.

Les mesures et observations de type tribologique (lustres, polis, stries, rainurages, émoussés des arrêtes, réduction de la porosité, saltation des grains, zonages de séparation, décortilage, éclatement ou écrasement, sortie des fines et des fractions plus grossières, circulation de l'air etc.) n'entrent pas dans le champ de cette expérimentation.

En revanche on réfléchira au moyen (vidéo numérique ? plage-balance de grande précision) d'enregistrer (par périodes test ?) les emplacements de sortie des broyats (concassats / sons / poudrats pour le grain et fine/sables pour le sel) selon les vitesses de rotation.

**8- module d'Alerte et Sécurité AL :** dispositif complexe déclenchant alarme, ralentissement, arrêt ou coupure d'alimentation électrique (cas d'élévation de température des meules ou de modules, cas de bourrage, de grippage, de bris ou de blocage). Une alarme incendie avec micro-disjoncteur et dispositif d'extinction est à prévoir

**9 -module de coordination des mouvements (CM) et module Commande Centrale / Coordination des modules (CC):** dispositif cerveau

NB : l'ensemble des dispositifs (cadre, meules, modules, câblerie) devront être à l'épreuve des poussières (farineuses ou salines)<sup>33</sup> ainsi que des projections humides (sauf choix de l'aspiration sèche qui semble d'ailleurs préférable).

### 3. CONDITION D'ELABORATION & DE REALISATION

#### .3A. COLLABORATIONS

Les dispositifs automatisés de rotation, alimentation en grain, nettoyage refroidissement, monitoring et relevé nécessiteront la collaboration, principalement à l'étape de la conception mais aussi lors de l'expérimentation elle-même, avec **un département d'automation ou robotique d'une instance d'enseignement supérieur** (IUT, CNAM, Département universitaire italien d'ingénierie<sup>34</sup>).

Le sous-programme tribologique éventuel portant sur l'enregistrement et l'analyse des stigmates devra être pris en charge par une personne spécialisée disposant déjà d'une expérience en archéologie expérimentale (tracéologie ou tribologie) ou bien en formation (un étudiant de M2 par exemple).

#### .3B. PHASAGE de conception de l'EXPÉRIMENTATION

**1. transport et taille** de 2 couples de meules rotatives basses (moulins Exp.2A et 2B) ainsi que d'une table et d'une trémie de type Olynthe ; fabrication (mécanique) de 4 petites meules plates indifférenciées de D.15 cm (H. cm) et de 16 unités de D.10 x H.10

---

<sup>33</sup> Voir la granulométrie de la fraction farineuse fine (en microns, de type argile ?) ainsi que l'acidité des poussières salines éventuellement humidifiées.

<sup>34</sup> Notamment Perugia, Padova ou Pisa.

destinées à divers tests éventuels (perforations pour capteurs, tests de nettoyage, tests de vitesse pour les D.10)

**2. définition des paramètres** d'activation, d'alimentation continue en grain, d'arrêt et de nettoyage des 3 moulins (dont recueil et élimination automatique des broyats)

**3. définition des paramètres** d'encombrement, d'alimentation électrique, de sécurité et d'accès des 3 moulins

**4. définition et réalisation des dispositifs** d'activation, d'arrêt et de nettoyage des 3 moulins ; définition le cas échéant des dispositifs d'enregistrement des stigmates dont mise au point d'un planning de début d'expérimentation<sup>35</sup>

**5. phase de test** du dispositif (activation, élimination des broyats, arrêt et nettoyage automatisé, alarme et arrêt sécurité, mesure de température, enregistrement des stigmates, mesure de l'usure) ; cette phase devrait également permettre de statuer sur les quantités de grain ou de sel nécessaires (par ex. pour 40 heures de révolution effective), sur les choix de nettoyage (mécanique ou hydraulique) ou encore sur certaines périodicités celle des arrêts-nettoyage (à 75% du temps de rotation ou à 90%, selon un rythme plurihoraire ou bien plus court), celle du relevé de température, celle du relevé des stigmates

**6. ajustement** du dispositif selon les résultats des tests et les décisions modificatives qui en découleront

**7. phase de croisière** de l'expérimentation (avec tenue d'un journal de l'expérimentation et bien entendu enregistrement tantôt en continu, tantôt périodique ou final des données d'observation). C'est durant cette phase et non celle, trop brève, des tests que devront être définies 2 périodicités :

- celle de l'enregistrement post-initial des stigmates
- celle du relevé de l'usure.

### **.3C. PREREQUIS**

La conception de cette expérimentation nécessite de disposer préalablement ou rapidement de plusieurs pré-requis :

- **l'alimentation en grain** doit être **saccadée** et non continue, à priori selon un rythme de ca. 25 secondes soit chaque 10 tours (moulin rotatif bas à 24 rpm (données expérimentation Beuvray BUCHSENSCHUTZ *et al.* 1996 à voir également avec les traités de meunerie moderne pré-industrielle)

---

<sup>35</sup> *Il est en effet vraisemblable que l'enregistrement -à la fois sur le catillus et sur la meta- doive être plus serré lors des premières heures de révolution des meules, certains caractères se mettant en place initialement qui vont ensuite soit disparaître soit conditionner les configurations stigmatiques durables ultérieures (cf. thèse en cours sur la matière osseuse UMR 7055) ; il est également important d'établir si se met en place, après une phase initiale où les stigmates sont variables et mobiles, une configuration stigmatique stable et en ce cas à quel moment elle se fixe (pour les meules rotatives on pense à priori à 7 grands types d'actions productrices ou de stigmates plus ou moins durables : la striation, le polissage, la cupulisation par micro-impacts, le détachement d'éclats, l'émoussage des arêtes, l'impact sur le ciment de fond et sur les cuspidés formées par les grains en relief).*

- **la sortie des broyats** se fait à priori en un point fixe qui dépend de la vitesse de rotation<sup>36</sup> (et peut expliquer la nécessité du marquage d'un repère) mais au-delà d'une certaine vitesse ou d'un certain diamètre il y a peut-être une disjonction du point de sortie de la farine et de celui du son

- **la vitesse de rotation** : il s'agit sans doute du paramètre fondamental le plus difficile à définir puisqu'il constitue avec le taux d'usure l'un des objectifs majeurs de la recherche en archéomolnologie fonctionnelle. Comme il n'est pas certain du tout que les moulins antiques tournaient à la vitesse connue pour les moulins modernes (60 trs/min) on devra opter pour une vitesse de rotation raisonnable ou discutée (cf. exemples de vitesses de rotation dans le tableau annexe). Si l'expérimentation peut être achevée en 2 mois on pourra alors la reconduire pour tester une vitesse différente

- **la relation entre vitesse de rotation et usure** : on ignore à ce jour s'il existe une relation entre la vitesse de révolution des meules et le taux d'usure, relation qui peut d'ailleurs s'avérer différente pour un moulin plat et un moulin conique. Si l'on ne parvient pas à résoudre cette ignorance par les données disponibles en ingénierie mécanique, notre expérimentation devra peut-être être précédée d'une phase de test de cette relation<sup>37</sup>.

**NOTE :** Avec ses 2 à 4 unités de friction et son ensemble de dispositifs automatisés (entraînement, lavage, nettoyage, monitoring, alerte, freinage, arrêt, refroidissement) associés à des procédés d'enregistrement et de mesure (épaisseurs, températures...) la machine d'expérimentation pourrait soit d'emblée soit *in fine*, constituer un **banc expérimental** utilisable dans d'autres approches, tout d'abord molinologiques (test de différentes modalités de support du *catillus* -anille par-dessus, anille-crampon, œil celtique etc.- mais aussi d'aspect tels que l'oscillation, l'écartement, le différentiel angulaire *meta/catillus* etc.). Le banc pourrait être notablement utile pour des études tribologiques ou tracéologiques (travail des peaux, des matières ligneuses, des tendons, ou des viandes, lissages ou polissage de pierre ou céramique, forage...). Il convient donc, dès la conception initiale, de prévoir la conversion ou l'ajout d'unités à mouvement alternatif.

#### **4. CONVERSION du PROJET d'EXPERIMENTATION en PROJET de SIMULATION NUMERIQUE**

---

<sup>36</sup> Il varie d'un quart de tour pour chaque tour effectuée par la meule : un réglage fin de la vitesse (à 4 rpm près et selon des vitesses multiples de 4 tours soit 10, 24, 28 ... 48... 60 rpm) est nécessaire si l'on veut une sortie de farine en un point fixe ; dans le cas d'une rotation variable ou non réglable par 4 tours/min. le recueil du broyat doit s'effectuer sur la périphérie et sur 360° ou le moulin doit être équipé d'un balayage périphérique en cuve qui conduit la mouture vers l'unique débouché.

<sup>37</sup> Cela peut parfaitement être effectué de manière automatique en quelques heures sur des meules miniatures (mais d'un certain poids) tournant à des vitesses empiriquement raisonnables : 12 rpm (moulins lents et pompéiens ??), 24 rpm (rotatif bas expérimentation Beuvray), 30 rpm soit la moitié de la vitesse moderne fréquente de 60 rpm 90 rpm (vitesse intermédiaire) et 140 rpm (vitesse rodet Himalaya). Au total 6 ou 7 variantes pourraient en quelques jours ou heures être testées soit sur friction à sec (arrosée) soit sur friction avec grain ou sel (éviterait le beurrage des meules).



# ANNEXE n°22

## Surface, Poids, Pression : MRB trapues de Els Vilars et ORVIETO, quelques *Catilli* massifs en comparaison

Meules 01 à 014

PRESSION POTENTIELLE des MEULES tournantes											
col.1	col.2	col.3	col.4	col.5	col.6	col.7	col.8	col.9	col.10	col.11	col.12
N°	GABARIT	Type & Gabarit	D / H	DIAM.	Hauteur	Volume	Masse (kg)	Surface Active (cm2)	Suf.plate	Conicité	Surf. Incliné
MEULES OBSERVÉES											
0.1	1,25	MEULE de 1,25 Pied Age du Fertype ELS VILARS <i>Catilli</i> Espagnols à Manchons	1,5 H	35	23	18 809	41,38	962	4 219	8°	4 261
0.2	1,5	MEULE neuve restituée ENSERUNE (D=2H) <i>Catilli</i> Espagnols à Manchons	2 H	44	22	28 434	62,55	1 521	4 036	13°	4 140
0.3	1,75	MEULE de 1,75 Pied Age du Fer type ELS VILARS	1,7 H	51	30	52 092	114,60	2 043	5 503	8°	5 557
0.4	0,875	ORVIETO CAT. R.13-14 Cylindre plein (Capable)	2 H	27	15	8 588	20,010	573	3428		
0.5	1	ORVIETO CAT. R.10-37 Cylindre plein (Capable)	1,75 H	30,5	17,5	12 786	29,791	731	4000		
0.6	1	ORVIETO CAT. R.43-2 Cylindre plein (Capable)	2,2 H	29,5	14	9 569	22,296	683	3200		
0.7	1	ORVIETO CAT. R.10-39 Cylindre plein (Capable)	2,2 H	30	14	9 896	23,058	707	3200		
0.8	1	ORVIETO CAT. R.26-6 Cylindre plein (Capable)	2,2 H	32	14	11 259	26,233	804	3200		
0.9	1,125	ORVIETO CAT. R.13-6 Cylindre plein (Capable)	1,5 H	33	23	19 672	45,836	855	5257		
0.10	1,125	ORVIETO CAT. R.13-20 Cylindre plein (Capable)	1,5 H	33	22,75	19 458	45,337	855	5200		
0.11	1,125	ORVIETO CAT. R.16-2 Cylindre plein (Capable)	2 H	34	17	15 435	35,964	908	3886		
0.12	1,125	ORVIETO CAT. R.13-23 Cylindre plein (Capable)	2 H	35	18,5	17 799	41,472	962	4229		
0.13	1,25	ORVIETO CAT. R.43-9 Cylindre plein (Capable)	1,5 H	37	24	25 806	60,128	1 075	5486		
0.14	1,25	ORVIETO CAT. R.16-33 Cylindre plein (Capable)	1,75 H	38	23	26 085	60,778	1 134	5257		

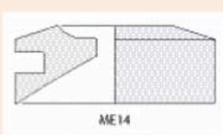
# Meules 015 à 026

PRESSION POTENTIELLE des MEULES tournantes												
col.1	col.2	col.3		col.4	col.5	col.6	col.7	col.8	col.9	col.10	col.11	col.12
N°	GABARIT	Type & Gabarit		D / H	DIAM.	Hauteur	Volume	Masse (kg)	Surface Active (cm <sup>2</sup> )	Suf.plate	PRESSION (N/m <sup>2</sup> )	
MEULES OBSERVÉES												
											Conicité	Surf. Inclinée
0.15	1	ORVIETO CAT. R.13-22		1,5 H	30	19,5	11 948	27,839	707	3864		
0.16	1	ORVIETO CAT. R.40-13		1,75 H	30	16	9 418	21,944	707	3045		
0.17	1	ORVIETO CAT. R.10-8		1,75 H	32	17,5	11 445	26,667	804	3253		
0.18	1	ORVIETO CAT. R.13-8		1,75 H	32	18	11 604	27,037	804	3298		
0.19	1	ORVIETO CAT. R.10-38		2 H	31	15,5	9 327	21,732	755	2825	11°	2876
0.20	1	ORVIETO CAT. R.16-34		2 H	32	16	10 572	24,633	804	3005	19°	3178
0.21	1,125	ORVIETO CAT. R.40-18		1,5 H	34	23	18 799	43,802	908	4733		
0.22	1,125	ORVIETO CAT. R.16-8		2,75 H	35	13	10 483	24,425	962	2490		
0.23	1,25	ORVIETO CAT. R.13-24		1,75 H	36	21,5	18 208	42,425	1 018	4089		
0.24	1,25	ORVIETO CAT. R.16-24		2,75 H	37	13	12 497	29,118	1 075	2657		
0.25	1,25	ORVIETO CAT. R.40-24		1,25 H	38	29	28 101	65,475	1 134	5664		
0.26	1,25	ORVIETO CAT. R.10-6		1,5 H	39	26,5	28 570	66,568	1 195	5467		

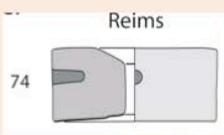
## Quelques Catilli massifs pour comparaison

Quelques Catilli MASSIFS ou HYDRAULIQUES Gallo-Romains												comparaison des valeurs observées & des valeurs restituées des Meules à Neuf et Usées									
GABARIT	Type & Gabarit	DIAM.	Hauteur	IREC (D / H)	HP (HTr+HCo)	Volume*	Masse**kg	PRESSION (N/m <sup>2</sup> ) surf.Plats	Surface Act.	CONICITE	PRESSION SURF. inclinée	Longévité (H. Utile cm)	RKE 60rpm	RKE 90 rpm	RKE 120 rpm						
13	1,5 POLINSKI 2009 - ME 14 (31°) trachyte (D=2,5H)	46	18	256%	14,5	21 604	47,529	2 806	1 662	30°	3 239	4	24,82	37,22	48,63						
valeurs pour une HAUTEUR à NEUF estimée à D=2H		23	14,5	29 914	65,811	3 885	1 662	4 485	8,5	34,36	51,54	68,72									
Taux d'usure de la meule (HUNF-Hur)/(HUNF)		14,5	14,5	14 957	32,905	1 942	1 662	1 121	0	17,18	25,77	34,36									
valeurs à Meule usée (HUs = HP)		37%	0	50%	50%	50%	0	100%	50%	50%	50%										
perte de NEUF à USÉ		41,5	18,5	224%	9,3	21 561	47,435	3 440	1 353	5°	3 452	9	20,16	30,24	40,32						
valeurs pour une HAUTEUR à NEUF estimée à D=2H		20,75	quasi Neuf	23 590	51,898	3 764	1 353	3 777	11,5	22,05	33,08	44,11									
Taux d'usure de la meule (HUNF-Hur)/(HUNF)		9,3	9 117	20,057	1 455	1 353	1 460	20%	8,52	12,78	17,05										
valeurs à Meule usée (NB H.E.M.M.=4)		55%	0	61%	61%	100%	61%														
perte de NEUF à USÉ		15	2	POLINSKI 2009 - ME 25 (22°) trachyte (D=3,3H)	56	17	329%	12	17 237	37,922	1 910	2 463	25°	1 666	5	29,34	44,01	58,69			
valeurs pour une HAUTEUR à NEUF estimée à D=2H		28	12	28 391	79,494	3 166	2 463	3 493	16	61,51	92,27	123,02									
Taux d'usure de la meule (HUNF-Hur)/(HUNF)		12	12	12 167	34,069	1 357	2 463	1 497	69%	0	26,36	39,54	52,72								
valeurs à Meule USÉE		57%	0	57%	57%	100%	57%														
perte de NEUF à USÉ		16	ca. 2,25	LEPAREUX 2017 - REIMS 51.016 (25°) Basalte (D=4,3H)	68,5	16	428%	15	40 183	88,402	2 353	3 685	25°	2 596	1	102,35	153,52	204,70			
valeurs pour une HAUTEUR à NEUF estimée à D=2H		34	15	106 518	234,339	6 238	3 685	6 883	19	271,31	406,97	542,62									
Taux d'usure de la meule (HUNF-Hur)/(HUNF)		15	36 497	80,294	2 137	3 685	2 358	95%	0	92,96	139,44	185,92									
valeurs à Meule USÉE		56%	0	69%	66%	66%	0	100%													
perte de NEUF à USÉ		17	2	PEYRIAC-de-MER n°12 (*) sédimentaire (D=2,5 H)	58	23	252%	4,6	79 111	130,0	4 827	2 642	11°	4 917	18	107,90	161,86	215,81			
valeurs pour une HAUTEUR à NEUF estimée à D=2H		29	200%	4,6	101 223	222,690	8 268	2 642	8 423	24	184,84	277,26	369,68								
Taux d'usure de la meule (HUNF-Hur)/(HUNF)								Pression à neuf restituée		Pression à neuf restituée Surface Inclinée											

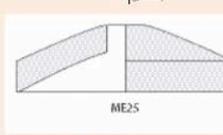
\* le volume est calculé avec déduction du cône et le cas échéant de la Trémie  
 \*\* le poids est calculé sur la base de 2,2 g/cm<sup>3</sup> ce qui est sans doute faible pour les trachytes (2,87) et le Basalte s'il est peu bulleux



POLINSKI ME.14



REIMS 74  
PICAVET - REIMS 74



POLINSKI ME.25



Meule 16 REIMS 51.016 :  
Poids 124 kg si 2,8 g/cm<sup>3</sup>  
poids à Neuf estimé 309 kg (2,8 g/cm<sup>3</sup>)



PEYRIAC n° 12 - 130Kg

## 19 Meules théoriques, Gabarit de 1 à 7 pieds et Diamètre 2H à 5H

PRESSION POTENTIELLE des MEULES tournantes											
col.1	col.2	col.3	col.4	col.5	col.6	col.7	col.8	col.9	col.10	col.11	col.12
MEULES THÉORIQUES D = 2H et variation de 2 à 6H											
N°	GABARIT	Type & Gabarit	D / H	DIAM.	Hauteur	Volume	Masse kg (2,2 g/cm <sup>3</sup> )	Surface Active (cm <sup>2</sup> )	PRESSION (N/m <sup>2</sup> )		
				cm	cm				Suf. plate	Conicité	Surf. Inclinée
1	1 Pied	MEULE de 1 Pied, type ANTIQUITÉ (D = 2H)	2 H	29,5	14,75	8 569	18,85	683	2 705	11°	2 758
2	1,25	MEULE de 20 DGT type ANTIQUITÉ (D = 2H)	2 H	36,9	18,44	16 762	36,82	1 069	3 378	11°	3 442
3	1,5	MEULE de 24 DGT type ANTIQUITÉ (D = 2H)	2 H	44,3	22,13	28 993	63,63	1 541	4 050	11°	4 126
4	2	MEULE de 2 pieds (32 DGT), type ANTIQUITÉ (D = 2H)	2 H	59	29,50	68 554	150,82	2 734	5 412	11°	5 513
5	3	MEULE (rare) 48 DGT type ANTIQUE (D = 2H)	2 H	88,5	44,25	231 371	509,02	6 151	8 118	23°	8 822
6	3	Meule plate Médiévale type 48 DGT (D = 3H)	3 H	88,5	29,50	181 468	399,23	6 151	6 367	0°	
6'		plate 48 DGT en version D = 2H	2 H		44,25	272 202	598,8	6 151	9 551	0°	
7	4	Meule plate Med-Moderne type 64 DGT (D = 3H)	3 H	118	39,33	430 109	946	10 936	8 486	0°	
7'		64 DGT en version D = 2H	2 H		59	645 219	1 419,5	10 936	12 733	0°	
8	4	Meule plate Med-Moderne type 64 DGT (D = 4H)	4 H	118	29,50	322 609	710	10 936	6 369	0°	
9	4,6	Meule plate Napoléonienne Abbey Craig (D = 4,5H)	4,5 H	137	30	442 235	1 400	14 741	9 317	0°	
10	5	Meule plate Moderne type 80 DGT (D = 4H)	4 H	147,5	36,88	630 182	1 386	17 087	7 957	0°	
10'		80 DGT en version D = 2H	2 H		73,75	1 260 193	2 772,4	17 087	15 917	0°	
11	6	Meule plate Moderne type 96 DGT (H=22%D)	5 H	177	39	959 626	2 108	24 606	8 404	0°	
11'		96 DGT en version D = 2H	2 H		88,5	2 177 613	4 790,8	24 606	19 100	0°	
12	7	Meule plate Moderne type 112 DGT (H=22%D)	5 H	205,7	45	1 495 450	3 309	33 232	9 768	0°	
12a		112 DGT en version D = 2H	2 H		102,85	3 417 935	7 519,5	33 232	22 197	0°	
12b		112 DGT mais D=5,5H (18%D)	5,5 H		37,40	1 242 885	2 734,4	33 232	8 072	0°	
12c		112 DGT mais D=6H (16,7%D)	6 H		34,28	1 139 312	2 506,5	33 232	7 399	0°	

# ANNEXE n°23

## SURFACE UTILE des *CATILLI* - exemples sur MRB et sur Modèles de Style Pompéien -

On livre dans cette ANNEXE deux séries d'exemples de valeur de la Surface de Travail (ou Surface Active) de meules tournantes antiques. La première correspond à 7 *Catilli* de l'atelier du Chaudry, la seconde à 16 *Catilli* de Style Pompéien répartis comme suit :

. 5 sont de modèle Quasi-pompéien (non réellement biconiques ou non réversibles), 2 proviennent de Morgantina en Sicile (CRISAFULLI 1996), 1 de Byrsa-Carthage (LANCEL 1982), 1 du Mont Faulat au Nord de Narbonne (DEJEAN, GOURDIOLE, LANDES 1985), le dernier a été découvert aux baléares dans l'épave d'El Sec datant du IV<sup>e</sup> s. aC (ARRIBAS 1987) ;

. 6 sont de modèle Pompéien classique, 4 provenant de la Gaule (JACCOTTEY *et al.* 2011 et 2016), 1 de l'île sud-sicilienne de Lampione (BELTRAME, BOETTO 1997), le troisième de Pompéi (BUFFONE 1999) ;

. 5 sont des ébauches de *Catilli* de modèle Pompéien classique et de petit format issus d'Orvieto (CHARTRAIN inédit).

On s'aperçoit que l'étendue de la Surface de Travail est de même ordre de grandeur entre les 2 séries et largement proportionnée au diamètre, la conicité n'entraînant aucune réelle hausse de la surface active avant les 30°. La forte conicité des modèles de Style Pompéien ne conduit pas à une augmentation significative de la Surface de Travail en raison de la largeur de l'œillard (en général de 20 à 40% du diamètre maximal mais plus modeste à Orvieto).

Le calcul de la surface, sub-plane ou inclinée, permet aussi le calcul de la pression potentielle.

### A- SURFACE ACTIVE des *Catilli* MRB de l'atelier du CHAUDRY

PRESSION des <i>CATILLI</i> neufs du CHAUDRY												
col.1	col.2	col.3	col.4	col.5	col.6	col.7	col.8	col.9	col.10	col.11	col.12	col.13
N°	GABARIT	IREC	Module	DIAM.	Hauteur	HP (HTr+HCo)	volume perdu HP	Volume	Masse 2,2g	Surface Active (cm <sup>2</sup> )	PRESSION (N/m <sup>2</sup> )	RKE 60rpm
M. 041	1,75	218%	2 H	48	22	(6 + 4)	6031,872	33 778	74,31	1810	4 029	42,24
M. 032	1,25	240%	2,5 H	36	15	(3+3)	2035,757	13 232	29,11	1018	2 806	9,31
M. 033	1,25	164%	1,5 H	36	22	(6 + 4)	3392,928	19 000	41,80	1018	4 029	13,37
M. 034	1,75	188%	2 H	47	25	(6 + 4)	5783,162	37 591	82,70	1735	4 676	45,08
M. 044	1,25	171%	1,75H	36	21	10	3392,928	17 983	39,56	1018	3 813	12,65
ACH -1	1,5	221%	2 H	43	19,5	(6 + 4)	4840,682	23 477	51,65	1452	3 489	23,56
ACH -2	1,75	234%	2 H	48	20,5	(6 + 4)	6031,872	31 064	68,34	1810	3 705	38,85
				294	145			176 126	387,5	9 860	26 546	
				42,0	20,7		moyenne	25 161	55,4	1 409	3 792	
				IREC moyen	203%							

## B- SURFACE ACTIVE des Catilli QUASI-POMPÉIENS

ACH1 IV-2019

**DIMENSION, SURFACE ACTIVE, PRESSION des CATILLI POMPÉIENS & QUASI-POMPÉIENS**  
Les valeurs restituées par calcul figurent en bleu clair gras

N°	IMAGE	REF.	Modèle	DIAM.	H	IREC			D / H	DOR	DOR/D	DOE	DOE/D	DOE/D SUP / INF	ANGLE °	EPASSEUR UTILIS.		VOLUME (cm3)	Kg (2,2 g)	Répartition VOL.		RKE 60 rpm	SURFACE Active cm2	Surface x COS-Angle	PRESSION N/m2 SURFACE Plate	g/cm H	LITHO	M.LARG	VOLICA	Surface LORRHOR	Type OREILLES		Angle ° Horiz.
						reste à neuf	restant à neuf	INF.								OREILLES	module			DGT													
1		MORGANTINA T.3-1 catalog.53	Q-POMP quasi-biconique	51	40	128%	58,5	115%	19	37%	67,5°	5	5	67,5°	81.800	41.750	49%	91,849	58%	8%	59	1.325	0,05069	1,77/4	6.800	2.300	VOLICA	156 cm2	4 x 3 (6)	28,2	13,1 x 10,5 DGT	26°	
2		MORGANTINA T.3-10 catalog.55	Q-POMP uniconé	56	27	207%	56	100%	24	43%	57,5°	3,5	3,5	62°	67.700	30.005	56%	66,012	70%	3%	51	1.601	0,08602	7.528	4.045	VOLICA	315 cm2	4 x 3 (5)	28,2	12 x 8,5 DGT	21°		
3		MONT FAULAT 2 catalog.9	Q-POMP uniconé	63	46,5	135%	63	100%	18	29%	44°	4	4	61°	318.900	59.081	59%	129,98	70%	13%	127	2.447	0,17603	7.244	5.200	VOLICA	580 cm2	8 x 2 (10)	29,1	16 x 11 DGT	26°		
4		EL SEC-2 catalog.57	Q-POMP quasi-biconique	44	40	110%	71	161%	12	27%	50°	9	9	72°	158.400	38.083	73%	83,783	64%	12%	104	2.611	0,16783	4.897	4.200	VOLICA	380 cm2	4 x 4 (5)	29,1	10,5 x 10,5 DGT	24°		
5		BYRSA catalog.	Q-POMP biconique	48 INF	49,5	97%	52,5	106%	11,5	23%	70°	6	6	65°	110.309	40.852	63%	89,874	39%	15%	51	2.241	0,07864	11.504	3.900	VOLICA	588 cm2	6 x 4 (6)	28,2	13,5 x 14 DGT			
				44 SUP	49,5							4,5	4,5				utilisé						0,09470	9.310	1.800	SICILE ?	24 x 24,5	5 x 5 (5)	28,2	13,5 x 14 DGT			
				1,5 pd	1,75 pd																												

Les valeurs de H et d'épaisseur de la paroi pour la restitution de la meule à neuf sont figurées en caractères bleus.

# C-SURFACE ACTIVE des Catilli de style POMPÉIEN

DIMENSION, SURFACE ACTIVE, PRESSION des CATILLI POMPÉIENS & QUASI-POMPÉIENS  
 Les valeurs restituées par calcul figurent en bleu clair gras

ACH IV-2019

N°	IMAGE	REF.	Modèle	DIAM.	H	D / H	DOR	DOR/D	DOE	DOE/D	SUP / INF	ANGLE °	ÉPAISSEUR Unité	VOLUME (cm3)		Kg	Répartition VOL.		RKE	SURFACE Active	Surface x COS.Angle	PRESSION N/m2 SURFACE	g/cm H	LITHO	LORATIO	Type OREILLES						
														Capable	Finl		Reduct.	INF.								Oreilles	cm	DGT	Angle °			
5		POMPEI 2a	Annulaire	102	46	222%	102	100%	46	45%	55°	11,5	SUP	375.879	181.877	51%	400,13	50%	7%	1.027	5.215	0,29008	13.125	7.500	8.700	VOLCA LEUCIT.	1334 cm2	6 x 9 (5)	32,65 / 28,2			
			biconique	32,65 50 DGT et 22,5 pd 28,2 58 x 26 DGT	3 pd	1,5 pd					55° ?	ca. 6	INF															29 x 46	5 x 8 (6)	14 x 22,5 / 16°		
6		LYON	POMP- classique	66	66	100%	62	94%	12,5	19%	50°	2	-	225.800	68.152	70%	149,94	41%	17%	161	4.827	0,31027	4.741	3.000	2.300	VOLCA	649 cm2	9 x 8 (3)	28,2 / 29,25			
			biconique	28,2 38 DGT 29,25 36 DGT	2,25 pd	2,25 pd					50°																	26,5 x 24,5	5 x 5 (5)	15 x 10 DGT / 23°		
7		LYON	Musée GR-1	66	66	100%	62	94%	12,5	19%	56°	-	6,5	225.800	102.206	55%	224,90	44%	12%	242	3.896	0,21786	10.127	5.600	3.400	idem	idem	idem	idem	idem	idem	
			RESTIT. EpU								56°																					
8		LYON	Musée GR-1	66	66	100%	62	94%	12,5	19%	56°	-	9,2	225.800	107.376	52%	236,23	43%	14%	254	3.072	0,11178	13.490	7.500	3.500	idem	idem	idem	idem	idem	idem	
			RESTIT. EpU								56°																					
9		TOURS	POMP- classique	85	75	113%	81	95%	17	20%	56°	4	-	425.587	175.629	59%	386,38	48%	4%	689	7.025	0,39283	9.649	5.400	5.100	VOLCA	822 cm2	29,56 / 29,25				
			biconique	28,2 ou 29,56 3 pd	44 DGT						50°	2,3	-															M.Central 23,5 x 35	3 x 5 (7)	12,75 x 19 / 16°		
10		TOURS	Halles 4870	85	77	110%	81	95%	17	20%	56°	-	7	436.936	190.572	56%	419,26	48%	4%	747	6.500	0,36347	11.316	6.300	5.400	idem	idem	idem	idem	idem	idem	
			RESTIT. EpU								50°																		analyses	3 x 4 (8)	13 x 19	
11		LAMPIONE	POMP- classique	66	61	108%	66	100%	17	26%	60°	6,5	6,5 ?	208.693	112.423	46%	247,33	47%	6%	266	3.978	0,19890	12.199	6.100	4.000	VOLCA	888 cm2	4 x 6 (6)	29,56			
			biconique	27,5 ou 29,56 2,25 pd	2 pd=						57°																					
12		AMIENS	POMP- Musée n°4	76	68	112%	76	100%	23	30%	60°	2	-	308.479	104.967	66%	230,93	34%	11%	329	6.730	0,33650	6.732	3.300	3.400	GRÈS	487 cm2	29,56				
			biconique	67 Inf 29,56 2,5 pd 37 DGT							55°	3	-																			
13		AMIENS	Musée n°4	76	81	94%	76	100%	17	24%	60°	-	6,5	367.453	160.274	55%	352,60	46%	8%	502	5.852	0,22260	11.822	5.900	4.300	idem	idem	idem	idem	idem	idem	
			RESTIT. H	74 Inf							60°																					
14		SOISSONS	POMP- Musée n°4	96	91	102%	93	100%	17,5	19%	62°	4,2	-	618.154	158.280	74%	346,22	40%	15%	711	9.947	0,46691	7.316	3.400	3.800	VOLCA	1464 cm2	6 x 10 (5)	30,9			
			biconique	30,9 3,3 25 pd 30,9							60°	3,3	-																			
15		SOISSONS	Musée n°4	96	94	102%	93	97%	31	41%	62°	-	6,5	680.393	224.004	67%	492,81	45%	10%	1120	9.618	0,45147	10.708	5.000	5.200	idem	idem	idem	idem	idem	idem	
			RESTITUE 1	Pd 29,56 = 52 et 51 DGT Pd 30,1 = 51 et 50 DGT							62°																					
16		SOISSONS	Musée n°4	96	94	102%	93	97%	25	33%	62°	-	9	680.393	267.415	60%	588,31	45,6%	8,7%	1338	8.729	0,40974	14.085	6.600	1.000	idem	idem	idem	idem	idem	idem	
			RESTITUE 2	Pd 32,65 = 47 et 46 DGT							62°																					

# D-SURFACE ACTIVE des Catilli de style POMPÉIEN fabriqués à ORVIETO

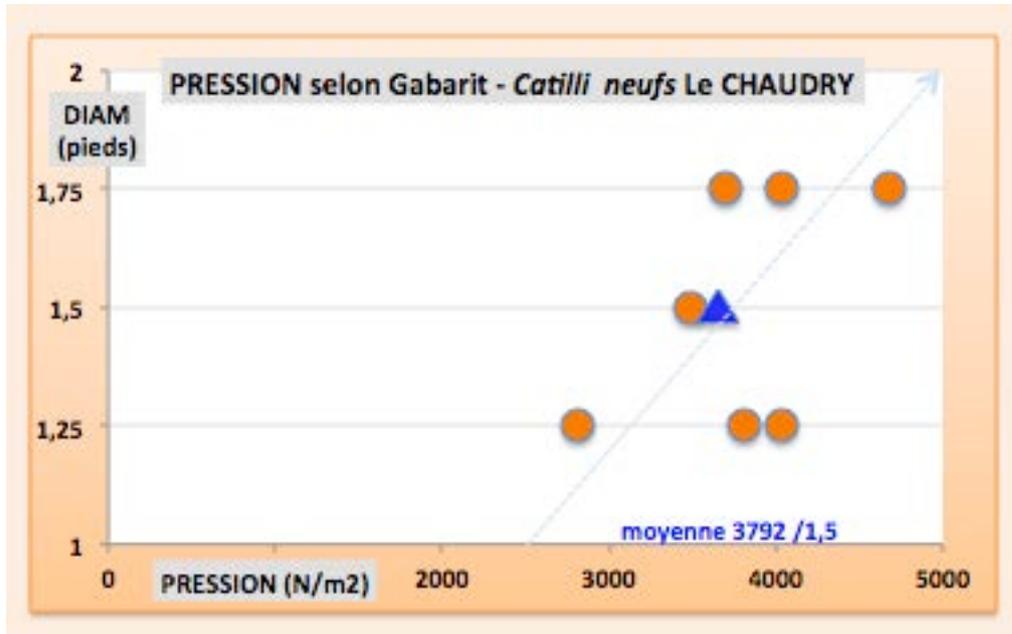
## DIMENSION, SURFACE ACTIVE, PRESSION des CATTILI POMPÉIENS & QUASI-POMPÉIENS

Les valeurs restituées par couleur figurent en bleu clair gras

ACH IV-2019

N°	IMAGE	REF.	Modèle	DIAM.	H	D/H	DOR	DOR/DI	DOE	DOE/DI	Régional	ANGLE*	EPAISSEUR Umid	VOLUME [cm <sup>3</sup> ]	Kg Réduct.	(2,2 B)	Répartition VOL	RKE	SURFACE	cm <sup>2</sup>	Active	Surface x COS.Angle	PRESSION N/m <sup>2</sup>	SURFACE	Plate	g/cm H	LITHO	Type OREILLES		Angle*	
																												module	DGT		Surface
17		ORVIETO R.13-17	POMP-classique	64,5	57	113%	51	79%	0	-	47°	5	189 143	83 295	56%	183,25	48%	3%	191	3 200	-	-	-	-	3 200	VOILCA LEUCIT.	361 cm <sup>2</sup>	6 x 6 (3)	29,58 =	16,5°	
		EBAUCHE biconique	2,25 pd																												
18		ORVIETO R.13-17	idem	64,5	57		idem		7	11%	50°	5	189 143	76 705	59%	188,75	48%	3%	176	3 666	0,23564	7 025	4 500	2 900	idem	idem	idem	idem	idem	idem	
		RESTITUE 1																													
19		ORVIETO R.13-17	idem	64,5	57		idem		15	23%	56°	5	189 143	67 352	64%	148,17	48%	4%	154	3 873	0,21657	6 712	3 700	2 600	idem	idem	idem	idem	idem	idem	
		RESTITUE 2																													
20		ORVIETO R.13-classique	POMP-classique	43	+30	143%	31	72%	0	-	58°	9,5	63 897	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	VOILCA LEUCIT.	195 cm <sup>2</sup>	5 x 4 (3)	8 x 7		
		Peacock 4	biconique	1,5 pd	1,5 pd				6,5	15%	57°	-	6,5	63 897	21 450	66%	47,19	48%	4%	21	2 222	0,10259	4 512	2 000	1 100	idem	idem	idem	idem	idem	idem
21		ORVIETO Peacock 4	idem	43	44	98%	31	72%	6,5	15%	62,5°	-	6,5	63 897	21 450	66%	47,19	48%	4%	21	2 222	0,10259	4 512	2 000	1 100	idem	idem	idem	idem	idem	idem
		RESTITUE 1																													
22		ORVIETO R.10-24	POMP-classique	44	+31	142%	32	73%	0	-	63°	12 et 7	7 ?	72 985	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	VOILCA LEUCIT.	180 cm <sup>2</sup>	5 x 4 (3)	28,2 =		
		Peacock 4	biconique	1,5 pd	1,75 pd				4,5	10%	62,5°	-	7	72 985	31 452	57%	69,195	48%	3,5%	33	1 473	0,06801	9 981	4 600	1 400	idem	idem	idem	idem	idem	idem
23		ORVIETO R.10-24	idem	44	47	94%	32	73%	4,5	10%	62,5°	-	7	72 985	31 452	57%	69,195	48%	3,5%	33	1 473	0,06801	9 981	4 600	1 400	idem	idem	idem	idem	idem	idem
		RESTITUE 1																													
24		ORVIETO R.10-24	idem	44	47	94%	32	73%	9	20%	67,5°	-	7	72 985	28 993	60%	63,784	48%	3,5%	30	1 605	0,05142	10 188	3 900	1 300	idem	idem	idem	idem	idem	idem
		RESTITUE 2																													
25		ORVIETO R.40-6	POMP-classique	42	+34	-	29	69%	2	-	45°	8	8 ?	63 730	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	VOILCA LEUCIT.	221 cm <sup>2</sup>	3 x 2 (6)			
		Peacock 4	biconique	1,5 pd					9	21%	62,5°	-	8	63 730	23	63%	51,086	48%	4%	22	1 348	0,05224	8 052	3 700	1 100	idem	idem	idem	idem	idem	idem
26		ORVIETO R.40-6	idem	42	46	91%	29	69%	9	21%	62,5°	-	8	63 730	23	63%	51,086	48%	4%	22	1 348	0,05224	8 052	3 700	1 100	idem	idem	idem	idem	idem	idem
		RESTITUE																													
27		ORVIETO R.40-7	POMP-classique	39	+36	-	20 à 25	-	0	-	57°	9	6,5 ?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	VOILCA LEUCIT.	203 cm <sup>2</sup>	3 x 2 (6)	28,2 =>	26°	
		Peacock 4	biconique	1,25 pd					7,5	19%	62,5°	-	6,5	50 172	19 769	60%	43,093	47%	5,5%	16	1 207	0,05573	7 656	3 500	1 000	idem	idem	idem	idem	idem	idem
28		ORVIETO R.40-7	idem	39	42	93%	28	72%	7,5	19%	62,5°	-	6,5	50 172	19 769	60%	43,093	47%	5,5%	16	1 207	0,05573	7 656	3 500	1 000	idem	idem	idem	idem	idem	idem
		RESTITUE																													

**DIAGRAMME DIAMETRE & PRESSION des *Catilli neufs* du CHAUDRY**



# ANNEXE n°24

## DIAMÈTRES des assemblages d'atelier

Table des DIAMÈTRES et des HAUTEURS des MEULES ROTATIVES BASSES															A. CHARTRAIN VII-XI 2018								
[entre parenthèses] les valeurs qui ne sont peut-être pas définitives en raison de l'état d'Ebauche															en rouge = paramètre susceptible d'usure à priori non valide pour Métrologie (sauf si valeur à Neuf)								
REF.	SITE / N° / REGION / NR	CHRONO		TYPE DE SITE				TYPE ROCHE				ETAT		TYPE Meule		STADE de FAÇONNAGE		DIAM. 1 (Nf. ou maxi)	DIAM. 2 Autre	DIAM retenu	Hnf hauteur à neuf	HAUTEUR retenue	HAUTEURS Cotilli
		LT	ROM	Atelier	Utilis.	Epave	Collect	VOLCA.	PLUTO.	GRENAT	SEDIM.	Ebauche	Neuf	Utilisé	CAT	META	INDET.						
R.10-6	IT - centrale	1	1	1				1					1	1				39	39		17	17	17
R.10-8	ORVIETO	1	1	1				1					1	1				32	31,5 - 33		17 - 18	17,5	17,5
R.10-37	n° 2	1	1	1				1					1	1				30,5	31		17,5	17,5	17,5
R.10-38	NR = 63	1	1	1				1				1	1	1				30 - 32	28,5		15 - 16	15,5	15,5
R.10-39		1	1	1				1					1	1				30	30		14	14	14
R.13-6	1	1	1	1				1					1	1				33	-		-	-	-
R.13-8		1	1	1				1					1	1				32	< 32		18	18	18
R.13-14		1	1	1				1					1	1				27	-		15	15	15
R.13-20		1	1	1				1					1	1				33	-		22,5	22,5	22,5
R.13-22		1	1	1				1					1	1				29-31	-		19,5	19,5	19,5
R.13-23		1	1	1				1					1	1				35	34,5		18,5	18,5	18,5
R.13-24		1	1	1				1					1	1				36	32,5		21,5	21,5	21,5
R.16-2		1	1	1				1					1	1				30 - 32	33 - 33,5 - 35		17	17	17
R.16-8		1	1	1				1					1	1				35	36		12,5 - 13,5	13	13
R.16-24		1	1	1				1					1	1				37	37		14	14	14
R.16-33		1	1	1				1					1	1				36	34		23	23	23
R.16-34		1	1	1				1					1	1				32,5	33		16	16	16
R.26-6		1	1	1				1					1	1				33	-		14	14	14
R.40-13		1	1	1				1					1	1				28-29	31		16 - 17	16,5	16,5
R.40-18		1	1	1				1					1	1				32	34		23	23	23
R.40-24		1	1	1				1					1	1				38	36 - 38		29	29	29
R.43-2		1	1	1				1					1	1				30 - 32,5	28 - 31		13 - 15	14	14
R.43-9		1	1	1				1					1	1				37	37		24	24	24
R.10-12		1	1	1				1							CAT ?			32	35		27,5	27,5	CAT = 22
R.10-3		1	1	1				1							III.B			> 30,5	30,5		17	17	
R.10-7		1	1	1				1							III.B			38	38		26 - 27	26,5	
R.10-9		1	1	1				1							III.B-IV			37	ca.30		23	23	
R.10-14		1	1	1				1							III.B			38 - 39	42		28 - 31	29,5	
R.10-17		1	1	1				1							III.B			34 - 36	40		17	17	
R.10-25		1	1	1				1							III.B			35 - 37	> 37		39	39	
R.10-34		1	1	1				1							III.B			32,5	34		ca. 23	-	
R.10-36		1	1	1				1							III.B			23 - 28	-		> 21	-	
R.13-7		1	1	1				1							III.B			37	-		23	23	
R.13-21		1	1	1				1							III.B			33	32		20,5	20,5	
R.16-1		1	1	1				1							III.B			41,5	36 - 37		30	30	
R.16-20		1	1	1				1							III.B			30 - 31	-		13,5	13,5	
R.16-21		1	1	1				1							III.B			32,5	-		15	15	
R.16-23		1	1	1				1							III.B			34 - 35	ca. 30		26	26	
R.16-28		1	1	1				1							III.B			37	35 - 36		28	28	
R.16-29		1	1	1				1							III.B			35,5	32		30	30	
R.16-31		1	1	1				1							III.B			32 - 34	30		25	25	
R.16-37		1	1	1				1							IV			31,5 - 32	29		13	13	
R.27		1	1	1				1							III.B			31	34,5		34	34	
R.30-14		1	1	1				1							III.B			35	35		29	29	
R.31-1		1	1	1				1							III.B			36	?		20	20	
R.39-1		1	1	1				1							III.B			46 - 48	48		ca. 35 - 36	-	
R.40-1		1	1	1				1							III.B			29	ca. 29		14,5	14,5	
R.40-2		1	1	1				1							III.B			60,5	56,5		35 - 36	35,5	
R.40-19		1	1	1				1							III.B			30	29		22	22	
R.41		1	1	1				1							III.B			37	-		28	28	
R.43-7		1	1	1				1							III.B			39	34		29	29	
R.43-8		1	1	1				1							III.B			28	-		20	20	
R.43-10		1	1	1				1							III.B			36	31		17	17	
R.43-11		1	1	1				1							III.B			30	28		18	18	
R.30-22		1	1	1				1							III.B			ca. 70	ca. 68		62	62	
R.13-11		1	1	1				1										25 - 27 - 31	-		16 - 17	16,5	
R.13-13		1	1	1				1										43 - 45	-		31	31	
R.16-25		1	1	1				1										37 - 38	34		13	13	
R.16-32		1	1	1				1							III.B			32	28		24	24	
R.26-5		1	1	1				1										33	-		33	33	
R.26-7		1	1	1				1										32	-		-	-	
R.40-4		1	1	1				1										-	28		-	-	
R.45-2		1	1	1				1										34,5	-		-	-	Total 56
2011 FIG 4 C	Le CHAUDRY	1	1	1				1	1									31	31		13,5	13,5	13,5
2011 FIG 4 D	FR, Centre	1	1	1				1	1									38	38		38	38	38
M. 003	n° 34	1	1	1				1	1									38	38		38	38	38
M. 004	49	1	1	1				1	1									31	31		31	31	31
M. 005		1	1	1				1	1									35	36		35	35	35
M. 006		1	1	1				1	1									32	32		32	32	32
M. 008	2	1	1	1				1	1									38	38		18	18	18
M. 020		1	1	1				1	1									30	30		30	30	30
M. 021		1	1	1				1	1									31,5	31,5		31,5	31,5	31,5
M. 022		1	1	1				1	1									30	30		30	30	30
M. 023		1	1	1				1	1									42	42		42	42	42
M. 024		1	1	1				1	1									52	52		52	52	52
M. 025		1	1	1				1	1									40	40		40	40	40

REF.	SITE / N° / REGION / NR	CHRONO			TYPE DE SITE				TYPE ROCHE				ETAT			TYPE Meule			STADE de FAÇONNAGE	DIAM. 1 Inf. ou maxi	DIAM. 2 Autre	DIAM retenu	Hnf hauteur à neuf	HAUTEUR retenue	HAUTEURS Castilli
		LT	ROM	Atelier	Utilis.	Epave	Collect	VOLCA.	PLUTO.	GRENAT	SEDIM.	Ebauche	Neuf	Utilisé	CAT	META	INDET.								
M. 032		1	1								1	1		1				36			15	15	15		
M. 033		1	1								1	1		1				36			22	22	22		
M. 034		1	1								1	1		1				47			25	25	25		
M. 041		1		1							1			1					48						
M. 044 Bernon		1	1								1	1		1				34,5	36		22	22	22		
ACH n° 1		1	1								1	1		1				43			19-20	19,5	19,5		
ACH n° 2		1	1								1	1		1				48			20-21	20,5	20,5		
2011 FIG.4 A		1	1								1			1				40,5					CAT = 8		
2011 FIG.4 B		1	1								1			1				32,5							
M. 001		1	1								1			1				43							
M. 002		1	1								1			1				42							
M. 007		1	1								1			1				44			22	22			
M. 009		1	1								1			1				34,5							
M. 010		1	1								1			1				35							
M. 011		1	1								1			1				42							
M. 012		1	1								1			1				42							
M. 013		1	1								1			1				48							
M. 014		1	1								1			1				32							
M. 015		1	1								1			1				46							
M. 016		1	1								1			1				30							
M. 017		1	1								1			1				42							
M. 018		1	1								1			1				32							
M. 026		1	1								1			1				40							
M. 027		1	1								1			1				46							
M. 028		1	1								1			1				43							
M. 029		1	1								1			1				57							
M. 030		1	1								1			1				44							
M. 031		1	1								1			1				45							
M. 035		1	1								1			1				41			20	20			
M. 036		1	1								1			1				40			20	20			
M. 037		1	1								1			1				52			17	17			
M. 038		1	1								1			1				26							
M. 039		1	1								1			1				43			20	20			
M. 040		1	1								1			1				61							
M. 042		1	1								1			1				44			21	21			
M. 043		1	1								1			1				42					Total 15		

REF.	SITE / N° / REGION / NR	CHRONO			TYPE DE SITE				TYPE ROCHE				ETAT			TYPE Meule			STADE de FAÇONNAGE	DIAM. 1 Inf. ou maxi	DIAM. 2 Autre	DIAM retenu	Hnf hauteur à neuf	HAUTEUR retenue	HAUTEURS Castilli
		LT	ROM	Atelier	Utilis.	Epave	Collect	VOLCA.	PLUTO.	GRENAT	SEDIM.	Ebauche	Neuf	Utilisé	CAT	META	INDET.								
VI-30	Els VILARS	1	1								1	1		1				35			12	12	12		
VI-32	n° 5	1	1								1	1		1				51			25	25	25		
VI-34	28	1	1								1	1		1				37	44 (DSup)		30	30	30		
VI-35		1	1								1	1		1				39			30	30	30		
VI-45		1	1								1	1		1				37			28	28	28		
VI-55	3	1	1								1	1		1				42			33,5	33,5	33,5		
VI-57		1	1								1	1		1				34			32	32	32		
VI-69		1	1								1	1		1				40,5							
VI-11		1	1								1			1				46,5							
VI-21		1	1								1			1				39					CAT = 8		
VI-30		1	1								1			1				35			45	45			
VI-46		1	1								1			1				38							
VI-48		1	1								1			1				36			54	54			
VI-52		1	1								1			1				30			38	38			
VI-53		1	1								1			1				35			44	44			
VI-54		1	1								1			1				33			30	30			
VI-65		1	1								1			1				42							
VI-73		1	1								1			1				42			17	17			
VI-47		1	1								1			1				39			(28)				
VI-49		1	1								1			1				-			(35)				
VI-50		1	1								1			1				43			(29)				
VI-51		1	1								1			1				35			(24)				
VI-56		1	1								1			1				45			(33)				
VI-58		1	1								1			1				38			(23)				
VI-67		1	1								1			1				33			(33)				
VI-70		1	1								1			1				33			(30)				
VI-71		1	1								1			1				32			(40)		Total 14		
RC052	Les FOSSOTTES	1	1								1			1				29			12	12	12		
RC050		1	1								1			1				ca. 41			13	13	13		
RC016	FR - Alsace	1	1								1			1				ca. 36			12	12	12		
RC001	n° 38	1	1								1			1				44,5			44,5	44,5	44,5		
RC021	52	1	1								1			1				35				14,5	14,5		
RC004-MC01		1	1								1			1				32			9,5	9,5	9,5		
RC005-MC02		1	1								1			1				16			16	16	16		
RC035	4	1	1								1			1				31,5			16	16	16		
RC006-MC03		1	1								1			1				58			14	14	14		
RC026		1	1								1			1				40,5			10,5	10,5	10,5		
RC031		1	1								1			1				33,5			17,5	17,5	17,5		
RC033		1	1								1			1				46			14,5	14,5	14,5		
RC111		1	1								1			1				37,5			11	11	11		

REF.	SITE / N° / REGION / NR	CHRONO			TYPE DE SITE				TYPE ROCHE				ETAT			TYPE Meule			STADE de FAÇONNAGE	DIAM. 1 Inf. ou maxi	DIAM. 2 Autre	DIAM retenu	Hnf hauteur à neuf	HAUTEUR retenue	HAUTEURS Castilli
		LT	ROM	Atelier	Utilis.	Epave	Collect	VOLCA.	PLUTO.	GRENAT	SEDIM.	Ebauche	Neuf	Utilisé	CAT	META	INDET.								
RC032		1	1								1			1				37			18,5	18,5	18,5		
RC036		1	1								1			1				31,5			16,5	16,5	16,5		
RC037		1	1								1			1				32,5 - 36			19	19	19		
RC025		1	1								1			1				37,5			19,5	19,5	19,5		
RC003-JPH02		1	1								1			1				41			17,5	17,5	17,5		
RC003-JPH04		1	1								1			1				34,5			19,5	19,5	19,5		
RC007		1	1								1			1				34,5			16,5	16,5	16,5		
RC106		1	1								1			1				37			19,5	19,5	19,5		
RC108		1	1								1			1				37			18,5	18,5	18,5		
RC004-PB01		1	1								1			1				37			16,5	16,5	16,5		
RC027		1	1								1			1				35			14,5	14,5	14,5		
RC029		1	1								1			1				35,5			19	19	19		
RC044-DV03		1	1								1			1				28			13	13	13		
RC087																									



REF.	SITE / N° / REGION / NR	CHRONO		TYPE de SITE			TYPE ROCHE				ETAT		TYPE Meule			STADE de FACONNAGE	DIAM. 1 INF. ou maxi	DIAM. 2 Autre	DIAM retenu	Hnf hauteur à neuf	HAUTEUR retenue	HAUTEURS Catilli
		LT	ROM	Atelier	Utilis.	Epave	Collect	VOLCA.	PLUTO.	GRENAT	SEDIM.	Ebauche	Neuf	Utilisé	CAT							
EBM. 25	AUTUN	1	1								1	1		1			IV	52		10,8	10,8	10,8
EBM. 71	Fbg d'Arroux	1	1								1	1		1			V	59		17	17	17
EBM. 58	n° 74	1	1								1	1		1			III.B	58		16,5	16,5	16,5
EBM. 16	FR - Bourgogne	1	1								1	1		1			III.B ou IV	62	> 10	-	-	-
EBM. 70	11	1	1								1	1		1			III.B	56		17	17	17
EBM. 77		1	1								1	1		1			-	59		19	19	19
EBM. 72		1	1								1	1		1			III.B	58		18	18	18
n° 87	7	1	1								1	1		1			IV	62		22	22	CAT = 6
n° 81		1	1								1	1		1			V	64		64	64	
n° 60		1	1								1	1		1			V	60		22	22	
11 n° 79		1	1								1	1		1			V	65		21	21	Total 10
1.2745-1	OBERNAI	1	1								1	1		1			V	38		11,5	11,5	11,5
2.4837-1	N° 76	1	1								1	1		1			IV	38,5		15	15	17
3.4837-2	FR - Alsace	1	1								1	1		1			V	33		17	17	15
5.4798-1	6	1	1								1	1		1			III.A	38		15	15	17
4.4501-1	8	1	1								1	1		1			III.A	34,5		17	17	11,5
6.4298-2		1	1								1	1		?			IV	41		11,5	11,5	CAT = 5
FIG.6 n° 9	AGDE		1								1	1		1			V	43,5				Total 5
FIG.6 n° 10	n° 58	1	1								1	1		1			V	48,5				
FIG.6 n° 11	France - Sud		1								?	1		1			V	34,5				
FIG.6 n° 12	ARIS 1974		1								1	1		1			V	43				
FIG.6 n° 13	NR = 23		1								1	1		1			V	40				
FIG.6 n° 14			1								?	1		1			V	28				
FIG.6 n° 15			1								1	1		1			V	40,5				
FIG.6 n° 16	9		1								1	1		1			V	40				
FIG.5 n° 1			1								1	1		1			IV	45		14	14	
FIG.5 n° 2			1								1	1		1			III.B	45		13	13	
FIG.5 n° 3			1								1	1		1			II.A	24		7	7	
FIG.5 n° 4			1								1	1		1			II.B	31		11	11	11
FIG.5 n° 5			1								?	1		1			V	42				CAT = 1
FIG.5 n° 6			1								?	1		1			V	38,5				
FIG.5 n° 8			1								?	1		1			V	34				
n° 31-1	Riches Dunes										1	1		1			V	29	33,5			
n° 31-2	Riches Dunes										1	1		1			V	38,5	34			
4G11	REILLE										1	1		1			V	41,5	38			
RKS	REILLE										1	1		1			V	42	38,5			
2F12	REILLE										1	1		1			V	46	41,5			
2F12 CAT	REILLE										1	1		1			V	41	43,5			
RKS CAT	REILLE										1	1		1			V	42	45,5			
23 2KG CAT	REILLE										1	1		1			V	34	43			Total 5

REF.	SITE / N° / REGION / NR	CHRONO		TYPE de SITE			TYPE ROCHE				ETAT		TYPE Meule			STADE de FACONNAGE	DIAM. 1 INF. ou maxi	DIAM. 2 Autre	DIAM retenu	Hnf hauteur à neuf	HAUTEUR retenue	HAUTEURS Catilli
		LT	ROM	Atelier	Utilis.	Epave	Collect	VOLCA.	PLUTO.	GRENAT	SEDIM.	Ebauche	Neuf	Utilisé	CAT							
n° 140 - PL.21	BORKEN		1								1	1		?			I	46		15	15	
n° 141 - PL.22	n° 87		1								1	1		?			II.A	40	40	14-15	14,5	
n° 142 - PL.22	Nord Allemagne		1								1	1		?			I	36		14	14	
n° 143 - PL.23	NR = 12		1								1	1		?			I	41		17	17	
n° 144 - PL.23			1								1	1		?			I	35		19	19	
n° 145 - PL.23			1								1	1		?			II.A	38		15	15	
n° 146 - PL.24	10		1								1	1		?			III.A	39,5		17-19	18	
n° 147 - PL.24			1								1	1		?			I	45	40	16-17	16,5	
n° 148 - PL.25			1								1	1		?			I	45		14	14	
n° 149 - PL.25			1								1	1		1			I	40		29	29	29
n° 150 - PL.26			1								1	1		?			I	47		15	15	CAT = 1
n° 151 - PL.26			1								1	1		?			IV	43		18	18	Total 12
9	BAD NAIUHEIM	1									1	1		1			III.B	35,5	38,5-39	11,5	11,5	
12	n° 86	1									1	1		1			IV	43,5	45	12	12	
13	Est Allemagne	1									1	1		1			IV	33	38	11	11	
15	NR = 30	1									1	1		1			IV	38	39	12,5	12,5	
16		1									1	1		1			V	34,5	34	14	14	14
24		1									1	1		1			V	ca.33	ca.33	12	12	12
28	11	1									1	1		1			V	33	35	16	16	
29		1									1	1		1			V	37,5	37,5	16	16	16
32		1									1	1		1			V	38	32	15	15	
33		1									1	1		1			V	ca.39	ca.35	16	16	
34		1									1	1		1			V	32	35	13,5	13,5	
48		1									1	1		1			V	38,5	38-39	11	11	
51		1									1	1		1			V	40	38	14	14	
14 52		1									1	1		1			IV	39	34	16	16	16
4		1									1	1		1			V	ca.40				CAT = 4
5			1								1	1		1			V	37	35			
8			1								1	1		1			V	39,5	39,5			
10			1								1	1		1			V	39	38			
11			1								1	1		1			V	32,5	32,5			
17			1								1	1		1			III.B	31	31			
19			1								1	1		1			IV ou V	ca.32	34,5			
25			1								1	1		1			V	ca.40	ca.38			
27			1								1	1		1			V	ca.35,5	ca.35,5			
35			1								1	1		1			V	35	35			
42			1								1	1		1			V	ca.37,5	ca.37,5			





# ANNEXE n°26

## MÉTROLOGIE :

## PIEDS attestés par les TEXTES ANTIQUES

## ou par des

## DOCUMENTS ARCHÉOLOGIQUES

On livre ici un panorama des PIEDS et des unités divisionnaires (doigt, pouce ) ou multiples (coudée, fathom, pas, pertica, stade etc.) attestés pour les systèmes de mesure anciens du domaine méditerranéen et européen.

Une partie des connaissances provient de mentions textuelles antiques. Elles sont généralement bien évidemment dépourvues de mesure mais fournissent généralement le système de l'étalon de référence et de ses divisions ou multiples.

L'autre partie des connaissances, en augmentation régulière du fait de découvertes, provient d'objets reproduisant ou constituant des mesures antiques.





2- de 29,5 cm à la **regula** gravée sur la stèle de Valerius à Vérone (30, 2 cm soit le Pied 1 de Salamis) et à un pied dit Minoen de 30,36

		PIEDS DOCUMENTÉS par des DOCUMENTS ARCHÉOLOGIQUES (inscription, regula, équerre, pied ou rod en bois, bronze, os etc.)																		
		= mesure source																		
PIEDS documentés (cm)	mensae / rod / regulae	29,567	29,57	29,6	29,6	29,6	29,60	29,63	29,65	29,6 / 29,7	29,80	29,95	30,10	30,193	30,2	30,36	30,306	30,42	30,48	30
	ref.		HULTSCH 1882	MICHAELIS 1883	GOSTENONK 2000	PREVOT 2008	IOPPOLLO 1967	BOUCHER 2017	D'ANGLADE 1994		GAELL, JOLY 1958		DEKOUJAKOU					SCHUBERT 1993	RAEPLS	
	reliefs																			
	textes																			
DOCUMENT & CHRONO	ref.	29,5670952	450-400 aC	4 aC-10 pC																
NOM	DOCUMENT & CHRONO		pied (ajout?) sur Relief Ashmolean	pied pilant en bronze	5 regulae bois, Orange, 150/200 pC	Tab. M. LEPTIS M. III pC	Pied Romain calculé en 25/24 (soit sur la base de 28,444416)	regula Casa del Polibii, Pompei, 79 pC		Tab. ANNOUNA. II pC	Pied Issu de la Coudeée Royale	relief de SALAMIS			pied (regula) stèle fun. calc. VALERIVS (Volargne, VR)			Pied calabrè BIBRACTE		
	NOM	Pes Monetalis (PM)	Pied Romain	Pied Romain	Pied Romain	P. Monetalis	Pied Romain													
	mesuré cm		29,57	29,6	14,8	29,6	29,60	28,444416	29,65	29,80		30,10			30,2 cm					PI Protér
	Cubitus																			
autres attestations du même PIED	Pied		29,60	29,60	29,60	29,60		29,5 & 29,6		29,80		30,10			30,10					1 PM -
	Palme				1	1	-		1	-	-		45,15							
	DGT				1	1	-		1	-	-									
	PCE				1	1	-		1	-	-									
	1/2 DGT				0	1	-		-	-	-									
	1/2 PCE				0	1	-		-	-	-									
NOTES			HULTSCH 1882 (écrite Allemande in BRIDGER 1984) - à rejeter selon DINSMOOR 1961 (évaluation iron Inoué)		la tabletterie voisine semble relever à la fois (2 fabrications possibles) du PM et du PDrusus			BOUCHER R.A 2017 International Journal of Metrology, p. 32-38		MORRISON 1991 contradiction avec STIEGLITZ 2006 (Pied Solonien 32,75 cm)		BOUCHER R.A 2017 International Journal of Metrology, p. 32-38	MORRISON 1991 original : SIDERIS 1990		Pied SALAMIS - 1 (30,1 cm) cf. DEKOUJAKOU SIDERIS 1990 - Volargne, Verona - BOLA 2017		BOUCHER R.A 2017 International Journal of Metrology, p. 32-38		SCHUBERT 1993 p. 235 (= pied de Manching)	
	autres attestations du même PIED						POMPEI, 4 règles Casa del Polibii - 29,6 / 29,5 / 29,4 /													

3- d'un pied de 30,8 proche du pied de Manching (30,90 cm documenté par un rod en bronze) au Pied de 32,65 cm à la fois l'un des pieds du Roy en France mais aussi Pied Dorique établi sur une base architecturale (DINSMOOR 1961)

		PIEDS DOCUMENTÉS par des DOCUMENTS ARCHÉOLOGIQUES (inscription, regula, équerre, pied ou rod en bois, bronze, os etc.)																			
		= pieds calculés en 406 du Pes 1																			
PIEDS documentés (cm)	mensae / rod / regulae	30,80	30,83	30,86	30,90	31,0	31,05	31,1	31,785	32,04	32,20	32,4	ca.32,4	32,467	32,52	32,6	32,648	32,65	32,654	3	
	ref.	RAEPLS 2019			SCHUBERT 1993			OLMOS 2009			DEKOUJAKOU	CHAPELOT 2011	HATHERAT 194	DEKOUJAKOU				CHAPELOT 2010		STIEG	
	reliefs																				
	textes																				
NOM	DOCUMENT & CHRONO				iron rod + bronze rings, LT-D						relief de SALAMIS	XVIIè s						relief de SALAMIS	XVIIè s	réglé dans le 450 VI	
	NOM	Pied Protémalique		Pied Attique	Pied Laténien			Pied ibérique			Pied n°2 (règle)	Pied du ROI -1	Demi-Pied de Crisuebeuf ca.32,4	Coudeée				Pied du ROI - 2		SOL f	
	mesuré cm				15,45						32,20	32,40	ca.32,4	32,467				32,65		3	
	Cubitus										48,30			48,70							3
autres attestations du même PIED	Palme				30,90																
	DGT				1, 2, 3																
	PCE				-																
	1/2 DGT				-																
	1/2 PCE				-																
	NOTES			BOUCHER R.A 2017 International Journal of Metrology, p. 32-38	SCHUBERT 1993 p. 235 (pied de Manching)	SCHUBERT 1993 p. 235 (pied de Manching)		OLMOS 2009		cf. DEKOUJAKOU SIDERIS 1990		CHAPELOT 2011 L'enceinte du Château de Vincennes de (Bull.Arch. Trvx. Hist. et Sc., 1922,1, p.154)	MATHERAT 1945 p. 75 (cf. QUENDEY 1932 de Vincennes		cf. DEKOUJAKOU SIDERIS 1990	DINSMOOR 1961 ainsi le pied long grec que établit à 32,80 et joue sur l'apposition IONIC / DORIC	CHAPELOT 2011 l'enceinte du Château de Vincennes		les Pieds de 32,6 - 32,8 sont, selon STIEGLITZ, régulièrement (DULS 1988) appelés "PIED IONIC" par opposition au pied Attique (29,4 - 29,6).	STIEGLITZ rapproche son SOLONIAN Ft de la règle B de l'épave Na'agan Michalee, du relief de SALAMIS qui selon lui figure les mêmes mesures issues de la réforme de Solon.	

