



## Jean ELSSEN & ses Fils s.a.

Avenue de Tervueren 65, B-1040 Bruxelles

Tervurenlaan 65, B-1040 Brussel

Tel. (32) 2 734 63 56 / 736 07 12 Fax (32) 2 735 77 78

E-mail : numismatique@elsen.be - Website : www.elsen.be



### Le système pondéral romano-byzantin (fin 3<sup>e</sup> siècle - fin 8<sup>e</sup> siècle)

S'adressant aux membres de la Royal Numismatic Society en 1964, le Professeur Grierson soulignait l'importance d'exprimer les unités pondérales en petites unités de l'époque : « *The weights are normally expressed in modern terms, in Troy grains or metric grammes, and while for some purposes these may be satisfactory, our understanding of coin metrology will obviously be enhanced if we can translate them into units used at that time* ». Il soulignait ensuite l'importance du grain d'orge<sup>1</sup> formant la base du système pondéral et monétaire médiéval anglais et concluait : « *Evidence such as this affords substantial encouragement to the numismatist who puts his faith in both the reality and the stability of the weight-standards with which he works* »<sup>2</sup>. Cette recommandation fut le fil conducteur de la plus grande partie de mes recherches.

Dans cette étude, je me propose de mettre en évidence les bases du système pondéral romain utilisé après la réforme de Dioclétien et maintenu à Byzance. Était-il également basé sur un grain d'orge, comme les autres systèmes antiques<sup>3</sup> ? L'ancien système pondéral mésopotamien s'était en effet construit sur un grain d'orge nue : la masse théorique de l'unité pondérale, le *sheqel* (8,60 g), était celle de 180 grains d'orge nue de 0,0478 g<sup>4</sup>. De même, le système pondéral et monétaire attique, aux époques archaïque, classique et hellénistique, était basé sur un grain d'orge nue un peu plus léger<sup>5</sup>. Théophraste désigne le grain d'orge (*krithè*) comme la plus petite unité à la base du statère<sup>6</sup>. Le statère attique, l'unité pondérale monétaire de 8,64 g<sup>7</sup>, pesait 192 grains d'orge nue de 0,045 g<sup>8</sup>.

Rappelons que les unités pondérales sont des masses tandis que les objets posés sur un des plateaux de la balance sont des poids. La masse est le résultat de la pesée au moyen de poids. Ne pas distinguer masse et poids aboutit à des expressions comme celle de « *poids du poids* » qui figure dans l'article XVIII de l'ordonnance prise par le roi de France Charles VI en 1418 : « *en la taille des espèces d'or il n'y a point de remède sur le marc, mais un remède seulement qui était de ½ grain près le poids du juste poids de chaque espèce* »<sup>9</sup>. Dans leurs recherches, les numismates devraient utiliser la terminologie correcte en métrologie au même titre qu'ils se servent des outils statistiques et des résultats d'analyses métallurgiques non destructives.

#### La livre romaine

La livre (*libra*) de 12 onces (*unciae*) est attestée plusieurs siècles avant notre ère sous la république romaine. Au cours de la grande réforme monétaire qui commença sous Dioclétien (284-305) et s'acheva sous Constantin I<sup>er</sup> (306-337), une nouvelle monnaie d'or remplaça l'aureus en or presque pur. L'aureus taillé à 1/60<sup>e</sup> de livre sous Dioclétien fut remplacé par le *solidus* (ou *solidus aureus*), taillé à 1/72<sup>e</sup> de livre romaine en 309<sup>10</sup>. Sur des solidi frappés à Antioche sous Constance II (337-361), la taille LXXII figurait au revers dans le champ<sup>11</sup>. La taille de la monnaie fut désormais exprimée non seulement à la livre mais aussi à l'once : le *solidus* pesait et valait exactement un sextule (*sextula*) ou 1/6<sup>e</sup> d'once. L'once d'or représentait une quantité d'or de valeur importante

<sup>1</sup> Latin : *hordeum* ; italien : *grano d'orzo* ; espagnol : *grano de cebada* ; allemand : *Gerstenkorn* ; néerlandais : *gerstekorrel* ; anglais : *barley-corn*.

<sup>2</sup> GRIERSON 1964, p. iii et xvii.

<sup>3</sup> Sur les différentes variétés d'orge, leur diffusion au cours des derniers millénaires, l'épaisseur de leurs grains et leur stabilité pondérale à travers le temps, voir ELSSEN 1999 et ELSSEN 2001.

<sup>4</sup> ELSSEN 1999.

<sup>5</sup> Le grain d'orge vêtue est le grain dont on a seulement enlevé les pics aux extrémités mais qui reste entouré de sa balle. Le grain d'orge nue (émondé ou décortiqué) est le grain dont on a enlevé la balle (allemand : *Gerstengraupen* : orge mondé, orge perlé ; espagnol : *mondar, descascarillar, descortezar, descascar* ou *descascarar* ; portugais : *descascar*).

<sup>6</sup> *De Lapidibus*, 46-47.

<sup>7</sup> Voir ELSSEN 2002.

<sup>8</sup> ELSSEN 2001.

<sup>9</sup> ABOT DE BAZINGE 1764, p. 568.

<sup>10</sup> Ticinum, Aquilée, Rome et Ostie commencèrent à émettre des solidi en octobre 312.

<sup>11</sup> RIC 7.

(sans doute plusieurs mois de solde) qui survécut à l'empire romain et se rencontre dans tous les textes du moyen âge. De nos jours, l'or est toujours coté en livres ou en dollars par once sur les marchés de Londres ou de New York.

La détermination de la masse théorique de la livre romaine a fait couler beaucoup d'encre<sup>12</sup>. Dès 1690, Leblanc la calcula à partir de pesées de solidi du Bas-Empire et trouva 6.144 grains de Paris<sup>13</sup>. Soetbeer reprit cette masse en 1858<sup>14</sup> et en 1906 Guilhiermoz l'égalisa à 326,337 g<sup>15</sup>.

En 1838, Böckh proposa la masse légèrement supérieure de 6.165 grains de Paris pour la livre, soit 327,45212 g (6.165 x 0,0531147 g)<sup>16</sup>. La livre de Böckh est généralement considérée comme un peu trop lourde : « *since calculations based on the Roman pound in most works of reference assume the correctness of 327.45 g., scholars have usually been prepared to retain it for the sake of convenience while admitting that it is probably too high* »<sup>17</sup>.

Longtemps les partisans de la *livre haute* (327,45 g) se sont opposés aux partisans de la *livre basse* (322,56 g), la livre de Naville<sup>18</sup>. En 1953, se basant sur la masse moyenne de 423 solidi du 5<sup>e</sup> siècle trouvés dans le trésor de Comiso (4,48 g), Panvini Rosati proposait aussi la masse théorique de 72 x 4,48 g = 322,56 g<sup>19</sup>. Panvini Rosati admettait cependant que cette masse théorique ne tenait pas compte du frottement<sup>20</sup> ou d'autres pertes de masse éventuelles. Guey a en effet montré que généralement  $x \leq \mu \leq M_0$ <sup>21</sup>.

Plusieurs auteurs sont allés jusqu'à 3, 4 ou 5 décimales. Cette précision est inutile car les erreurs sur les masses données aux poids-étalons, sur les longueurs des bras des balances et sur les pesées elles-mêmes sont restées de l'ordre du pourcent au cours des 4 derniers millénaires<sup>22</sup>. A l'époque médiévale, le degré de précision était probablement de l'ordre de 1 à 2 %<sup>23</sup>. Un texte anglais de 1266, le *Statutum de Ponderibus*, précise que pour la pesée d'un penny de 32 grains, un demi-grain faisait tourner la balance, soit une incertitude de  $(1/2)/32 = 1/64 = 0,016$  ou 1,6 %. Si un quart de grain faisait tourner la balance, l'incertitude tombait à 0,8 %<sup>24</sup>. L'introduction de balances de précision et de balances électroniques ne permit pas d'obtenir une précision de l'ordre du mg et même pas du cg pour des masses de l'ordre de 1,50 g, c'est-à-dire un degré d'incertitude de 0,67 %. Au début du 20<sup>e</sup> siècle, la pesée de 90 grains de caroubier par Miles donna une masse moyenne de 0,1945 g « *but a reweighing with a more accurate balance has brought the figure up to 0.1957 g* »<sup>25</sup>, soit un écart entre les deux pesées de 0,62 %<sup>26</sup>. Il est donc illusoire de vouloir déterminer la masse théorique de la livre romaine à moins d'un g (0,3 %) près et certainement pas au dg ou au cg près<sup>27</sup>.

<sup>12</sup> Pour une excellente synthèse, voir GRIERSON 1992 a, p. 28-30.

<sup>13</sup> LEBLANC 1690, p. 3 et p. 70.

<sup>14</sup> SOETBEER 1858, p. 3.

<sup>15</sup> GUILHIERMOZ 1906, p. 448. La masse théorique du grain de froment ou grain de Paris résulte de la division de la livre de Charlemagne de 408 g par 240 deniers de 32 grains ou 7.680 grains de froment (408 g/7.680 = 0,053125 g) En 1799, Lefèvre-Gineau détermina le kg définitif et l'égalisa à 18.827,15 grains de Paris. La masse théorique du grain de froment ou grain de Paris était par conséquent 1.000 g/18.827,15 = 0,0531147 g. L'écart est tellement faible (0,053125 g/0,0531147 g = 1,0001939 ou 0,02 %) que l'emploi de 0,053125 g ou de 0,053115 g est totalement justifié puisque les résultats des multiplications sont arrondis.

<sup>16</sup> BÖCKH 1838, p. 165. La masse théorique de Böckh fut adoptée par MOMMSEN 1860 et par HULTSCH 1882, p. 160-161.

<sup>17</sup> GRIERSON 1960 a, p. 252.

<sup>18</sup> NAVILLE 1920.

<sup>19</sup> PANVINI ROSATI 1953, p. 437-440.

<sup>20</sup> La perte de masse due aux frottements dans la circulation.

<sup>21</sup> GUEY 1981, p. 78, 83 et n. 4. La masse moyenne  $x$  est la masse totale divisée par le nombre de monnaies. La masse médiane  $\mu$  est la masse centrale de l'ensemble, celle qui possède autant de masses à sa gauche qu'à sa droite (autant de masses inférieures que de masses supérieures). Si le nombre de masses est pair, la masse médiane est la moyenne des deux masses centrales. La masse modale  $M_0$  ou mode est la masse centrale de l'intervalle le plus peuplé (la masse au milieu de cet intervalle).

<sup>22</sup> ELSÉN 1993.

<sup>23</sup> Au 15<sup>e</sup> siècle, l'auteur arabe Maqrīzi mentionna un écart d'à peine 2 % entre le carat arabe et le carat de Syrie qui au début étaient semblables. SILVESTRE DE SACY 1797, p. 19. GRIERSON 1960 a, p. 253, n. 3, et p. 254 : les deux carats « *can be treated as if they were the same* ».

<sup>24</sup> RUDING 1840, I, p. 7, 187 ; RIDGEWAY 1889, p. 94 ; SALISBURY 1961, p. 115, note. La précision de la pesée était à un demi-grain près soit une incertitude de  $(1/2)/32 = 1/64 = 0,016$  ou 1,6 %. Si ¼ de grain faisait tourner la balance, l'incertitude tombait à 0,8 %.

<sup>25</sup> GRIERSON 1960 a, p. 253.

<sup>26</sup> 0,1957 g/0,1945 g = 1,00617 ou 0,62 %.

<sup>27</sup> GRIERSON 1964, p. xi-xij ; GUEY 1976, p. 112, n. 1 et p. 114, n. 1. HOUBEN 1982, p. 24, parle même d'un degré d'incertitude de 2 % jusqu'au 18<sup>e</sup> siècle. Naster énumère une série de raisons pour lesquelles la pesée au-delà du cg n'a pas de valeur scientifique. NASTER 1975, p. 66. Voir aussi ELSÉN 1993 ; ELSÉN 2002, p. 11, n. 2. De nos jours, les pesées à la balance électronique fournissent, d'une pesée à l'autre, des résultats différents au niveau de la 3<sup>e</sup> décimale et parfois même au niveau de la 2<sup>e</sup> décimale. Ces écarts sont dus aux fluctuations de l'intensité de courant du réseau électrique, de l'humidité et de la température ambiante et du lieu sur le globe où est effectuée la pesée.





payer aux Romains pouvait être pesé en talents de bon argent attique<sup>41</sup>. Chaque talent d'argent devait peser au moins 80 livres romaines : « *argenti probi talenta attica...talentum ne minus pondo octoginta romanis ponderibus pendat* »<sup>42</sup>. Concrètement, cela signifie qu'à la pesée on devait ajouter un peu de métal sur le plateau du talent d'argent jusqu'à ce que la balance tourne de ce côté, afin d'assurer que le métal livré pesait bien 80 livres « au moins » (*ne minus*). Un excès d'une demi-mine (216 g) par talent ou  $0,5/60 = 0,008$  (0,8 %) provoquait certainement ce mouvement. Cela donne une relation : 80 livres romaines  $\leq$  60,5 mines attiques ou 1 livre romaine  $\leq$  60,5 mines attiques  $\times$  432 g/80 = 326,7 g. Cette masse, légèrement en excès, doit être arrondie vers le bas à 326 g.

### Le scrupule ou *grammarion*

Plusieurs siècles avant notre ère, la structure duodécimale des unités de surface, de volume et de masse faisait partie de la vie quotidienne, commerciale, fiscale et juridique du monde grec et du monde romain<sup>43</sup>. Dans son *Economie rurale*, Varron (116-27 avant notre ère) rappelait que l'unité de surface mesurait 288 scrupules *de la même manière que l'as antique pesait 288 scrupules*<sup>44</sup> : « *Iugeri pars minima dicitur scripulum, id est decem pedes longitudine et latitudine quadratum* ». Le texte précise : « *habet iugerum scripula CCLXXXVIII, quantum as antiquus noster ante bellum punicum pendebat* ».

Donc, depuis l'as « antique », c'est-à-dire l'as libral, qui pesait une livre au 4<sup>e</sup> siècle avant notre ère, la livre de 12 onces contenait 288 unités plus petites. Cette petite unité pondérale, appelée scrupule (*scripulum*, *scrupulum*), était la 1/24<sup>e</sup> partie de l'once. Sa masse théorique était  $326 \text{ g}/288 = 1,13 \text{ g}$ . Le mot *scrupulum* ou *scripulum* dérivait de *scrupus* et signifiait « petite fraction, petite quantité » mais aussi « petite pierre, faible poids » ainsi que l'unité pondérale, la masse pesée avec ce petit poids. Les masses des monnaies étaient souvent exprimées en scrupules.

Ce système duodécimal (et binaire) parfait permettait toutes les divisions de la livre par 2, 3, 4, 6, 8, 9, 12, 16, 18, 24, 27, 32, 36, 64, 72, 96, 192, 288. Ce mode de calcul romain est clairement résumé par Hocquet : « *une arithmétique simple qui utilise comme diviseurs les nombres 2 et 3 combinés entre eux dans le calcul duodécimal ou le nombre 2 porté deux fois au carré ( $2^4 = 16$ ). Le nombre 10 était également utilisé, sous forme de  $10^2$  ou  $10^3$ , soit 100 et 1000, mais à 100 on préférerait un nombre plus facilement divisible, tel 96 qui se trouvait à l'intersection de 12 et 16* »<sup>45</sup>.

Les premiers deniers de la république, frappés à la fin du 3<sup>e</sup> siècle avant notre ère, pesaient 4 scrupules (4,53 g) et valaient 10 as. Le quinaire pesait 2 scrupules (2,26 g) et valait 5 as, le petit sesterce d'argent pesait 1 scrupule (1,13 g) et avait une valeur de 2 ½ as. La réforme monétaire de Néron introduisit le denier de 3 scrupules (3,40 g), soit une taille de 96 deniers à la livre ou 8 à l'once. Le choix de cette masse était un facteur de stabilité pondérale car la masse du denier s'exprimait par un nombre entier dans la livre mais aussi dans l'once, unité pondérale plus proche des transactions moyennes et quotidiennes. Suite à l'introduction du double denier ou antoninien au début du 3<sup>e</sup> siècle, le titre et la masse du denier et de l'antoninien d'argent diminuèrent progressivement jusqu'à leur disparition au cours de la 2<sup>e</sup> moitié du 3<sup>e</sup> siècle. Le denier était devenu une petite monnaie de billon qui ne contenait plus qu'une faible quantité d'argent. L'usage de compter en deniers<sup>46</sup> s'était cependant tellement répandu qu'il devint une monnaie de compte. On continua à exprimer la valeur des biens, des services et des autres monnaies en deniers même s'ils n'étaient plus frappés.

Vers la fin de 294, Dioclétien réintroduisit une monnaie de bon argent, appelée *denarius argenteus* (denier d'argent) dans l'Edit d'Aphrodisias (en 301)<sup>47</sup>. A Rome et Ticinum, ces monnaies portaient la marque XCVI qui indiquait la taille : 96 pièces à la livre (8 à l'once), soit la masse théorique de  $288 \text{ scrupules}/96 = 3 \text{ scrupules}$  (3,40 g).

En 615, l'empereur byzantin Héraclius (610-641) commença la frappe de nouvelles monnaies d'argent, connues sous le nom d'hexagrammes. Leur production continua jusqu'à la fin du 7<sup>e</sup> siècle, sous Justinien II (685-695). Ces monnaies pesaient 6 γράμματα ou *scripulae* ou 1/48<sup>e</sup> de livre ( $288 \text{ scrupules}/6 \text{ scrupules} = 48$ ). Taillées 4 à

<sup>41</sup> La mine pesait 50 statères ou 100 drachmes pondérales (432 g) et 60 mines formaient un talent (25.920 g). Voir ELSEN 2002. Il s'agit ici de masses théoriques, pas de résultats de pesées. Etant donné que ces nombres théoriques interviennent dans des calculs, il est permis de donner plusieurs chiffres significatifs. La pesée d'un talent ne pouvait pas être faite avec une précision inférieure à 100 g.

<sup>42</sup> Tite-Live XXXVIII, 38, 13-14. LE RIDER 1992, p. 268-269 ; ELSEN 2002, p. 11 et n. 49.

<sup>43</sup> ELSEN 1998 ; ELSEN 2001.

<sup>44</sup> Varron, *De re rustica*, I, 10, 2. Voir l'édition HEURGON 1978.

<sup>45</sup> Dans GAUVARD 2002, p. 1126-1127. Voir aussi HOCQUET 1995.

<sup>46</sup> Le denier avait remplacé l'as comme unité de valeur et monnaie de compte. Sous Néron, l'aureus valait 25 deniers.

<sup>47</sup> CALLU 1969, p. 355-357. Le titre était probablement 11/12 ou 0,917 (11 onces d'argent et une once de cuivre pour former une livre d'alliage). Deux analyses chimiques faites par HAMMER 1908 ont donné un titre 0,9215. Un prélèvement superficiel pour l'analyse chimique expliquerait le léger excès d'argent fin à cause de l'enrichissement en argent de la surface (ou l'appauvrissement en cuivre, éliminé par l'oxydation et les frottements).

l'once, leur masse théorique ( $6 \times 1,132 \text{ g} = 6,7917 \text{ g}$ ) était « scrupuleusement » respectée : dans un trésor de 252 hexagrammes d'Héraclius, découvert dans la région de Perm (Sibérie Occidentale), la masse moyenne était 6,72 g et 73 pièces pesaient 6,80 g ou plus<sup>48</sup>. La masse théorique du *grammarion* (1,132 g) est de l'ordre du gramme moderne. C'est sans doute la raison pour laquelle le mot *gramme* fut retenu pour désigner l'unité de masse de cet ordre de grandeur. Sa division duodécimale fut remplacée par une division décimale, le gramme valant 10 dg ou 100 cg depuis la Révolution Française.

### La silique ou carat

L'*exagium* ou sextule était la sixième partie de l'once. En plus du poids du solidus, l'*exagium* en vint à signifier simplement « poids » : des poids en bronze (*exagia*) portaient souvent la marque de leur masse : EXAGIUM SOLIDI (1 solidus), SOL VI (6 solidi ou une once), NIB (12 *nomismata* = 12 solidi ou 2 onces), ΓΒ (2 οὐγκία ou 2 onces)<sup>49</sup>. Des semisses étaient aussi frappés et par conséquent des poids devaient exister pour les peser. La séquence des masses, 1/12<sup>e</sup> d'once, 1/6<sup>e</sup> d'once, 1 once, 2 onces ou, inversement, 12 solidi, 6 solidi, 1 solidus, 1/2 solidus, montrent que l'once d'or était une valeur importante.

De la même manière que le scrupule était la 1/24<sup>e</sup> partie de l'once, une unité plus petite, qui était la 1/24<sup>e</sup> partie de l'*exagium*, s'imposait. La livre pesait 1.728 de ces unités dont la masse théorique était  $326 \text{ g}/1.728 = 0,18866 \text{ g}$ . Or, le grain de caroubier (*ceratonia siliqua*)<sup>50</sup> avait une masse de cet ordre. Les grains de caroubier pesés par Miles pesaient en moyenne 0,196 g, 24 grains de caroubier ayant à peu près la masse de 4 scrupules. Cette nouvelle unité pondérale fut probablement adoptée au début du 4<sup>e</sup> siècle et prit rapidement le nom de *siliqua* dans la partie occidentale de l'empire et *keration* dans la partie orientale. La masse de la silique (carat) était donc 1/6<sup>e</sup> de scrupule, 1/24<sup>e</sup> de l'*exagium* ou de la *sextula* et 1/144<sup>e</sup> de l'once. Les Arabes l'appelèrent *kharrubāh* ou *qirat*, nom dérivé du grec *keration*<sup>51</sup>.

La 1/24<sup>e</sup> partie du solidus, la silique d'or (*siliqua aurea*), devint rapidement une unité de valeur<sup>52</sup>, puis le nom *siliqua* en vint à désigner la quantité d'argent de même valeur. Dans l'inscription de Feltre (*ILS 9420*), datée de 323, la monnaie d'argent est désignée sous le terme *siliqua*. Cette inscription mentionne des largesses de 10 « aureos » chaque et d'une silique : « *spor(tularum) no(mine) aureos et sil(iquam) sing(ulam)* »<sup>53</sup>.

### Le grain d'orge nue

La livre romaine contenait 12 onces, l'once 24 scrupules, le scrupule 6 siliques. Le sextule ou *exagium*, le poids du solidus, pesait 4 scrupules ou 24 siliques. Le scrupule et la silique étaient toutefois des masses trop importantes pour les besoins de la production et du contrôle de monnaies en or et en argent dont la valeur était élevée. Le solidus était de l'ordre de grandeur de la solde mensuelle et la silique d'or de l'ordre de la solde journalière<sup>54</sup>. Une unité pondérale plus petite que le carat/silique existait certainement. Les Mésopotamiens, les Egyptiens et les Grecs se servaient de grains d'orge comme unité pondérale de base. Le *sheqel* mésopotamien avait la masse de 180 grains d'orge. La drachme pondérale attique pesait 96 grains d'orge nue<sup>55</sup>.

Le système pondéral romain puis byzantin était lui aussi basé sur le grain d'orge nue. En effet, Ananias de Shirak, un auteur arménien du 7<sup>e</sup> siècle, décrivant le système pondéral byzantin<sup>56</sup>, mentionne le grain d'orge comme la plus petite unité pondérale. Le grec *keration*, le carat ou la silique romaine, pesait 4 *gaherat* ou grains d'orge<sup>57</sup>. Le *dahekan* arménien était l'*hexagion* byzantin, le poids pour peser le *nomisma* (ou solidus). Sa masse était 24 *keratia* ou 96 *gaherat*. La masse du solidus romain et du *nomisma* byzantin consistait donc en 96 grains d'orge nue, ce qui donne  $96 \times 72 = 6.912$  grains d'orge nue dans la livre.

Les grains d'orge utilisés pour les pesées n'étaient pas choisis au hasard. Depuis des temps immémoriaux, les hommes savaient que les grains pris aux extrémités de l'épi étaient moins développés que ceux situés au milieu de l'épi. Tout naturellement, les plus gros grains furent employés lorsque le besoin se fit ressentir de déterminer des petites quantités de matières précieuses (lapis lazuli, or, argent, épices... ). Pour peser de petites masses,

<sup>48</sup> GRIERSON 1960 a, p.261-262.

<sup>49</sup> LAVAGNE 1972 ; GRIERSON 1992 a, p. 30.

<sup>50</sup> Le caroubier (l'arbre) s'appelait *xyliglycon*.

<sup>51</sup> GRIERSON 1960 a, p. 251, n. 2.

<sup>52</sup> GRIERSON 1960 b, p. 3, n. 8.

<sup>53</sup> KUBITSCHK 1909 ; REGLER 1956 ; CALLU 1969, p. 358, n. 4 ; DEPEYROT 1992, p. 56.

<sup>54</sup> GRIERSON 1960 b, p. 3, n. 8.

<sup>55</sup> La masse théorique du grain d'orge mésopotamien était 0,0478 g (ELSEN 1999). De même, 192 gros grains d'orge nue formèrent la masse théorique du statère attique (8,64 g). La masse théorique du grain d'orge attique était 0,0450 g (ELSEN 2001).

<sup>56</sup> Le texte d'Ananias de Shirak a été commenté par MANANDIAN 1965, p. 116-117.

<sup>57</sup> Le mot arménien *gari* signifie orge comme le grec *krithè*, l'allemand *Gerst* et le néerlandais *gerst* (latin *hordeum*).

« les petites unités (grains, carats, onces) formant la livre ont servi de poids monétaires »<sup>58</sup>. Des groupes de gros grains avaient des masses très stables qui ne variaient pas dans le temps et ne dépendaient que très faiblement des conditions climatiques et géographiques ou de la nature du sol<sup>59</sup>. Les bonnes années, les grains étaient biens gros. Les mauvaises années, les grains étaient moins développés aux extrémités de l'épi mais les grains au milieu de l'épi atteignaient leurs taille normale. Les faibles variations de la masse du grain pondéral, d'une région à l'autre, sont le résultat des erreurs sur les pesées de groupes de gros grains mais surtout de la préparation et de la transmission des poids-étalons au cours des décennies<sup>60</sup>.

Le texte métrologique anglais de 1266 déjà cité, le *Statute of weights and measures (Statutum de Ponderibus)*, recommandait de prendre les grains au milieu de l'épi pour contrôler la masse du *penny* (l'esterlin) et aussi du petit poids d'un penny pondéral, le *pennyweight* : le « *penny sterling should weigh 32 grains of wheat round and dry and taken from the midst of the ear. Twenty pence one ounce, and twelve ounces one pound* »<sup>61</sup>.

### Le grain d'orge romain

La livre romaine pesant 12 onces, 288 scrupules, 1.728 siliques ou 6.912 grains d'orge nue, la masse du grain d'orge romain peut être calculée aisément:  $326 \text{ g}/6912 = 0,0472 \text{ g}$ . Ce résultat est très proche des résultats obtenus par les différentes pesées effectuées. En 1909, Willers<sup>62</sup> pesa 60 grains d'orge et obtint 2,81 g, soit une masse moyenne de 0,0468 g ou environ 0,047 g<sup>63</sup>. En 1974, Dayton pesa 30 grains pris au hasard et obtint 1,400 g ou une masse moyenne pour le grain d'orge nue de 0,0467 g ou environ 0,047 g<sup>64</sup>. En choisissant 180 grains les plus gros de son échantillon, il trouva 8,37 g ou une masse moyenne de  $8,37 \text{ g}/180 = 0,0465 \text{ g}$ . En 1996, j'ai trouvé une masse moyenne de 0,0472 g pour un groupe de 80 gros grains d'orge choisis entiers et ronds<sup>65</sup>. En août 2001, j'ai repesé des groupes de gros grains d'orge provenant de Cambridge, du Tyrol, de Haute-Bavière et de l'île de Samos. Le grain d'orge nue provenant de Haute-Bavière avait une masse moyenne de 0,0467 g<sup>66</sup>. J'obtenais, à une fraction du mg près, la même masse que Willers 90 ans plus tôt, Dayton 27 ans plus tôt et moi-même 5 ans auparavant.

Moins d'un dixième des 1.434 solidi du trésor de Szikáncs avaient une masse résiduelle inférieure de plus d'un grain (4,48 g) par rapport à la masse théorique de 96 grains (4,53 g). Sur les 246 solidi du trésor frappés en 443, la monnaie la plus légère pesait 4,45 g (moins de 2 grains en dessous de la masse théorique) et la plus lourde 4,56 g (moins d'un grain en excès). La perte de masse d'un demi grain en moyenne donne des solidi de  $95 \frac{1}{2}$  grains ou  $95,5 \times 0,0472 \text{ g} = 4,5076 \text{ g}$ .

Le solidus garda sa masse inchangée à travers les règnes successifs. Cette stabilité est liée à la stabilité du système pondéral lui-même, basé sur la masse de groupes de gros grains d'orge nue. La silique romaine (le carat ou *keration* byzantin) pesait 4 grains d'orge nue. Elle ne pesait pas exactement un grain de caroubier mais elle avait une masse de l'ordre de grandeur de ce grain<sup>67</sup>. Le scrupule ou *grammarion* pesait 24 grains d'orge nue, l'*exagium* ou *hexagion* 24 siliques (carats) ou 96 grains, l'once 576 grains et la livre 6.912 grains. Ce nombre est confirmé par un texte métrologique byzantin publié par Schilbach : τὴν μίαν λίτραν κριθόκοκκα ζθαβ (= 6912)<sup>68</sup> (une seule livre contient 6.912 grains d'orge).

### Grain d'orge nue ou grain de blé ?

<sup>58</sup> Dans GAUVARD 2002, p. 1126-1127. Voir aussi HOCQUET 1995.

<sup>59</sup> En Mésopotamie, la stabilité pondérale des plus gros grains à travers le temps et le recours régulier à 180 gros grains pour reformer la masse du poids étalon, le *sheqel* (8,60 g), maintint cette masse inchangée du 3<sup>e</sup> au 1<sup>er</sup> millénaire avant notre ère.

<sup>60</sup> ELSEN 2001.

<sup>61</sup> RUDING 1840, I, p. 7, 187 ; RIDGEWAY 1889, p. 94 ; SALISBURY 1961, p. 115, note.

<sup>62</sup> WILLERS 1909, p. 4.

<sup>63</sup> 1 % de 0,047 g est 0,0005 g ou un demi mg. Cela n'a pas donc de sens de donner plus de 3 décimales pour la masse des grains. Pour les besoins des calculs, 2 décimales ne sont pas suffisantes. Les masses des grains obtenues par des divisions seront données à 3 décimales afin d'éviter des erreurs de calcul en passant de la livre au grain puis du grain à un multiple pondéral.

<sup>64</sup> DAYTON 1974.

<sup>65</sup> Au cours des années 1990, j'ai effectué de nombreuses pesées de groupes de gros grains d'orge nue à Bruxelles. Le 9 août 1996, par temps chaud et couvert (entre 20°C et 22°C), j'ai pesé plusieurs groupes de 80 gros grains, provenant d'un échantillon de 500 g acheté à Diest. Le groupe le plus lourd pesait 3,775 g ou une masse moyenne de  $3,775 \text{ g}/80 = 0,0472 \text{ g}$ . ELSEN 1999, p. 17 et ELSEN 2001, p. 5.

<sup>66</sup> Le 31 août 2001, j'ai pesé plusieurs groupes de 192 gros grains d'orge nue provenant de Vaterstetten, en Haute-Bavière. La masse la plus élevée était 8,957 g et celle du gros grain d'orge nue 0,0467 g. ELSEN 2001, p. 10 et n. 10.

<sup>67</sup> Des grains de caroubier pesés au Caire au début du 20<sup>e</sup> siècle avaient une masse de l'ordre de 0,195 g, tandis que le *qirat* ou carat arabe et syrien avait une masse théorique plus élevée (0,2125 g). Ce dernier carat était la masse de 4 gros grains de froment (0,053125 g). Le *mitqal* (= le « poids »), l'unité pondérale du dinar arabe était 80 grains de froment (4,25 g) ou 100 grains d'orge nue arabes (de 0,0425 g).

<sup>68</sup> SCHILBACH 1970 a, p. 134, ligne 16.

En 1906, Guilhiermoz avait mentionné le scrupule romain de 24 grains. Il ne précisa cependant pas s'il s'agissait de grains d'orge ou d'un autre grain<sup>69</sup>. Sa prudence se comprend au vu des textes métrologiques byzantins qui mentionnent le grain d'orge (*krithokokkon*) comme la plus petite unité pondérale<sup>70</sup>. Mais dans ces textes apparaît aussi un autre grain, le grain de blé (*sitokokkon*)<sup>71</sup>. Le *keration* est parfois décrit comme égal à 4 grains d'orge ou 5 grains de blé<sup>72</sup> et à d'autres endroits à 5 grains d'orge ou 4 grains de blé. Cette confusion est due aux nombreuses erreurs de copistes, ignorants en matière de métrologie et peu attentifs dans leur besogne de transcription<sup>73</sup>.

Schilbach n'eut pas connaissance du texte d'Ananias de Shirak définissant le *keration* comme 4 *gaherat* ou grains d'orge et négligea la mention de la livre égale à 6.912 *krithokokka* ou grains d'orge. Il opta pour le carat de 4 grains de blé qu'il interpréta comme des grains de blé byzantins. Schilbach basa sa conclusion sur la pesée de grains de froment qu'il croyait être les grains de blé byzantins. Il observa naturellement que les grains de froment sont plus lourds que les grains d'orge nue et en conclut que le *keration* devait peser 4 grains de blé (*sitokokka*) et par conséquent 5 grains d'orge nue (*krithokokka*)<sup>74</sup>. Les nombreuses pesées de groupes de gros grains de blé<sup>75</sup> que j'ai effectuées au cours des années 1990 et 2000 ont montré que la masse moyenne du grain de blé ne dépassait pas les 0,040 g mais se situait entre 0,033 g et 0,038 g<sup>76</sup>. Les grains de froment sont bien plus lourds. Des grains de froment pris au hasard pèsent environ 0,050 g, les gros grains ayant une masse moyenne de 0,053 g. La masse du gros grain d'orge nue se situe entre 0,042 g et 0,048 g. Il en résulte la relation pondérale suivante :

$$\text{grain de blé} < \text{grain d'orge nue} < \text{grain de froment}$$

$$\text{environ } 0,033 \text{ à } 0,038 \text{ g} < \text{environ } 0,043 \text{ à } 0,048 \text{ g} < \text{environ } 0,050 \text{ à } 0,053 \text{ g}$$

La masse du *keration* était bien 4 grains d'orge nue (masse théorique 0,04716 g) ou 5 grains de blé (0,03773 g). Les grains de froment<sup>77</sup> n'intervenaient pas dans la métrologie byzantine : 4 grains de froment auraient en effet donné au carat byzantin une masse de  $4 \times 0,053125 \text{ g} = 0,2125 \text{ g}$ , nettement trop élevée, tandis que 3 grains de froment auraient pesé  $3 \times 0,053 \text{ g} = 0,159 \text{ g}$ , nettement trop peu.

L'expression de la masse du *keration* comme celle de 5 grains de blé est tardive. Elle date de l'époque byzantine. Son existence à une époque antérieure suppose que le scrupule aurait pesé 30 grains de blé, mais ce nombre est incompatible AVEC la structure parfaitement duodécimale du système pondéral romain<sup>78</sup>. L'once aurait pesé 720 grains de blé et la livre 8.640 grains de blé. Or, les textes byzantins et arméniens indiquent clairement que la livre comprenait 6.912 grains d'orge.

Une confusion similaire existait dans le système pondéral arabe<sup>79</sup>. Le *mitqal* arabe de 4,25 g pesait 20 carats et le carat arabe, le *qirat*, pesait 4 grains de froment (0,053125 g) ou 5 grains d'orge nue (0,0425 g)<sup>80</sup>. Il s'agissait de

<sup>69</sup> GUILHIERMOZ 1906, § 24, p. 178.

<sup>70</sup> En latin, *coccum* signifie « le grain, le pépin ».

<sup>71</sup> SCHILBACH 1970 a et SCHILBACH 1970 b.

<sup>72</sup> SCHILBACH 1970 a, p. 134 : *sitokokka* ε ou 5 grains de blé. Le *stagon* (l'*hexagion*) y est renseigné comme αβο (= 120) σιτόκοκκα ou grains de blé à la ligne 4 et comme θς ou 96 grains d'orge à la ligne 14 le carat pesant δ = 4 grains d'orge (ligne 13) ou ε = 5 grains de blé (ligne 3). L'italien médiéval *saggio* rappelle cette unité.

<sup>73</sup> La même relation erronée 4 grains de blé = 5 grains d'orge se trouve dans HULTSCH 1864-1866, 1, p. 222, 231, 245 248 où le grain de blé, le σιτάριον, est défini comme le quart de silique. Il en déduisit que le scrupule pesait 24 grains de blé au lieu de 24 grains d'orge nue. RIDGEWAY 1892, p. 278, reprit cette masse erronée du scrupule : « ...the scripulum, which weighed 24 grains of wheat ». La définition correcte est : 1 silique = 4 grains d'orge nue = 5 grains de blé.

<sup>74</sup> Au cours de la discussion lors de la Table Ronde qui suivit PACT 5 (p. 429), Morrisson mentionna cette masse du *krithokokkon* qui aurait été, selon Schilbach, 0,037 g mais qui était en réalité la masse de gros grains de blé.

<sup>75</sup> Le *triticum dicoccum*, le blé le plus répandu dans l'empire byzantin.

<sup>76</sup> Un écrit composé en 845 par un Aquitain donne la masse de trois nouveaux deniers (les deniers carolingiens de 1,70 g) en gros (les plus gros : *maxima grana*) grains de blé (*triticum*) : « Tres nummi moderni tantum pondus habent quantum habent CLIII maxima grana cerulei Aquitaniae tritici nostri ». Cité par GUERARD 1837, p. 420. Ce sont des gros grains de blé. Ils pèsent  $3 \times 1,70 \text{ g} / 153 = 0,0333 \text{ g}$ . L'expression normale de la masse du denier de Charlemagne était celle de 32 grains de froment (*frumentum*) de 0,053125 g. En Aquitaine, le denier pesait 51 gros grains de blé locaux.

<sup>77</sup> Le froment (*triticum aestivum*) est une variété de blé (blé panifiable). Broyé en farine et pétri en pâte, il était cuit en pain.

<sup>78</sup> Le nombre 24 était la combinaison parfaite de la plus ancienne unité binaire ( $2 \times 2 \times 2 = 8$ ) et du nombre 3 tandis que le nombre de 30 grains de blé pour le scrupule ne permettait pas les divisions aisées propres aux nombres duodécimaux. Il induisait un tout autre mode de calcul basé sur les multiples et sous-multiples de 30 : 5, 10, 15, 30, 60, 120, 180, 360, 720, ... Cette suite arithmétique est plus tardive que la suite 6, 12, 24, 48, 72, 96, 144, 192, 216, 288, 576, 1.728, 6.912.

<sup>79</sup> Les textes arabes mentionnent aussi des masses exprimées en carats, en grains d'orge et en grains de blé « the precise relationship between them being in great confusion ». Le carat arabe était souvent désigné comme 4 grains d'orge ou 5 grains de blé. GRIERSON 1960 a, p. 251, n. 2.

<sup>80</sup> Se basant sur SAUVAIRE 1882, p. 36-37, 51, 54-55, 58-60, 76, 81, SPERBER 1972, p. 278, écrivait : « The mithkal, dinar, and dirham were usually measured in barley grains. ... the mithkal (or dinar, for they are often used in the same sense) ... the classical mithkal = 100 grains of barley ». Le *qirat* ou carat arabe pesait 5 grains d'orge nue de 4,25 g/100 = 0,0425 g. Des grains d'orge nue ayant des masses de cet ordre sont connus. En 1953, Berriman pesa des grains d'orge du Kenya « de

grains de froment plus lourds que les grains de blé. Le rapport était ainsi inversé : 4 grains de froment = 5 grains d'orge tandis qu'à Byzance, 4 grains d'orge = 5 grains de blé. A Byzance, ce double système des petites unités pondérales permettait d'exprimer ¼ de carat (un grain d'orge) ou 1/5<sup>e</sup> de carat (un grain de blé). Le système du grain d'orge était sans doute utilisé dans les ateliers monétaires et l'autre, celui du grain de blé, par les médecins ou dans les préparations pharmaceutiques.

## Conclusion

Comme le grain d'orge mésopotamien (0,048 g) et le grain d'orge attique (0,045 g), le grain romain était un grain d'orge nue. Depuis le 4<sup>e</sup> siècle avant notre ère au moins, la livre romaine pesait 12 onces, l'once 24 scrupules, le scrupule 24 grains d'orge nue. La livre romaine contenait 6.912 grains d'orge nue. Sa masse théorique peut être estimée à 326 g et celle du grain d'orge nue romain à 326 g/6.912 = 0,0472 g.

A l'époque byzantine, le grain de blé forma une autre base de la livre byzantine. Une relation simple le liait au grain d'orge nue : 5 grains de blé pesaient 4 grains d'orge. La siliqua (*siliqua pensante*) ou *keration* pesait 4 grains d'orge romains de 0,0472 g = 5 grains de blé byzantins de 0,0377 g = 0,1887 g. L'*exagium* (1/6 d'once ou *nomisma*) pesait 96 grains d'orge nue ou grains romains, l'once 576 grains romains et la livre 6.912 grains. Un système parallèle, basé sur le grain de blé (0,03773 g), le grain byzantin, donnait 120 grains pour l'*hexagion*, 720 grains pour l'once et 12 x 720 = 8.640 grains de blé pour la livre.

Jean Elsen

## Bibliographie

- |                       |  |
|-----------------------|--|
| <i>BCEN</i>           | <i>Bulletin du Cercle d'Etudes Numismatiques</i>   |
| <i>BCH</i>            | <i>Bulletin de Correspondance Hellénique</i>   |
| <i>BEC</i>            | <i>Bibliothèque de l'Ecole des Chartes</i>   |
| <i>BNZ</i>            | <i>Berliner Numismatische Zeitschrift</i>  |
| <i>DAN</i>            | <i>Dark Age Numismatics</i> (= GRIERSON 1979)  |
| <i>JESHO</i>          | <i>Journal of the Economic and Social History of the Orient</i>  |
| <i>JHS</i>            | <i>The Journal of Hellenic Studies</i>   |
| <i>MBAH</i>           | <i>Münstersche Beiträge zur antiken Handelsgeschichte</i>  |
| <i>NC</i>             | <i>Numismatic Chronicle</i> , Londres.   |
| <i>NK</i>             | <i>Numizmatikai Közlöni</i>  |
| <i>NZ</i>             | <i>Numismatische Zeitschrift</i>   |
| <i>PACT 5</i>         | C. CARCASSONNE, <i>Statistics and Numismatics. Statistique et Numismatique, Paris, 17-19 septembre 1979</i> , Conseil de l'Europe, Strasbourg, 1981.                       |
| <i>RBN</i>            | <i>Revue Belge de Numismatique et de Sigillographie</i>  |
| <i>RIC</i>            | <i>Roman Imperial Coinage</i> , éd. par H. MATTINGLY <i>et al.</i> , 9 vol., Londres, 1923-1981.   |
| <i>RN</i>             | <i>Revue Numismatique</i>  |
| <i>RSN</i>            | <i>Revue Suisse de Numismatique</i>  |
| ABOT DE BAZINGEN 1764 | ABOT DE BAZINGEN, <i>Traité des monnoies</i> , II, Paris, 1764.  |
| BERRIMAN 1953         | A. BERRIMAN, <i>Historical metrology</i> , Londres, 1953.  |
| BIRÓ SEY 1975-1976    | K. BIRÓ SEY, <i>A Szikáncsi V. századi solidus lelet (The fifth-century solidus find of Szikáncsi)</i> , dans <i>NK</i> , 74-75, 1975-1976, p. 7-18 (sommaire en anglais). |
| BÖCKH 1838            | A. BÖCKH, <i>Metrologische Untersuchungen über Gewichte, Münzfusse und Masse des Altertums</i> , Berlin, 1838.   |
| BOYD 1992             | S.A. BOYD et M.M. MANGO (éd.), <i>Ecclesiastical silver plate in sixth-century Byzantium</i> , <i>Dumbarton Oaks</i> , Washington, 1992.                                   |
| CALLU 1969            | J.-P. CALLU, <i>La politique monétaire des empereurs romains de 238 à 311</i> , Paris, 1969.   |
| CAGNAZZI 1825         | L. CAGNAZZI, <i>Su i valori delle misuri e dei pesi degli antichi Romani</i> , Naples, 1825.   |
| CRAWFORD 1974         | M.H. CRAWFORD, <i>Roman Republican Coinage</i> , 2 vols, Cambridge, 1974.  |
| DAYTON 1974           | J. DAYTON, <i>Money in the Near East before coinage</i> , dans <i>Berytos</i> , 23, 1974, p. 41-52.  |

dimension moyenne » et trouva 4,34 g pour 100 grains soit une masse moyenne de 0,0434 g. BERRIMAN 1953, p. 36-37. Après la conquête de l'Afrique du Nord et de l'Espagne (à partir de 711), les Arabes entrèrent en contact avec les unités de mesure et de pesée romaines et germaniques. Celles-ci étaient duodécimales. La masse du *mitqal* et celle du dinar furent également exprimées en 72 grains. Ceux-ci étaient des grains d'orge vêtue : 4,25 g/72 = 0,059 g soit pratiquement 0,060 g : « ...the classical dinar weighed 72 grains of barley. Since the ancient dinar weighed 4.25 gm. of gold, a grain equalled 0.06 gm. gold ». SPERBER 1972, p. 278. Sperber mentionnait aussi « a carob seed, kharūba, which equals 4 grains of barley, she 'ira ». On y reconnaît le mot *she*, grain d'orge, mais il doit s'agir du grain d'orge nue, quart de carat, qui était utilisé au Proche-Orient et en Afrique du Nord par les Byzantins avant l'expansion arabe. Le *mitqal* pesait 100 grains d'orge arabes de 0,0425 g ou 80 grains de froment de 0,053125 g.

- DENTZER 1975 J.-M. DENTZER, P. GAUTHIER et T. HACKENS (éd.), *Numismatique antique. Problèmes et méthodes*, Nancy-Louvain, 1975.
- DEPEYROT 1992 G. DEPEYROT, *Le système monétaire de Dioclétien à la fin de l'empire romain*, dans *RBN*, 138, 1992, p. 33-106.
- ELSEN 1993 J. ELSÉN, *Masses, poids, balances et pesées*, dans *Jean Elsen liste*, 153, mai-juin 1993, p. 3-15.
- ELSEN 1998 J. ELSÉN, *La masse théorique des statères milésiaques, phocaïques, lydiens, samiens et du sheqel persique (6<sup>e</sup> siècle avant notre ère)*, dans *BCEN*, 35, 2, avril-juin 1998, p. 29-40.
- ELSEN 1999 J. ELSÉN, *L'ancien système pondéral mésopotamien : she (grain d'orge), sheqel (sicile), mana (mine) et gun (talent)*, dans *BCEN*, 36, 1, janvier-mars 1999, p. 1-26.
- ELSEN 2001 J. ELSÉN, *Le grain d'orge et le système pondéral et monétaire attique*, dans *Jean Elsen liste*, 218, octobre-novembre 2001, p. 1-34.
- ELSEN 2002 J. ELSÉN, *La stabilité du système pondéral et monétaire attique (VI<sup>e</sup> – II<sup>e</sup> siècle avant notre ère)*, dans *RBN*, 148, 2002, p. 1-32.
- GAUVARD 2002 C. GAUVARD, A. DE LIBERA et M. ZINK (éd.), *Dictionnaire du Moyen Âge*, Paris, 2002.
- GRIERSON 1960 a P. GRIERSON, *The monetary reforms of 'Abd al-Malik : their metrological basis and their financial repercussions*, dans *JESHO*, 3, 1960, p. 241-264, réimprimé dans *DAN*.
- GRIERSON 1960 b P. GRIERSON, *Una moneta d'argento inedita di Teodorico il Grande*, réimprimé dans *DAN*, V, p. 1-3.
- GRIERSON 1964 P. GRIERSON, *The President's address. Session 1963-1964, Delivered 17 June 1964 : Weight and coinage*, dans *NC*, 7<sup>e</sup> série, 4, 1964, p. iii-xvii.
- GRIERSON 1979 P. GRIERSON, *Dark Age Numismatics*, Londres, 1979 (réimpression de 29 articles avec notes d'additions et corrections).
- GRIERSON 1992 a P. GRIERSON et M. MAYS, *Catalogue of Late Roman coins in the Dumbarton Oaks Collection and in the Whittemore Collection. From Arcadius and Honorius to the accession of Anastasius*, Washington, D.C., 1992.
- GRIERSON 1992 b P. GRIERSON, *The role of silver in the early Byzantine economy*, dans *BOYD* 1992, p. 137-146.
- GUERARD 1837 B. GUERARD, *Du système monétaire des Francs, sous les deux premières races*, dans *RN*, 1837, p. 406-440.
- GUEY 1976 J. GUEY, *Peut-on estimer la livre romaine au cg près ? Non*, dans *RN*, 1976, p. 110-114.
- GUEY 1981 J. GUEY, *Symétrie ou dissymétrie d'émission*, dans *PACT* 5, 1981, p. 78-83.
- GUILHIERMOZ 1906 P. GUILHIERMOZ, *Notes sur les poids du moyen âge*, dans *BEC*, 67, 1906, p. 161-233, 402-450.
- HAHN 1973 W. HAHN, *Moneta Imperii Byzantini. Von Anastasius I. bis Justinianus I., (491-565)*, Vienne, 1973.
- HEURGON 1978 *Varro (Marcus Terrentius), Economie rurale*. Livre premier, texte établi, traduit et commenté par J. HEURGON, Paris, 1978.
- HOCQUET 1995 J.-C. HOCQUET, *La métrologie historique*, Paris, 1995.
- Houben 1982 G.M.H. HOUBEN, *The weighing of money*, Zwolle, 1982.
- HULTSCH 1864-1866 F. HULTSCH, *Metrologicorum Scriptorum Reliquiae*, 2 vols, Leipzig, 1864-1866.
- HULTSCH 1882 F. HULTSCH, *Griechische und römische metrologie*, 2<sup>e</sup> éd., Berlin, 1882.
- ILUK 1985 J. ILUK, *The export of gold from the Roman Empire to Barbarian countries from the 4th to the 6th centuries*, dans *MBAH*, 1985, p. 79-102.
- KUBITSCHKEK 1909 W. KUBITSCHKEK, *Eine Stiftung aus Feltre*, dans *NZ*, 42, 1909, p. 47-66.
- LAVAGNE 1972 F. LAVAGNE, *Le pesage monétaire : les poids byzantins*, dans *Archéonumis*, 3, 1972, p. 19-27.
- LEBLANC 1690 F. LEBLANC, *Traité historique des monnoyes de France*, Paris, 1690.
- LE RIDER 1992 G. LE RIDER, *Les clauses financières des traités de 189 et 188*, dans *BCH*, 116, 1992, p. 267-277.
- MANANDIAN 1965 H.A. MANANDIAN, *The trade and cities of Armenia in relation to Ancient World trade*, traduction de la 2<sup>e</sup> édition revue par N.G. GARSONIAN, Lisbonne, 1965.
- MOMMSEN 1860 T. MOMMSEN, *Geschichte des römischen Münzwesens*, Berlin, 1860.
- NASTER 1975 P. NASTER, *La méthode en métrologie numismatique*, dans J.-M. DENTZER 1975, p. 65-74.
- NAVILLE 1920 L. NAVILLE, *Fragments de métrologie antique*, dans *RSN*, 1920, 22, p. 42-60, 257-263.
- PANVINI ROSATI 1953 F. PANVINI ROSATI, *Ripostiglio di aurei tardo-imperiali a Comiso*, dans *Accademia degli Lincei : Rendiconti morali*, série 8, p. 422-440.
- REGLER 1956 H. REGLER, *Das Rechensystem der Feltre-Inschrift*, dans *BNZ*, 18, 1954, p. 117-121.
- RIDGEWAY 1889 W. RIDGEWAY, *Metrological notes. IV. How were the primitive weight standards fixed ?*, dans *JHS*, 10, 1889, p. 90-97.
- RIDGEWAY 1892 W. RIDGEWAY, *The origin of currency and weight standards*, Cambridge, 1892, réimpr., New York, 1976.
- RUDING 1840 R. RUDING, *Annals of the coinage of Great Britain*, 1, 3<sup>e</sup> édition, Londres, 1840.
- SALISBURY 1961 E. SALISBURY, *Weeds and Aliens*, Londres, 1961.
- SAUVAIRE 1882 H. SAUVAIRE, *Matériaux pour servir à l'histoire de la numismatique et de la métrologie musulmanes*, Paris, 1882.
- SCHILBACH 1970 a E. SCHILBACH, *Byzantinische Metrologische Quellen*, Dusseldorf, 1970.
- SCHILBACH 1970 b E. SCHILBACH, *Byzantinische Metrologie*, Munich, 1970.
- SILVESTRE DE SACY 1797 A.I. SILVESTRE DE SACY (éd.), *Makrizi, Traité des monnoies musulmanes*, Paris, 1797.
- SOETBEER 1858 A. SOETBEER, *Ueber die Münz- und Gewichts-Verhältnisse unter den Merovingern und Karolingern, sowie über den Ursprung und die Verbreitung des Mark-Gewichts*, Hambourg, 1858.
- SPERBER 1972 D. SPERBER, *Islamic metrology from Jewish sources*, II, dans *NC*, 1972, p. 275-282.

SUCHODOLSKI 1981

S. SUCHODOLSKI, *Encore le poids de la livre romaine. Reconstruction du poids de l'unité pondérale d'après les monnaies*, dans *PACT* 5, p. 122-130.

THOMPSON 1948

E.A. THOMPSON, *A history of Attila and the Huns*, Oxford, 1948.

WILLERS 1909

H. WILLERS, *Geschichte der Römischen K pferprgung*, Leipzig-Berlin, 1909.

---