



**HAL**  
open science

## Sur la composition élémentaire de quelques monnaies de cuivre arabo-sassanides

Rika Gyselen, Maryse Blet-Lemarquand

► **To cite this version:**

Rika Gyselen, Maryse Blet-Lemarquand. Sur la composition élémentaire de quelques monnaies de cuivre arabo-sassanides. Rika Gyselen. Documents, argenterie et monnaies de tradition sassanide, XXII, Groupe pour l'Étude de la Civilisation du Moyen-Orient, pp.9-28, 2014, Res Orientales, 978-2-9521376-6-9. <halshs-01340143>

**HAL Id: halshs-01340143**

**<https://shs.hal.science/halshs-01340143v1>**

Submitted on 7 Jun 2025

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

MARYSE BLET-LEMARQUAND ET RIKA GYSELEN

AVEC LA COLLABORATION DE FLORIAN DUVAL

UMR 5060 (IRAMAT), CNRS, Université d'Orléans – CNRS UMR 7528 – CEMHTI-cyclotron, CNRS Orléans

## SUR LA COMPOSITION ÉLÉMENTAIRE DE QUELQUES MONNAIES DE CUIVRE ARABO-SASSANIDES

### RÉSUMÉ

Analyse élémentaire par activation aux neutrons rapides de cyclotron de vingt-deux monnaies arabo-sassanides de cuivre dans le but de déterminer s'il existe un rapport entre le type d'alliage et le type monétaire, l'émetteur de l'émission, l'atelier, la date et le module.

### Mots clés

Monnayage sassanide — monnayage arabo-sassanide — monnayage de cuivre — analyse élémentaire.

### ABSTRACT

Elemental analysis performed by Fast Neutron Activation Analysis using a cyclotron on twenty-two Arab-Sasanian copper coins with the aim to determine if there exists a link between on the one hand the elemental composition of a coin and on the other hand the monetary type, the issuing authority, the mint, the date and the module.

### Key words

Sasanian Coinage — Arab-Sasanian Coinage — Copper Coinage — Elemental Analysis.

\* \* \*

Le concept « monnayage arabo-sassanide de cuivre » recouvre des séries monétaires très diverses et variées du point de vue iconographique et épigraphique comme l'a mis en évidence ASCC (=Arab-

Sasanian Copper Coinage)<sup>1</sup>. Tout aussi variés sont les modules et les poids. Depuis longtemps on s'est demandé si ces monnaies présentaient aussi une très grande variété dans leur composition élémentaire. Pour des raisons administratives cette enquête n'a pu se concrétiser qu'en 2014, juste au moment où ces monnaies étaient censées être mises en caisses dans le cadre des travaux au Cabinet des Médailles. Comme on n'aura plus accès à ces monnaies au cours des prochaines années, l'urgence de vérifier leur composition élémentaire s'est faite sentir cruellement. Les circonstances ont seulement permis l'analyse élémentaire d'un échantillon de 22 monnaies. Cette analyse – in extremis – doit beaucoup à la collaboration de François Thierry, conservateur au Cabinet des Médailles que nous remercions chaleureusement.

Bien que l'échantillon ait été choisi en fonction de sa représentativité par rapport aux principales catégories iconographiques et épigraphiques distinguées dans ASCC, il est forcément déterminé par la collection du Cabinet des Médailles de Paris qui comporte non seulement une très riche sélection grâce aux achats effectués par Raoul Curiel et aux dons de mécènes, mais qui possède aussi de nombreuses monnaies provenant de fouilles, en particulier celles de Suse et de Bišābuhr.

L'objectif de cette analyse élémentaire est multiple et cherche à établir si les différents ateliers ont

<sup>1</sup> ASCC 2000 et 2e éd. en 2009. Les types monétaires sont mentionnés ici par la référence bibliographique, c'est-à-dire ASCC suivi du numéro du type.

utilisé un alliage à peu près similaire, ou au contraire très différent, et, s'il existe un rapport entre la composition élémentaire et l'époque de la production de la monnaie, ou entre la composition élémentaire et le commanditaire de la monnaie.

#### PRÉSENTATION DE L'ÉCHANTILLON

Notre échantillon est composé de six catégories de monnaies qui ont été établies d'après des critères épigraphiques et iconographiques :

- Des monnaies *inscrites exclusivement en moyen-perse* (catégories 1-3) :

1. qui suivent un modèle iconographique attesté dans le monnayage d'argent sassanide (ASCC 16, 18a et 53) ;
2. dont seulement une des deux faces suit un modèle iconographique attesté dans le monnayage d'argent sassanide (ASCC 20, 22, 37 et 52) ;
3. qui présentent une iconographie qui n'a plus rien en commun avec le monnayage sassanide (ASCC 7, 39a et 40) ;

- Des monnaies *inscrites en moyen-perse et en arabe* (catégories 4-6) :

4. qui suivent un modèle iconographique attesté dans le monnayage d'argent sassanide (ASCC 3, 48 et 65a) ;
5. dont seulement une des deux faces suit un modèle iconographique attesté dans le monnayage d'argent sassanide (ASCC 9, 12, 13, 21, 24 et 49) et arabo-sassanide (ASCC 78) ;
6. qui présentent une iconographie qui n'a plus rien en commun avec le monnayage d'argent sassanide (ASCC 38 et 41).

On aurait tendance à considérer que les groupes 1, et 4, proches respectivement des monnayages d'argent sassanide et arabo-sassanide, sont à placer au début de l'évolution et que les groupes 3 et 6 qui n'ont plus aucun lien avec le monnayage de type sassanide sont à placer après la réforme monétaire omeyyade qui a introduit un type monétaire complètement épigraphique. Mais des études récentes sur le monnayage de régions à l'est de l'Iran non encore conquises par les Arabes, ont mis en évidence que les modèles sassanides ont parfois été imités bien longtemps après leur disparition des territoires soumis aux Arabes<sup>2</sup>. On ne peut exclure qu'une telle situation ait pu aussi se présenter dans le sud de l'Iran où de toute

évidence le pouvoir central omeyyade laissait une grande liberté aux localités et 'nobles' locaux pour leurs émissions monétaires en cuivre.

#### Nom de l'émetteur

Si la très grande majorité de monnaies d'argent arabo-sassanides porte le nom du commanditaire de la frappe, cela est plutôt rarement le cas dans le monnayage de cuivre. Deux monnaies de notre échantillon portent le nom d'un gouverneur arabe qui avait autorité sur toute la partie orientale du califat omeyyade, c'est-à-dire les régions anciennement sassanides : 'Ubaydallāh b. Ziyād (ASCC 18a) et al-Ḥajjāj b. Yūsuf (ASCC 78). D'autres noms sont attestés, mais ils ne figurent jamais sur des dirhams arabo-sassanides contrairement aux deux noms précédents. Certains noms propres sont purement iraniens comme Farrozzād (ASCC 16), Farrozzād ī Gušn-anōšān (ASCC 53) ou Dārāy (ASCC 7). D'autres noms sont arabes comme Khāled b. 'Abbād (ASCC 3) ou Maṣṣūr (ASCC 24), qui peut aussi être écrit en moyen-perse (ASCC 20). Toutefois des termes comme Farrozzād et Maṣṣūr ne sont pas obligatoirement des noms propres puisqu'ils peuvent aussi signifier respectivement 'né doué de lumière' et 'victorieux'. Il faut remarquer qu'une série monétaire anonyme porte le titre 'ōstāndār', c'est-à-dire celui qui tient un *ōstān* (= province) (ASCC 21). Cette administration est bien attestée par des sceaux administratifs d'époque sassanide<sup>3</sup>. Dans le cas de notre monnaie il pourrait s'agir de l'*ōstāndār* de la province de Staxr. On peut remarquer le nom de Husraw (ASCC 65a) qui renvoie à Husraw II qui a émis ce type monétaire, évidemment sans la légende arabe dans la marge de l'avvers.

#### Nom de l'atelier

L'échantillon a aussi été choisi en fonction des données concernant l'atelier et la date d'émission mentionnées sur les monnaies. Beaucoup de ces monnaies portent le nom d'un atelier monétaire en moyen-perse. Un seul type porte un nom d'atelier écrit en arabe : Sābūr, c'est-à-dire Bišābuhr.

Ces noms d'atelier en moyen-perse sont de trois types :

<sup>2</sup> Gyselen 2010 et voir maintenant Vondrovec 2014.

<sup>3</sup> Pour cette fonction à l'époque sassanide : Gyselen 2002.

1) Comme dans le monnayage d'argent sassanide tardif, ils sont souvent notés sous la forme d'une abréviation (= les premières lettres du toponyme) : BYŠ pour Bišābuhr, DA pour Dārābgird, ST pour Staxr, WYHC pour Weh-az-Amid-Kawād, etc. Toutefois certaines abréviations de noms d'ateliers monétaires également écrits en moyen-perse, ne sont pas attestées dans le monnayage sassanide d'argent — DŠT', ABL (?) — et leur identification n'a pas encore été faite.

2) Comme cela est aussi le cas dans le monnayage d'argent sassanide, des toponymes brefs sont notés en entier. Toutefois, ceux qui sont inscrits sur le monnayage arabo-sassanide de cuivre ne sont pas attestés dans le monnayage d'argent sassanide : ŠWŠ (= Suse) et GWBL (= Gōr).

3) D'autres toponymes, connus sous forme de leur abréviation dans le monnayage d'argent sassanide — BYŠ, ST, etc. — sont écrits en entier sur certaines émissions arabo-sassanides de cuivre et toujours associés au terme *ābād* : *ābād Bišābuhr*, *ābād Staxr*, etc. Le sens de ce mot moyen-perse est bien connu : 'populous, thriving, prosperous'<sup>4</sup>, c'est-à-dire 'très peuplé, florissant, prospère'. Le terme *ābād* est courant dans la formation de toponymes modernes en Iran, ainsi Khorramābād ou Ābādān. Lors de la publication de la première monnaie qui comportait l'expression *ābād Bišābuhr*, nous l'avons traduite par « que Bīshāpūr soit prospère »<sup>5</sup>, « May Bīshāpūr be prosperous (or "free") »<sup>6</sup>. L'apparition récente d'un sceau administratif jette un tout nouvel éclairage sur cette interprétation.



Ce sceau suit la formulation habituelle des sceaux de *mowūh* ('bureau de mages') : au centre le nom du 'canton' suivi de celui de l'administration et sur le pourtour le nom de la province<sup>7</sup>. Ce sceau porte sur le pourtour le nom de Bišābuhr, une province bien attestée<sup>8</sup> et au centre : *ābād / šahpu / hr* (1-2-3),

<sup>4</sup> CPD 1971, p. 1

<sup>5</sup> Curriel / Gyselen 1984, p. 3.

<sup>6</sup> ASCC, passim.

<sup>7</sup> Pour des parallèles, voir Gyselen 2002, p. 61-69.

<sup>8</sup> Gyselen 1989, p. 45.

*mowūh* (4). On remarquera que la composition du nom du 'canton' Ābād Šābuhr présente plusieurs aspects inhabituels : la composition avec *ābād*, jusqu'à présent non attestée sur les sceaux administratifs d'époque sassanide et le nom de Šābuhr qui occupe le milieu entre le nom moyen-perse Bišābuhr et le nom arabe Sābūr. Quoiqu'il en soit la similitude avec l'expression *ābād Bišābuhr* sur quelques monnaies arabo-sassanides ne peut nous échapper et suggère que ce sceau administratif pourrait bien dater de l'époque post-sassanide. Bien que la bulle qui porte ce sceau ait été trouvée dans un contexte archéologique, nous n'avons pu savoir lequel puisque nous n'avons pas eu connaissance d'une quelconque publication à ce propos. A priori il n'est pas étonnant qu'un tel sceau administratif ait pu être utilisé après la chute de l'empire sassanide. On sait que le moyen-perse a continué à être utilisé comme langue administrative et le nouveau pouvoir n'avait aucun intérêt à défaire le réseau administratif — dont le *mowūh* faisait partie — qui gérait toutes les questions juridico-religieuses de la vie quotidienne des Iraniens. Si Ābād Šābuhr est attesté comme juridiction du *mowūh*, il est bien possible qu'il s'agisse en réalité de la capitale de la province (= *šahrestān*) de Bišābuhr. À l'époque sassanide Bišābuhr est une province qui a le statut de *šahr*<sup>9</sup>. De ce terme est dérivé *šahrestān* « capitale provinciale ». Selon les recherches actuelles, le statut de *šahr* disparaît après la chute de la dynastie sassanide, alors que d'autres statuts de province, comme celui d'*ōstān*, perdurent. Peut-on penser qu'aussi le terme *šahrestān* n'est plus utilisé sur les sceaux administratifs et qu'il a été remplacé par le terme *ābād*? Cette interprétation relève de la pure hypothèse, mais mérite de faire l'objet d'investigations futures.

#### *Date de l'émission*

Contrairement aux nombreuses indications d'atelier monétaire, les dates d'émissions des monnaies de cuivre sont beaucoup moins souvent indiquées. Et si elles le sont, elles ne sont pas toujours très faciles à lire et à interpréter. Celles qui sont les plus claires sont écrites en arabe : 82 (ASCC 41) et 94 (ASCC 13). Ces dates se rapportent à l'ère de l'Hégire et représentent approximativement les années 701 et 712 de notre ère. C'est aussi dans l'ère

<sup>9</sup> Gyselen 1989, p. 45.

de l'Hégire qu'est exprimée la date sur la monnaie au nom de 'Ubaydallāh b. Ziyād (ASCC 18a) : 61H correspond grosso modo à 692 de notre ère. Cela peut être aussi le cas des dates 82 (?) et 83 (?) écrites en moyen-perse (ASCC 48 et 49) qui correspondraient alors approximativement à 701 et à 702.

Au moins une des dates écrites en moyen-perse est très lisible : l'an 72 (ASCC 12) sur une émission de Dārābgird. D'après le monnayage d'argent arabo-sassanide, il semblerait que l'atelier de Dārābgird employait souvent l'ère de Yazdgird (III) qui commence en l'an 632 avec son ascension au trône. Si on suit cette hypothèse cette émission daterait de 703 de notre ère. Sur deux types (ASCC 16 et 53), respectivement au nom de Farrozzād et Farrozzād ī Gušn-anōšān, on lit le nombre 8 (hšt') à l'endroit où figure habituellement la date. Mais si on considère que le signe qui précède le mot n'est pas un croissant de lune, mais la lettre *c*, on peut lire 104 (chlst'). Toutefois un argument contre cette dernière interprétation est le type monétaire lui-même qui appartient au groupe 1, donc proche du modèle sassanide.

Sur les vingt-deux monnaies, huit sont susceptibles de porter une date :

Ère			
chrétienne	de l'Hégire	Yazdgird	ASCC
692	61H		18a
701	82H		41 et 48 (?)
702	83H		49
703		72Y	12
712	94H		13
722 (?)	104H		16 et 53

La réforme monétaire qui en 77H introduit un type purement épigraphique pour le monnayage d'or, puis en 79H pour le monnayage d'argent, est très rapidement appliquée dans l'empire omeyyade d'orient. En effet à part quelques monnaies frappées dans des régions excentriques parfois aux mains d'opposants politiques à la dynastie omeyyade, le type sassanide disparaît rapidement du monnayage d'argent. C'est peut-être aussi le cas dans le monnayage de cuivre à l'époque omeyyade, surtout dans les régions méridionales de l'Iran, est très différente de celle qu'elle occupait à l'époque sassanide. L'émission de monnaies de cuivre était alors tout aussi soumise à la royauté que les frappes d'argent, c'est dire que, contrôlées par la 'Monnaie', elles suivaient strictement le modèle des monnaies d'argent. Cette situation change profondément à l'époque

omeyyade. Bien sûr quelques grands gouverneurs, comme 'Ubaydallah b. Ziyād et al-Hajjāj b. Yūsuf ont fait frapper des monnaies de cuivre parallèlement à leurs émissions de dirhams et se sont permis des libertés sur leur monnayage de cuivre par rapport à leurs émissions d'argent, une attitude qui se démarque totalement de celle de l'époque sassanide. La majorité des monnaies de cuivre a été émise par des autorités locales qui bénéficiaient apparemment de certaines prérogatives dont le droit de frapper monnaie de cuivre et la liberté du choix iconographique et épigraphique.

### Module

Les modules des monnaies retenues pour cette étude sont variés : les diamètres vont de 16,5 mm à 27,7 mm, et les épaisseurs de 0,3 mm à 1,4 mm. D'une manière générale, les monnaies qui suivent le modèle sassanide ont le plus souvent des flans assez larges (ASCC 18a, 48, 53, 16). Celles qui appartiennent à d'autres traditions sont plutôt petites (ASCC 7, 39a, 40, 41, 38). Ces tendances sont observées sur la figure 1 : les monnaies des catégories 1 et 4 présentent des diamètres supérieures à celles des catégories 3 et 6. Les diamètres sont aussi fonction de l'atelier, par exemple les deux monnaies de Weh-az-Amid-Kawād sont plus larges que les cinq exemplaires de Suse 10.

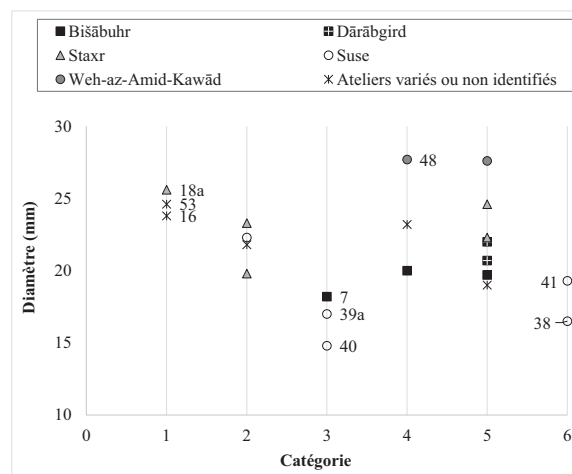


Figure 1. Diagramme binaire des diamètres des monnaies classées par atelier et par catégorie. Les types commentés dans le texte sont précisés.

10 Cette spécificité de l'atelier de Weh-az-Amid-Kawād a déjà été relevée dans ASCC 2009, p. 24.

Toutes ces données, ainsi que celle issues de l'analyse élémentaire, sont notées dans le tableau, p. 20-25.

*LES ALLIAGES À BASE DE CUIVRE UTILISÉS DANS LA PRODUCTION MONÉTAIRE*

Les analyses élémentaires des vingt-deux monnaies étudiées montrent qu'une variété de métaux a été utilisée (cf. *infra* pour un commentaire plus détaillé), variété qui fait écho à la diversité déjà rapplée des types, des modules et des poids. Ainsi certaines monnaies sont effectivement en cuivre, tandis que d'autres sont des bronzes, alliages cuivre-étain, plus ou moins alliés à du plomb<sup>11</sup>. Le choix de travailler tel ou tel métal pour fabriquer un objet comme une pièce de monnaie en alliage cuivreux est guidé par différentes considérations telles que des traditions sociales ou culturelles, des contraintes techniques, des raisons économiques (coûts et disponibilité des métaux, coûts de la main d'œuvre) et des critères esthétiques<sup>12</sup>. Nous avons jugé intéressant de rappeler, dans les grandes lignes, les propriétés des différents métaux et alliages qui constituent les monnaies de cuivre étudiées ici, de façon à cerner leurs incidences dans la production monétaire<sup>13</sup>. Ces propriétés concernent la température de fusion (c'est-à-dire la température à laquelle le métal passe de l'état solide à l'état liquide), la coulabilité, la capacité de déformation plastique et la couleur. Nous évoquerons aussi les questions de coût et d'accessibilité des métaux.

Le cuivre fond à température élevée, 1084 °C. En ajoutant de l'étain, métal dont le point de fusion est plus bas (232 °C), on abaisse la température de liquéfaction du métal. Ainsi le bronze à 10 % d'étain est complètement fondu aux environs de 1025° C et celui à 20 % d'étain est liquide à moins de 900° C. L'ajout d'étain modifie aussi la capacité de déformation plastique et la coulabilité du cuivre. Ce dernier métal se déforme bien à froid quand il est pur, mais il se moule mal. L'aptitude des bronzes à être coulés aisément est bien connue et cette propriété augmente avec la proportion d'étain. Le bronze est plus dur et résistant qu'un cuivre et il est plus difficile de le déformer. Les propriétés mécaniques des bronzes croissent avec la proportion d'étain jusqu'à une concentration d'environ 13 % ou 16 %. Le bronze au plomb est l'alliage ternaire du cuivre, de l'étain et du plomb. Ce dernier métal n'est pas miscible dans le cuivre ou le bronze à température ambiante et se présente sous la forme de nodules. Ajouter du plomb à un bronze conduit à abaisser notablement la température de fusion de l'alliage. Le plomb a aussi pour effet d'améliorer le coulage et cela d'autant plus que l'alliage est surchauffé au-delà de la fusion. Mais le plomb altère les propriétés mécaniques des bronzes dès 0,5 % et est préjudiciable à la capacité de déformation de l'alliage.

Le cuivre et ses alliages présentent diverses couleurs. Le cuivre est le seul métal rouge. Le bronze est franchement rose pour les alliages à moins de 5 % d'étain, passe progressivement par différentes nuances de jaune quand la proportion d'étain varie entre 9 % et 15 % et sa couleur s'éclaircit pour devenir presque blanche pour des teneurs supérieures à 20 %. Quand du plomb est mélangé à du bronze, la couleur s'éclaircit progressivement en prenant une teinte grisâtre, mais l'adjonction de 2 % à 10 % de plomb a une faible incidence sur la couleur.

Lorsqu'elles sont appliquées à la production monétaire, ces généralités entraînent différents corollaires qui peuvent nous fournir une grille de lecture pour interpréter la composition des monnaies en alliages cuivreux. Nous suivons les étapes de la fabrication<sup>14</sup> pour tenter de définir les contraintes et

11 L'expression « monnaies de cuivre » apparaît comme un abus de langage car, si le cuivre est bien dans tous les cas le métal majoritaire de ces monnaies arabosassanides, il est loin d'être le seul. Du point de vue métallurgique, il serait plus juste de qualifier ce monnayage de « monnaies en cuivre ou en alliages cuivreux », mais, par commodité, nous nous en tiendrons à l'expression usuelle des numismates. Son imprécision provient en fait de la difficulté à identifier à l'œil nu les alliages cuivreux anciens, notamment du fait de l'aspect actuel des monnaies qui sont recouvertes d'une couche plus ou moins épaisse de produits de corrosion.

12 Pernot 2002, p. 101.

13 Les propriétés générales des cuivres et alliages cuivreux ont été compilées de différentes publications telles que : Picon et al 1966, Pernot 1998, Pernot 2002, Lehoërff 1999.

14 Nous nous appuyons sur les descriptions générales de la fabrication des monnaies en alliages cuivreux (voir par exemple : Morrisson 1992, Chapitre III ; Gerin *et al.* 2001, Chapitre 1 ; Nicolet-Pierre 2002, Chapitre 2 ; Bompaire / Dumas 2000, Chapitre 10).

les atouts qu'engendrait l'utilisation de tel métal ou alliage.

La première étape de la chaîne opératoire consistait à préparer les flans. Le bronze à monnayer pouvait être préparé à partir des métaux « neufs » cuivre et étain mis dans un creuset et portés à la température de fusion la plus élevée, celle du cuivre. Mais le recyclage de métaux était une source d'approvisionnement importante<sup>15</sup> ; des monnaies usées et autres objets hors d'usage, des déchets de fonderies, étaient aussi refondus. D'ailleurs une fraction de bronze ajouté dans le creuset facilite le démarrage du processus d'alliage. Cette pratique pose la question du contrôle de la composition de l'alliage monétaire car les tris des métaux à recycler ne pouvaient reposer que sur des tests qualitatifs (son, couleur, capacité de déformation plastiques, etc.) si bien que l'artisan ne pouvait pas maîtriser précisément les proportions des différents métaux cuivre, étain et plomb.

Le cuivre ou l'alliage était ensuite coulé directement dans des moules à flans en grappes, ou bien sous forme de lingots qui devaient être mis en forme pour obtenir les flans. Le cuivre se prête mieux à la réalisation de flans de faibles épaisseurs que le bronze, surtout lorsque cet alliage est additionné de plomb. En fait, il n'est pas possible d'obtenir directement par coulée une tôle métallique de faible épaisseur, c'est-à-dire nettement inférieure à 1 millimètre<sup>16</sup> et c'est au moyen d'une alternance de passes de martelage à froid et de recuits que les métallurgistes amincissaient le métal. Le cuivre se déformant mieux que le bronze, c'est a priori ce métal qui était privilégié pour confectionner des flans minces. Mais on ne peut pas exclure la possibilité de produire par martelage des flans en bronzes, voire même en bronzes au plomb (jusqu'à une teneur limitée en plomb cependant). Ces alliages, et notamment le bronze au plomb, sont mieux adaptés à la coulée de flans monétaires dans des moules que ne l'est le cuivre. L'étape suivante de la fabrication consistait à découper les flans. Un recuit était réalisé pour radoucir le métal avant la frappe dans le cas de flans martelés, suivi d'un polissage pour enlever les oxydes formés à hautes températures. La frappe venait clore la fabrication.

<sup>15</sup> Pernot 1998, p. 124.

<sup>16</sup> Pernot 2002.

Un autre point important de la discussion concerne le coût et l'accessibilité des métaux. Le plomb, sous-produit de la métallurgie de l'argent, était commun et répandu, forcément meilleur marché que l'étain<sup>17</sup>. L'adjonction de plomb au bronze économisait donc de l'étain et, en réduisant la température de fusion, elle permettait de diminuer la consommation de combustible. La couleur de l'alliage monétaire a aussi sûrement joué un rôle<sup>18</sup>.

#### RÉSULTATS D'ANALYSE ET COMMENTAIRES

L'échantillon de monnaies de cuivre arabo-sassanides sélectionné a été analysé par activation aux neutrons rapides de cyclotron (ANRC), méthode d'analyse élémentaire globale qui permet de déterminer, de façon non destructive, la composition moyenne des monnaies en alliages cuivreux<sup>19</sup>. Les éléments dont les concentrations sont déterminées au moyen de l'ANRC sont au nombre de 11, ils font partie des éléments les plus significatifs des alliages cuivreux : le cuivre (Cu), l'étain (Sn), le plomb (Pb), le zinc (Zn), l'antimoine (Sb), l'argent (Ag), l'arsenic (As), le cobalt (Co), le fer (Fe), le nickel (Ni) et l'or (Au).

#### *Les teneurs en cuivre, en étain et en plomb*

D'une façon générale, les compositions obtenues traduisent qu'une variété de métaux et alliages ont été utilisés, allant du cuivre pur à des alliages ternaires cuivre-étain-plomb qui renferment de l'ordre de 19 % de ce dernier métal (cf. tableau p. 20-25 et figure 2).

Certaines monnaies ont été fabriquées avec du cuivre pur et contiennent au moins 99,0 % de cet élément. Les métaux employés provenaient très probablement de lingots de cuivre neuf, sans apport de recyclage. Ces compositions ne caractérisent pas un

<sup>17</sup> À l'époque de Pline l'Ancien (34.161), dans le monde méditerranéen, l'étain était près de onze fois plus cher que le plomb : la livre d'étain coûtait 80 deniers contre 7 deniers pour celle de plomb.

<sup>18</sup> Par exemple, les premières monnaies grecques en bronze ont bien souvent été fabriquées dans un alliage cuivre-étain qui devait présenter une teinte dorée (Blet-Lemarquand, 2013).

<sup>19</sup> Beauchesne/ Barrandon 1986 ; Beauchesne *et al.* 1988. Nous remercions le personnel du CEMHTI cyclotron (CNRS Orléans) pour les facilités d'irradiation.

atelier particulier, par contre deux des trois monnaies concernées ont été frappées sous l'autorité d'un gouverneur arabe, 'Ubaydallāh b. Ziyād pour ASCC 18a et al-Ḥajjāj b. Yūsuf pour ASCC 78, et pourraient dater d'avant la réforme. Si cela est bien le cas de

ASCC 18a daté de 61/692, il en est probablement de même pour ASCC 78 car le responsable de l'émission, al-Ḥajjāj b. Yūsuf, a procédé à la réforme monétaire et il serait logique que son monnayage de cuivre iconique soit antérieur.

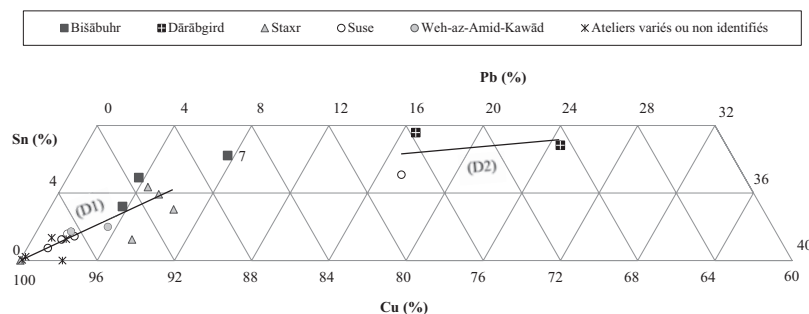


Figure 2. Diagramme ternaire des concentrations en cuivre, étain et plomb des monnaies classées par ateliers. Les droites (D1) et (D2) sont les droites de tendance de deux ensembles de points distincts dont la monnaie de type 7 (repérée sur le diagramme) est exclue (voir texte).

Un ensemble de quinze autres monnaies présente des compositions intermédiaires entre le pôle cuivre pur et les bronzes riches en plomb : le cuivre est compris entre 98 % et 89 %, l'étain varie généralement de 1 % à 5 % et le plomb de 1 % à 6 %. Une corrélation linéaire se dessine entre ces trois éléments, notamment pour les plus faibles teneurs en étain et en plomb. Cette corrélation est représentée par la droite (D1) sur le graphique ternaire (figure 2). Les compositions de ces quinze monnaies passent progressivement de cuivres plus ou moins propres à des bronzes au plomb. Il n'est pas évident de classer dans tel ou tel groupe certains alliages cuivreux car le plomb peut être, à faible teneur jusqu'à 2 % ou 3 %, une impureté du cuivre et ainsi ne pas résulter d'une addition volontaire<sup>20</sup>. Une monnaie est qualifiée de « cuivre-plomb » car sa teneur en étain reste faible (1 %) au regard de sa concentration en plomb (5 %).

Les trois monnaies les plus pauvres en cuivre (ASCC 12, 13 et 38) sont des bronzes avec entre 5 % et 7 % d'étain alliés à 19 % environ de plomb. Les concentrations en plomb varient en fait entre 16 % et 24 % mais cette dispersion n'est pas significative<sup>21</sup>.

Ces trois monnaies forment un ensemble de composition représenté par la droite (D2) sur le graphique ternaire (figure 2). Deux d'entre elles (ASCC 12 et 13) ont été émises par Dārābgird et relèvent de la catégorie 5. La troisième est attribuée à Suse (ASCC 38) et appartient à la catégorie 6. Une des deux monnaies de Bišābuhr (ASCC 7) possède une composition intermédiaire entre les deux groupes de compositions représentés par chacune des droites (D1) et (D2) et est située à proximité de l'intersection des deux droites sur la figure 2.

Pour interpréter la variété de compositions mise en évidence, les données de l'analyse élémentaire sont confrontées aux autres informations disponibles pour ces monnaies, déjà définies ou présentées, que sont l'atelier, la date et le responsable de l'émission, la catégorie numérotée de 1 à 6, la masse, le module et l'épaisseur.

Les monnaies de cuivre proches des monnayages d'argent sassanide et arabo-sassanide, et donc classées respectivement dans les catégories 1 et 4, contiennent en moyenne plus de cuivre que celles des autres catégories (figure 3). À l'inverse, les exemplaires réalisés avec un alliage renfermant moins de 80 % de cuivre relèvent toutes des catégories 5 et 6.

<sup>20</sup> Ce seuil est précisé par Pernot 1998, p. 124. Un demi-siècle plus tôt, Caley était parvenu à ce même résultat en étudiant l'histogramme de répartition des teneurs en plomb des premières monnaies de bronze grecques, Caley 1939, p. 121.

<sup>21</sup> La fabrication de flans monétaires par coulée en chapelets dans des moules, a été testée pour un bronze

au plomb contenant 2 % d'étain et 35 % de plomb. La concentration moyenne en plomb peut varier significativement d'un flan à l'autre de la même coulée (Deraisme / Barrandon 2005).

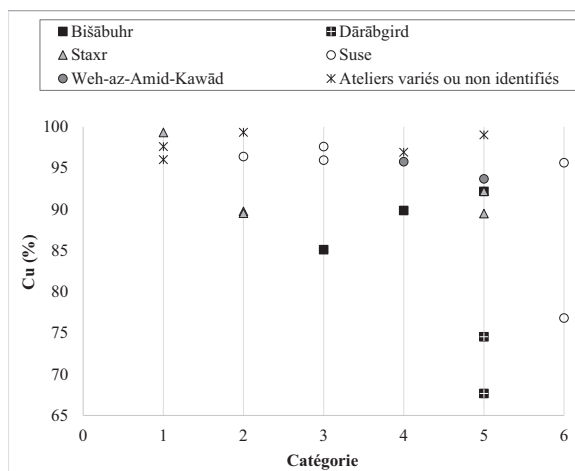


Figure 3. Diagramme binaire des teneurs en cuivre des monnaies classées par atelier et par catégorie.

Les monnaies en bronzes fortement plombifères, c'est-à-dire celles dont les teneurs en cuivre restent inférieures à 80 %, présentent des épaisseurs bien supérieures à 1 millimètre tandis que les monnaies les plus fines sont riches en cuivre (figure 4). Il existe même une corrélation linéaire entre la plus petite épaisseur atteinte et la concentration en cuivre pour les exemplaires contenant au moins 90 % de cuivre. Ce constat est conforme aux capacités de déformation plastique du cuivre et de ses alliages mentionnées plus haut : il est d'autant plus aisé d'amincir un flan qu'il est riche en cuivre.

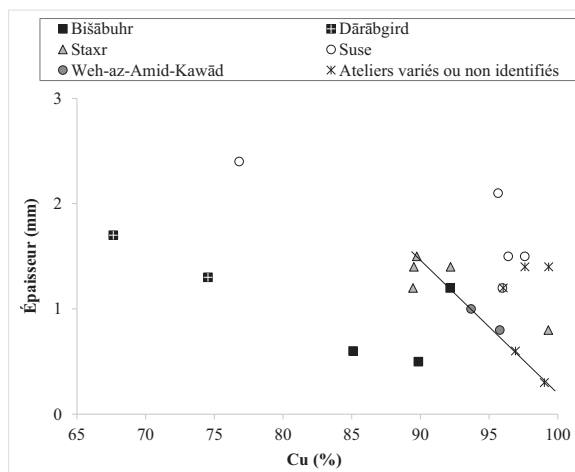


Figure 4. Diagramme binaire des épaisseurs des monnaies en fonction de leurs teneurs en cuivre ; les monnaies sont classées par atelier.

Les compositions donnent l'impression d'une progression d'un pôle « cuivre pur » à des bronzes plombifères avec de l'ordre de 20 % de plomb (figure

2). Cette évolution des compositions pourrait correspondre, pour la première partie de la courbe, à l'ajout progressif d'étain et de plomb en proportions égales, sous forme de métaux séparés ou de recyclage de bronzes au plomb, à du cuivre, jusqu'à réduire la proportion en cuivre de l'alliage à 86 % environ (droite 1 de la figure 2). Les alliages les plus riches en plomb pourraient avoir été obtenus en recyclant les monnaies précédentes et en ajoutant du plomb seul (droite 2 de la figure 2). Malheureusement, trop peu de monnaies sont datées pour discuter de cette interprétation et avancer dans la discussion. Celles qui présentent cette information sont issues de certains ateliers tels Weh-az-Amid-Kawād ou Dārābgird ou bien ont été frappées sous l'autorité d'un gouverneur. Ces particularités expliquent peut-être pourquoi l'évolution de la teneur en cuivre au fil du temps ne montre pas de tendance explicite (figure 5).

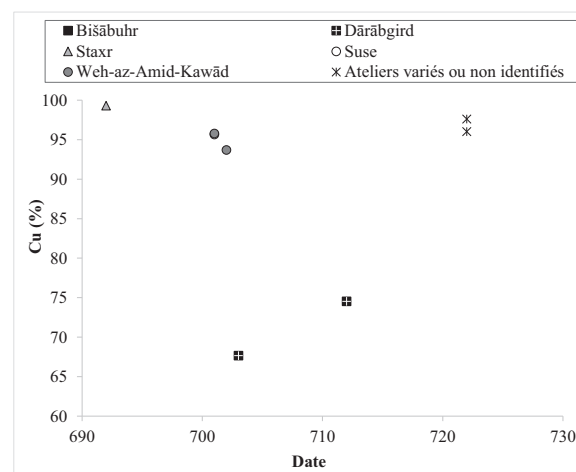


Figure 5. Évolution de la teneur en cuivre au cours du temps pour les monnaies datées classées par atelier.

Un autre axe de lecture des résultats consiste à examiner les teneurs en étain et en plomb des monnaies selon les ateliers. Le commentaire est limité du fait du faible nombre de données d'analyse. Cependant, il est intéressant d'étudier si une cohérence des compositions se dessine ou, si cela n'est pas le cas, de déterminer si des critères peuvent être mis en relation avec l'évolution de la composition.

Les deux monnaies de Weh-az-Amid-Kawād (ASCC 48 et 49) possèdent des compositions proches avec 2 % d'étain et entre 2 % et 4 % de plomb. Elles appartiennent respectivement aux catégories 4 et 5.

Les deux exemplaires de Dārābgird (ASCC 12 et 13) montrent une relative unité de composition ; l'étain entre à hauteur de 7 % de l'alliage et le plomb

est autour de 20 %. Émis à 9 ans d'écart (voir *supra*) ils appartiennent tous les deux à la catégorie 5.

Les trois monnaies attribuées à Bišābuhr présentent des compositions cohérentes pour deux d'entre elles (ASCC 3 et 9) avec des concentrations en étain comprises entre 3 % et 5 % et 4 % de plomb (catégories 3 et 5). La troisième monnaie de cet atelier (ASCC 7) est un peu plus riche à la fois en étain et en plomb puisque ses teneurs sont respectivement de 6 % et 8 % pour ces deux éléments (catégorie 4). Le terme *ābād* qualifie le nom d'atelier (voir *supra*).

Par contre, l'une des cinq monnaies de Staxr (ASCC18a) se démarque nettement des autres exemplaires de cet atelier. Émise par un grand gouverneur arabe selon les standards typologiques du monnayage d'argent sassanide (catégorie 1), elle a été fabriquée dans un cuivre pur contenant près de 0,5 % de nickel (voir *infra*). Son poids est faible (1,61 g). Les quatre autres exemplaires frappés par Staxr (ASCC 20, 21, 22 et 24) contiennent de 1 % à 4 % d'étain, allié à 5 % environ de plomb et relèvent des catégories 2 ou 5 qui traduisent par la légende et les types une islamisation du monnayage.

Quatre des cinq monnaies de Suse analysées sont en cuivre (ASCC 37, 39a, 40 et 41) car leurs teneurs en étain et en plomb sont faibles et varient entre 1 % et 2 %. Elles sont classées dans les catégories 2, 3 ou 6. Le cinquième exemplaire de cet atelier (ASCC 38) est rangé dans la catégorie 6 et affiche un style beaucoup plus tardif ; il a été fabriqué à partir d'un bronze riche en plomb et son poids est élevé (3,5 g).

Des noms de personne ont été déchiffrés sur plusieurs monnaies émises par des ateliers identifiés ou non ; sur l'une d'elle (ASCC 65a) c'est le nom du roi sassanide « Husraw » qui a été apposé en lieu et place de celui de l'émetteur (voir *supra*). Il n'est pas exclu qu'un nom de gouverneur 'iranien' figure aussi sur une autre monnaie (ASCC 52). La plupart de ces exemplaires sont en cuivre, y compris celui portant un nom illisible (ASCC 52) ou celui mentionnant « Husraw » (ASCC 65a). Ainsi, comme il a déjà été relevé, les monnaies des deux gouverneurs arabes 'Ubaydallāh b. Ziyād (ASCC 18a) et al-Hajjāj b. Yūsuf (ASCC 78) ont été émises en cuivre pur, probablement avant l'application de la réforme monétaire. Deux exemplaires portant un nom purement iranien, Farrozzād (ASCC 16) ou Farrozzād ī Gušn-anōsān (ASCC 53), sont composés de cuivre comprenant une proportion significative d'impuretés. Ces deux monnaies ont aussi en commun d'être lourdes (masses respectives de 3,66 g

et 3,79 g), d'appartenir à la catégorie 1 tout en étant peut-être datées de 104 H/ 722.

#### *Les teneurs en éléments traces*

Les éléments présents à l'état de traces sont surtout des impuretés introduites par l'un ou l'autre des métaux. Ils sont susceptibles de refléter un type de minerai ou sa provenance et donc de caractériser le métal utilisé à une période donnée pour une certaine aire géographique<sup>22</sup>. Les impuretés prépondérantes des monnaies de cuivre arabo-sassanides étudiées sont l'arsenic, l'antimoine, le fer et le nickel ; les teneurs de ces éléments varient généralement de quelques fractions de pourcent à moins de 1 % (maxima de 0,5 % ou 0,7 %) (tableau p. 20-25). L'argent est présent en moins grandes quantités avec des concentrations comprises entre quelques fractions de pourcent et 0,1 % environ.

Les teneurs les plus élevées de ces éléments traces ont été mesurées pour les bronzes au plomb et, à l'inverse, les cuivres contiennent généralement moins d'impuretés que les bronzes au plomb. Néanmoins deux monnaies ne partagent pas complètement cette tendance et présentent certaines particularités :

- L'exemplaire de type ASCC 18a a été émis par un gouverneur qui avait autorité sur tout l'orient. Il est en cuivre, présente les teneurs en divers éléments (Pb, Ag, Au et Sb) les plus faibles de l'échantillon analysé mais possède la plus forte concentration en nickel, avec près de 0,5 % de cet élément. Cette composition caractérise probablement un minerai de cuivre particulier.
- La monnaie de type ASCC 53, en cuivre elle-aussi, contient 2,2 % de plomb, est particulièrement pauvre en certaines impuretés (Sn, As, Ni) mais renferme une quantité importante d'argent – 0,12 % – comparativement aux autres monnaies arabo-sassanides de cuivre. De telles teneurs en argent se rencontrent plutôt dans celles faites de bronzes alliés à 20 % de plomb environ. Les 2,2 % de plomb proviennent-ils du minerai de cuivre ou résultent-ils de l'addition d'une petite

<sup>22</sup> Voir Bourgarit / Mille 2014 pour les questions de provenance des objets en cuivre et alliages cuivreux ou Blet-Lemarquand 2014 pour des exemples d'études dans le domaine de la numismatique grecque.

fraction de plomb métal<sup>23</sup> ? Les deux explications sont acceptables en l'état des connaissances. Si la première est retenue, la composition de la monnaie en question serait caractéristique d'un type de cuivre.

#### CONCLUSION

Des analyses élémentaires ont été conduites par ANRC sur un échantillon de 22 monnaies de cuivre arabo-sassanides. Ce monnayage présente une large gamme de compositions, allant de cuivres purs à des bronzes au plomb contenant jusqu'à 7 % d'étain et près de 20 % de plomb. À noter, aucune monnaie n'est en alliage binaire cuivre-étain et les bronzes ont systématiquement été additionnés de plomb. Cette variété de composition fait écho à la diversité iconographique, épigraphique et métrologique déjà constatée. Toutefois, en confrontant la composition aux informations parfois disponibles sur les monnaies (atelier, date, responsable de l'émission, catégorie, poids, module et épaisseur), quelques tendances, qui mériteraient d'être confortées par des compléments d'analyses, se dessinent pour ce petit échantillon.

Les deux monnaies frappées par des gouverneurs arabes et la majorité de celles qui portent un nom propre purement iranien sont en cuivre, fabriquées probablement avec du métal neuf sans apport de métaux de recyclage. Les flans des monnaies émises au nom des gouverneurs arabes ont été élaborés par martelage de lingots car l'une des monnaies est de forme carrée (ASCC 18a)<sup>24</sup> et l'autre présente une très faible épaisseur de 0,3 mm (ASCC 78).

Le cuivre a aussi été préférentiellement choisi pour fabriquer les monnaies dont la typologie est proche de celle du monnayage d'argent sassanide (catégorie 1) voire arabo-sassanide (catégorie 4), tandis que les trois monnaies les plus fortement plombifères ont peu (catégorie 5) ou plus aucun lien avec les types du monnayage d'argent sassanide (catégorie 6).

D'une façon générale, il semble que les procédés de fabrication des monnaies de cuivre arabo-sassanides aient surtout obéi à des traditions locales, tant pour employer tel métal ou alliage que pour mettre en forme le flan selon tel procédé. Cela pourrait être le cas de l'atelier de Dārābgird où des bronzes à 7 % d'étain et 20 % environ de plomb ont été travaillés pour produire de lourdes monnaies, de celui de Wehaz-Amid-Kawād qui a frappé des exemplaires datés, de composition proche, présentant de grands diamètres et de faibles épaisseurs, de l'atelier de Suse dont les monnaies sont majoritairement en cuivre et de petit diamètre, voire de ceux de Staxr ou de Bišābuhr. Les différences de composition pourraient aussi s'expliquer par la chronologie relative des monnaies ; citons le cas de l'exemplaire de Suse de style tardif (ASCC 38) qui est fait d'un bronze riche en plomb alors que les autres exemplaires de cet atelier sont en cuivre.

MARYSE BLET-LEMARQUAND  
CNRS – UMR 5060, IRAMAT  
Centre Ernest-Babelon  
3D, rue de la Férolierie  
F-47071 Orléans cedex 2  
<lemarquand@cnrs-orleans-fr>

Rika GYSELEN  
CNRS, 27, rue Paul Bert  
F-94204 Ivry-sur-Seine  
<rika.gyselen@cnrs.fr>

<sup>23</sup> Voir note 20. Le cuivre est susceptible de contenir jusqu'à 2 % à 3 % de plomb comme impureté venant du minerai.

<sup>24</sup> Un flan coulé dans un moule est forcément rond lorsque c'est la forme recherchée pour la pièce de monnaie.

TABLEAU  
des monnaies analysées et leurs analyses élémentaires

Dans ce tableau sont réunies toutes les informations utiles pour l'identification de chaque monnaie analysée (sur la page paire) et les résultats de son analyse élémentaire (page impaire).

On trouvera dans la première colonne le numéro du type auquel la monnaie correspond selon le classement établi dans ASCC, ainsi que l'éventuel nom de celui qui fit frapper la monnaie.

La deuxième colonne comporte les données sur l'atelier et la date qui figurent sur la monnaie.

Dans la troisième colonne est mentionné le lieu où la monnaie fut trouvée, ou entre doubles crochets [[ ]] le nom du lieu où une monnaie analogue fut découverte.

Un dessin des deux faces de la monnaie, à l'échelle 1:1, est fourni dans la quatrième colonne.

La cinquième colonne comporte les données matérielles : le poids (énoncé en g), le diamètre et l'épaisseur du flan (notés en mm).

La sixième colonne comporte la référence bibliographique de la première publication de la monnaie, dans la plupart des cas Curriel / Gyselen 1984 et 1987. Pour les monnaies de fouilles publiées auparavant le renvoi bibliographique se fait à ASCC. On trouvera dans ce dernier ouvrage toutes les mentions bibliographiques pour chacune de ces monnaies.

La page impaire comporte les données ayant trait à la nature du métal (colonne 1), et la composition élémentaire : Cu pour cuivre, Sn pour étain, Pb pour plomb, Ag pour argent, As pour arsenic, Au pour or, Co pour cobalt, Fe pour fer, Ni pour nickel, Sb pour antimoine et Zn pour zinc.








Présentation des monnaies analysées (1)					
Type Émetteur	Atelier Date	Lieu de découverte	Illustration type	Masse Diamètre Épaisseur	Référence bibliographique
ASCC 9 Anonyme	Sābūr = Bišābuhr  80	Fouilles de Bišābuhr		1,58 gr. 19,7 mm 1,2 mm	C / G 1987 n° 77
ASCC 3 Khāled b. ‘Abbād	BYŠ = Bišābuhr  date illisible	Fouilles de Bišābuhr		1,07 gr. 20 mm 0,5 mm	C / G 1987 n° 51
ASCC 7 Dārāy (?)	Ābād-Bišābuhr  sans date	[[Fouilles de Qasr-i Abu Nasr]]		0,78 gr. 18,2 mm 0,6 mm	C / G 1984 n° 8
ASCC 13 anonyme	DA = Dārābgird  94			2,65 gr. 20,7 mm 1,3 mm	C / G 1984 n° 70
ASCC 12 anonyme	DA = Dārābgird  72	[[Fouilles de Qasr-i Abu Nasr]]		3,67 gr. 22 mm 1,7 mm	C / G 1984 n° 66
ASCC 18a ‘Ubaydallāh b. Ziyād	ST = Staxr  61	[[Fouilles de Qasr-i Abu Nasr]]		1,61 gr. 25,6 mm 0,8 mm	C / G 1984 n° 84
ASCC 24 Maṣṣūr	ST = Staxr  sans date	[[Fouilles de Staxr]]		3,38 gr. 22,3 mm 1,4 mm	ASCC, p. 138, type 24 : n° 1

Tableau : 1a. Présentation des monnaies analysées.

Nature du métal et compositions obtenues par ANRC (teneurs en %) (1)											
Nature du métal	Cu	Sn	Pb	Ag	As	Au	Co	Fe	Ni	Sb	Zn
Bronze au plomb	92,2	3,2	3,7	0,095	0,18	0,002	—	0,20	0,14	0,14	0,24
Bronze au plomb	89,9	4,8	3,6	0,096	0,45	0,002	—	0,24	0,21	0,37	0,31
Bronze au plomb	85,1	6,2	7,6	0,057	0,61	0,001	—	0,11	0,11	0,29	—
Bronze au plomb	74,5	7,5	16	0,11	0,52	0,001	—	0,27	0,14	0,49	—
Bronze au plomb	67,7	6,7	24	0,097	0,46	0,002	0,03	0,09	0,11	0,52	0,05
Cuivre pur	99,3	0,006	0,019	0,003	0,037	0,0003	0,06	0,08	0,45	0,003	0,03
Cuivre-plomb	92,2	1,2	5,1	0,056	0,27	0,002	—	0,73	0,23	0,075	0,11

Tableau : 1b. Compositions obtenues par ANRC (teneurs en %).









Présentation des monnaies analysées (2)					
Type Émetteur	Atelier Date	Lieu de découverte	Illustration type	Masse Diamètre Épaisseur	Référence bibliographique
ASCC 22 Anonyme	ST = Staxr  sans date	[[Fouilles de Staxr]]		2,59 gr. 19,8 mm 1,5 mm	C / G 1984 n° 88
ASCC 20 Maṣṣūr	ST = Staxr  sans date	[[Fouilles de Staxr]]		3,37 gr. 23,3 mm 1,4 mm	C / G 1984 n° 89
ASCC 21 Ōstāndār	ST = Staxr  sans date			3,10 gr. 24,6 mm 1,2 mm	C / G 1984 n° 86
ASCC 39a Anonyme	ŠWŠ = Suse  sans date	[[Fouilles de Suse]]		1,66 gr. 17 mm 1,5 mm	C / G 1984 n° 95
ASCC 37 Anonyme (?)	ŠWŠ = Suse  sans date	[[Fouilles de Suse]]		2,78 gr. 22,3 mm 1,5 mm	C / G 1984 n° 92
ASCC 40 Anonyme	ŠWŠ = Suse  sans date	Fouilles de Suse		1,15 gr. 14,8 mm 1,2 mm	ASCC, p. 147, type 40, no. 3
ASCC 41 Anonyme	ŠWŠ = Suse  82	Fouilles de Suse		2,59 gr. 19,3 mm 2,1 mm	ASCC, p. 148, type 41, n° 4
ASCC 38 Anonyme (?)	ŠWŠ = Suse  sans date	Fouilles de Suse		3,50 gr. 16,5 mm 2,4 mm	ASCC, p. 145, type 38, n° 1

Tableau : 2a. Présentation des monnaies analysées.

Nature du métal et compositions obtenues par ANRC (teneurs en %) (2)											
Nature du métal	Cu	Sn	Pb	Ag	As	Au	Co	Fe	Ni	Sb	Zn
Bronze au plomb	89,7	3,9	5,2	0,086	0,50	0,002	-	0,08	0,17	0,38	-
Bronze au plomb	89,5	4,3	4,4	0,088	0,69	0,003	-	0,15	0,23	0,67	-
Bronze au plomb	89,5	3,0	6,4	0,068	0,36	0,003	0,01	0,21	0,19	0,22	0,11
Cuivre	97,6	0,73	1,1	0,065	0,097	0,002	0,005	0,09	0,17	0,031	0,14
Cuivre	96,4	1,2	1,5	0,063	0,11	0,002	-	0,18	0,24	0,041	0,21
Cuivre	96,0	1,6	1,6	0,046	0,081	0,002	-	0,25	0,27	0,030	0,14
Cuivre	95,6	1,4	2,1	0,074	0,093	0,002	-	0,23	0,22	0,037	0,18
Bronze au plomb	76,8	5,0	17	0,11	0,38	0,002	-	0,09	0,16	0,40	-

Tableau : 2b. Compositions obtenues par ANRC (teneurs en %).







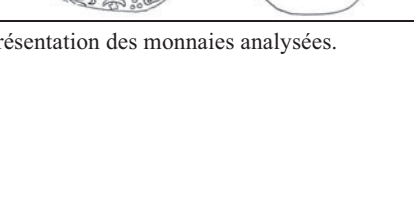
Présentation des monnaies analysées (3)					
Type Émetteur	Atelier Date	Lieu de découverte	Illustration type	Masse Diamètre Épaisseur	Référence bibliographique
ASCC 48 Anonyme	WYHC = Weh-az-Amid- Kawād  82 (?)			2,08 gr. 27,7 mm 0,8 mm	C / G 1984 n° 80
ASCC 49 Anonyme	WYHC = Weh-az-Amid- Kawād  83 (?)			2,93 gr. 27,6 mm 1 mm	C / G 1984 n° 81
ASCC 53 Farrox-zād ī Gušn-Anōsān	DŠT' (?)  104 (?) 8 (?)			3,79 gr. 24,6 mm 1,4 mm	C / G 1984 n° 138
ASCC 16 Farroxzād	GWBL = Gōr  104 (?) 8 (?)			3,66 gr. 23,8 mm 1,2 mm	C / G 1984 n° 126
ASCC 52 nom illisible	ABL (?)  sans date			3,90 gr. 21,8 mm 1,4 mm	C / G 1984 n° 157
ASCC 78 Al-Ḥajjāj b. Yūsuf	sans nom d'atelier  sans date			0,67 gr. 19 mm 0,3 mm	C / G 1984 n° 121
ASCC 65a « Husraw »	sans nom d'atelier  sans date	[[Fouilles de Bishapur]]		1,31 gr. 23,2 mm 0,6 mm	C / G 1984 n° 143

Tableau : 3a. Présentation des monnaies analysées.

Nature du métal et compositions obtenues par ANRC (teneurs en %) (3)											
Nature du métal	Cu	Sn	Pb	Ag	As	Au	Co	Fe	Ni	Sb	Zn
Cuivre	95,8	1,7	1,8	0,054	0,15	0,002	0,01	0,17	0,21	0,081	0,07
Cuivre-plomb	93,7	2,0	3,5	0,052	0,15	0,001	0,02	0,13	0,30	0,076	0,08
Cuivre	97,6	0,001	2,2	0,12	0,001	0,007	-	-	0,019	0,027	0,02
Cuivre	96,0	1,3	1,7	0,071	0,14	0,002	0,01	0,17	0,21	0,063	0,31
Cuivre pur	99,3	0,047	0,085	0,022	0,15	0,002	-	0,15	0,18	0,014	0,01
Cuivre pur	99,0	0,22	0,18	0,019	0,079	0,002	0,03	0,31	0,11	0,009	0,02
Cuivre	96,9	1,3	0,96	0,045	0,15	0,001	0,01	0,17	0,28	0,030	0,10

Tableau : 3b. Compositions obtenues par ANRC (teneurs en %).

## CITATIONS BIBLIOGRAPHIQUES

- ASCC 2000 / 2009 R. Gyselen, *Arab-Sasanian Copper Coinage* [Veröffentlichungen der numismatischen Kommission, Band 34], Wien, Österreichische Akademie der Wissenschaften, 2000, 2009 (nouvelle édition avec supplément).
- Askari Chaverdi / Cereti A. Askari Chaverdi, C. G. Cereti, « Preliminary notes on two small groups of Sasanian bullae recently discovered in Fārs », S. Tokhtasev, P. Luria, éd., *Commentationes Iranicae. Vladimiro f. Aeron Livschits nonagenario donum natalicium*, St. Pétersbourg, 2013, p. 182-190.
- Beauchesne *et al.* 1988 F. Beauchesne, J.-N. Barrandon, L. Alves, F. B. Gil, M. Guerra « Ion beam analysis of copper and copper alloy coins », *Archaeometry*, vol. 30, n° 2, 1988, p. 187-197.
- Beauchesne / Barrandon 1986 F. Beauchesne, J.-N. Barrandon, « Analyse globale et non destructive des objets archéologiques cuivreux par activation avec des neutrons rapides de cyclotron », *Revue d'Archéométrie*, vol. 10, 1986, p. 75-85.
- Blet-Lemarquand 2013 M. Blet-Lemarquand, « Les analyses élémentaires de monnaies de bronze grecques réalisées au Centre Ernest-Babelon de l'IRAMAT : méthode, résultats, synthèse », Grandjean, C. et Moustaka, A. (éd.), *Aux origines de la monnaie fiduciaire. Traditions métallurgiques et innovations numismatiques. Actes de l'atelier international des 16 et 17 novembre 2012 à Tours*, Bordeaux, 2013, p. 39-56.
- Bompaire / Dumas 2000 M. Bompaire, Fr. Dumas, *Numismatique médiévale. Monnaies et documents d'origine française*, Brepols, Turnhout, 2000.
- Bourgarit / Mille 2014 D. Bourgarit, B. Mille, « Chapitre 6 Provenance du Cuivre et Alliages », Ph. Dillmann, L. Bellot-Gurlet, (dir.), *Circulation et provenance des matériaux dans les sociétés anciennes*, Paris, 2014, p. 103-131.
- Caley 1939 E. R. Caley, *The composition of ancient Greek bronze coins*, Philadelphie, 1939.
- Curiel / Gyselen R. Curiel, R. Gyselen, *Une Collection de monnaies de cuivre arabo-sasanides* [Cahiers de Studia Iranica n° 2], Association pour l'avancement des études iraniennes, Paris, 1984.
- Deraisme / Barrandon 2005 A. Deraisme, J.-N. Barrandon, « L'hétérogénéité des teneurs en plomb dans les monnaies de bronze antiques », *Revue numismatique*, vol. 161, 2005, p. 5-15.
- Gerin *et al.* 2001 D. Gerin, C. Grandjean, M. Amandry, Fr. de Callatay, *La monnaie grecque*, Ellipses, Paris, 2001.
- Gyselen 1989 R. Gyselen, *La géographie administrative de l'Empire sassanide. Les témoignages sigillographiques* [Res Orientales n° I], Groupe pour l'Étude de la Civilisation du Moyen-Orient, Paris, 1989.
- Gyselen 2002 R. Gyselen, *Nouveaux matériaux sigillographiques pour la géographie administrative de l'empire sassanide. Collection A. Saeedi* [Cahiers de Studia Iranica, n° 24], Association pour l'avancement des études iraniennes, Paris, 2002.
- Gyselen 2010 R. Gyselen, « 'Umayyad' Zāvulistān and Arachosia: Copper Coinage and the Sasanian Monetary Heritage », M. Alram, D. Klimburg-Salter, M. Inaba, M. Pfisterer (edd.), *Coins, Art and Chronology II. The First Millennium C.E. in the Indo-Iranian Borderlands* [Veröffentlichungen der numismatischen Kommission, Band 50], Vienne, 2010, p. 333-355.
- Lehoërff 1999 A. Lehoërff, « Le travail en laboratoire au service de l'histoire de l'artisanat métallurgique du début du premier millénaire avant notre ère en Italie. Quelques résultats sur des mobiliers de Tarquinia, Veio et des collections villanoviennes britanniques », *Mélanges de l'École française de Rome* [Antiquité, t. 111, n° 2], 1999, p. 787-846.
- MacKenzie 1971 D. N. MacKenzie, *A Concise Pahlavi Dictionary*, Oxford University Press, London, 1971.
- Morrisson 1992 C. Morisson, *La Numismatique*, [Que Sais-Je? 2638], Presses universitaires de France, Paris, 1992.
- Nicolet-Pierre 2002 H. Nicolet-Pierre, *Numismatique grecque*, Armand Colin, Paris, 2002.
- Pernot 1998 M. Pernot, « Archéométaballurgie de la transformation des alliages à base de cuivre », *L'innovation technique au Moyen Âge. Actes du VIe Congrès international d'Archéologie Médiévale (1-5 Octobre 1996, Dijon - Mont Beuvray - Chenôve - Le Creusot - Montbard)*, [Actes des congrès de la Société d'archéologie médiévale, vol. 6, n° 1], Société d'Archéologie Médiévale, Caen, 1998, p. 123-133.
- Pernot 2002 M. Pernot, « Mise en forme des alliages cuivreux et archéométaballurgie », *La Revue de Métallurgie-CIT/Science et Génie des Matériaux*, 2002, p. 97-111.

- Picon / Boucher/ Condamin 1966 M. Picon, S. Boucher, J. Condamin, « Recherches techniques sur des bronzes de Gaule romaine », *Gallia*, vol. 24, n° 1, 1966, p. 189-215.  
 Vondrovec 2014 K. Vondrovec, *Coinage of the Iranian Huns and their Successors from Bactria to Gandhara (4th to 8th century CE)*, Vienne, Österreichische Akademie der Wissenschaften, 2014.

## INDEX

*NOMS PROPRES*

al-Hajjāj b. Yūsuf : 10, 12, 15, 17, 24  
 Dārāy (?) : 10, 20  
 Farroxzād : 10, 12, 17, 24  
 Farroxzād ī Gušn-anōšān : 10, 12, 17, 24  
 Husraw : 10, 17, 24  
 Husraw II (590-628) : 10  
 Khāled b. ‘Abbād : 10, 20  
 Maṣṣūr : 10, 20, 22  
 Yazdgird : 12  
 Yazdgird III (632-651) : 12  
 ‘Ubaydallāh b. Ziyād : 10, 12, 15, 17, 20

*TOPONYMES*

Ābād Bišābuhr : 11, 20  
 Ābād Staxr : 11  
 Bishapur : 24

Bišābuhr : 9, 11, 15, 16, 17, 18, 20  
 Dārābgird : 11, 12, 15, 16, 17, 18, 20  
 Fārs :  
 Gōr : 11, 24  
 Qasr-i Abu Nasr : 20  
 Sābūr : 10, 20  
 Staxr : 10, 11, 15, 16, 17, 18, 20, 22  
 Suse : 9, 11, 15, 16, 17, 18, 22  
 Šābuhr : 11  
 Weh-az-Amid-Kawād : 11, 12, 15, 16, 17, 18, 24

*NOMS D'ADMINISTRATIONS ET DE CIRCONSCRIPTIONS*

ōstān : 10, 11  
 ōstāndār : 10, 22  
 mowūh : 11  
 šahr : 11  
 šahrestān : 11

