Les métaux précieux en Méditerranée médiévale

Exploitations, transformations, circulations

sous la direction de
Nicolas Minvielle Larousse, Marie-Christine Bailly-Maître et Giovanna Bianchi

BiAMA
ARCHÉOLOGIES MÉDITERRANÉENNES
PUP

Bibliothèque
d'Archéologie
Méditerranéenne
et Africaine

27

Les métaux précieux en Méditerranée médiévale

Exploitations, transformations, circulations

Actes du colloque International d'Aix-en-Provence des 6, 7 et 8 octobre 2016 édités par :
Nicolas Minvielle Larousse, Marie-Christine Bailly-Maître et Giovanna Bianchi

2019

Presses Universitaires de Provence

© Presses Universitaires de Provence

Aix-Marseille Université

29, avenue Robert-Schuman – F – 13621 Aix-en-Provence cedex 1
Tél. 33 (0)4 13 55 31 91

pup@univ-amu.fr – Catalogue complet sur http://presses-universitaires.univ-amu/editeur/pup.fr

DIFFUSION LIBRAIRIES : AFPU DIFFUSION - DISTRIBUTION SODIS

Les sources de l'or du décor entre Orient et Occident (IVe-XIIe siècles)

Or monétaire, réutilisation, or frais

Elisabetta Neri

Résumé

Cet article s'interroge sur la source de l'or employé dans les mosaïques à fond d'or. Plusieurs arguments historiques et techniques suggèrent l'utilisation des monnaies pour battre les feuilles d'or utilisées dans les tesselles. Non seulement la dynamique de circulation de l'or, fortement contrôlée, mais aussi les quantités relativement importantes d'or utilisée dans les décorations et les indications des recettes techniques permettent de supposer l'utilisation de l'or monétaire pour produire les feuilles d'or. L'analyse archéométrique des feuilles d'or des tesselles montre que les compositions des feuilles d'or sont comparables à celles des monnaies jusqu'au VIe siècle. À partir du VIIIe siècle on constate une diversification de l'approvisionnement.

Abstract

The paper explores the source of gold in the gold mosaics between fourth to twelve century, one of the best expression of Byzantine and early Islamic art. Many historical and technical issues point to the use of coins to make the gold leaves used in the tesserae. Not only the dynamic of the circulation of gold, strictly controlled, but also the relatively important quantity of gold used and the indications of the medieval recipes suggest the use of monetary gold to produce gold leaves. The archaeometric analyses performed in the Western and Eastern sites show a good match between circulating monetary alloys and the gold leaf compositions until the sixth century and, together with the type of glass, can provide criteria to date the tesserae. A diversification of the supply is also displayed from the eight century.

« Legatos interea Costantinopolium ad locandos artifices destinat peritos utique in arte musivaria et quadrataria, ex quibus videlicet alii ansidam et arcum atque vestibulum maioris basilice musivo comerent, alii vero totius ecclesie pavimentum diversorum varietate consternerent [...] Et quoniam artium istarum ingenium a quingentis et ultra iam annis magistra Latinitas intermiserant et studio huius inspirante et cooperante Deo nostro hoc tempore recuperare promeruit, ne sane id ultra Itale deperiret, studuit vit totius prudentie plerosque de monasterii pieris diligenter eisdem artibus erudiri. Non autem, de his tantum, sed et de omnibus artificiis, quecumque ex auro vel argento, ere, vitro, ebore, lingo, gipso vel lapidi patrari possunt, studiosissimus prorsus artifices de suis sibi paravit [...] Parietes quoque omnes pulchra satis colorum omnium varietate depinxit » [1].

Introduction

Au cours du XIIe siècle, le *Chronicon* de l'Abbaye du Mont-Cassin relate que l'abbé Didier avait envoyé des ambassadeurs afin de rechercher des mosaïstes constantinopolitains, qui arrivèrent probablement avec leurs matériaux au Mont-Cassin [2]. Ils impliquèrent dans les opérations du chantier des jeunes qui étaient en relation avec le monastère, afin qu'ils apprennent à maîtriser la technique. En effet, d'après le *Chronicon*, les maîtres latins ne pratiquaient plus cet art depuis cinq cents ans et ne disposaient pas des techniques et des matériaux nécessaires pour réaliser une décoration pariétale.

En suivant un cliché récurrent dans les sources arabes et syriaques (X^e^-XIVe siècles) [3], le *Chronicon* présente la mosaïque comme une technique uniquement constantinopolitaine, pour laquelle l'Italie dépend entièrement de l'Empire byzantin. Cela a renforcé l'idée que les mosaïques pariétales, dans lesquelles l'or était largement utilisé pour le fond, étaient un symbole du pouvoir impérial byzantin.

Cet article s'intéresse à la source de l'or du décor pariétal en s'interrogeant sur les raisons matérielles qui relient la mosaïque à fond d'or à Constantinople. En particulier, comme Byzance reste à partir du VIIIe siècle le seul producteur de monnaies d'or dans la Méditerranée avec le Califat arabe, on sondera si l'or monétaire byzantin est la source principale du décor, sa diffusion dans les mosaïques italiennes et du bassin méditerranéen [4].

Dans une première partie, on analysera la production des tesselles à feuilles d'or, à savoir les cubes qui constituent la mosaïque, et on s'interrogera sur les possibles sources d'approvisionnement de l'or utilisé dans ces matériaux. Dans un deuxième temps on présentera les arguments qui suggèrent que les feuilles d'or des tesselles étaient battues à partir des monnaies. Enfin on discutera les résultats d'un travail archéométrique conduit sur 104 tesselles provenant d'édifices d'Italie, Gaule, Syro-Palestine et Asie-Mineure, datés entre les IVe et XIIe siècles. Les alliages des feuilles seront comparés avec ceux des monnaies de la même époque, publiés par d'autres chercheurs. Cette comparaison entre feuilles et monnaies est possible grâce aux travaux sur l'or monétaire menés au Centre Ernest Babelon (Orléans) sous la direction de Cécile Morrisson, qui ont constitué une large base de données pour le monde byzantin, ainsi que la thèse d'A. Goddonneau sur les monnaies islamiques [5].

Les tesselles à feuille d'or et leur production

Les tesselles d'or présentent une feuille d'or, fixée à chaud entre la couverte, une couche en verre soufflé (<1mm), et le support en verre coulé (<1cm) (**fig. 1**).

La première attestation des tesselles à feuille d'or remonte au Ier s. apr. J.-C., dans le Nymphée de Lucullus à Rome [6]. Entre les IIe et IVe siècles, une utilisation ponctuelle dans les parois et les sols en est documentée. D'après les sources, l'âge constantinien marque une utilisation plus extensive de l'or dans les décors, mais probablement s'agit-il surtout

1 *Die Chronik von Montecassino*, hrsg. H. Hoffman, Hannover 1980 (MGH, Scriptores, II, 396).

2 Le *Chronicon monasterii Casinensis* est une chronique médiévale rédigée par Léon d'Ostie (1046-115) et poursuivie par Pierre le Diacre (1107-1159), qui relate l'histoire du monastère de la fondation jusqu'au XIIe siècle.

3 Gibb 1958 ; Gautier-Van Berchem 1969 ; James 2006 ; Neri 2016 pour les sources arabes qui témoignent d'une provenance de mosaïques et maîtres de Constantinople pour réaliser les décorations des mosquées de La Mecque, Médine, Damas et Jérusalem. En particulier pour le monastère de Mar Gabriel, Manuscrit Ad17265 daté du IXe siècle ; voir la présentation de la source dans Hawkins, Mundell-Mango 1973.

4 Cette recherche a été réalisée dans le cadre de deux programmes qui allient archéométrie et archéologie. Le premier est le projet CHARISMA AGLAOS (*Analysis of Ancient Gold Leaves And Coins. Coins in mosaics: Gold and Glass. Late Antique and Byzantine gold leaf tesserae composition compared to coins*) mené en collaboration avec Marco Verità (LAMA, Venice), Isabelle Biron (C2RMF), Maria Filomena Guerra (Archam, Université Paris-Panthéon La Sorbonne), en partenariat avec différentes institutions. Parmi les plus importantes : le Département d'Arts islamiques du Musée du Louvre (Yannick Lintz), Maier, la Missione archeologica italiana a Hierapolis di Frigia (prof. Francesco D'Andria), le Centre Camille Jullian (Véronique Blanc Bijon), le Centre de civilisation byzantine (Marie-Patricia Raynaud). Le deuxième est le projet Convergence Paris-Sorbonne ORLUCE (*L'or et la lumière céleste*) mené en collaboration avec Maria Filomena Guerra (Archam, Université Paris-Panthéon La Sorbonne), Philippe Colomban (UPMC et CNRS, Monaris) et Vivien Prigent (CNRS, Orient & Méditerranée).

5 Morrisson, Brénot, Callu 1985 ; Morrison 2002 avec littérature pour le monde byzantin et Gondonneau, Guerra 2002 pour les monnaies islamiques.

6 Bartoli *et al.* 2013 ; Boschetti 2011.

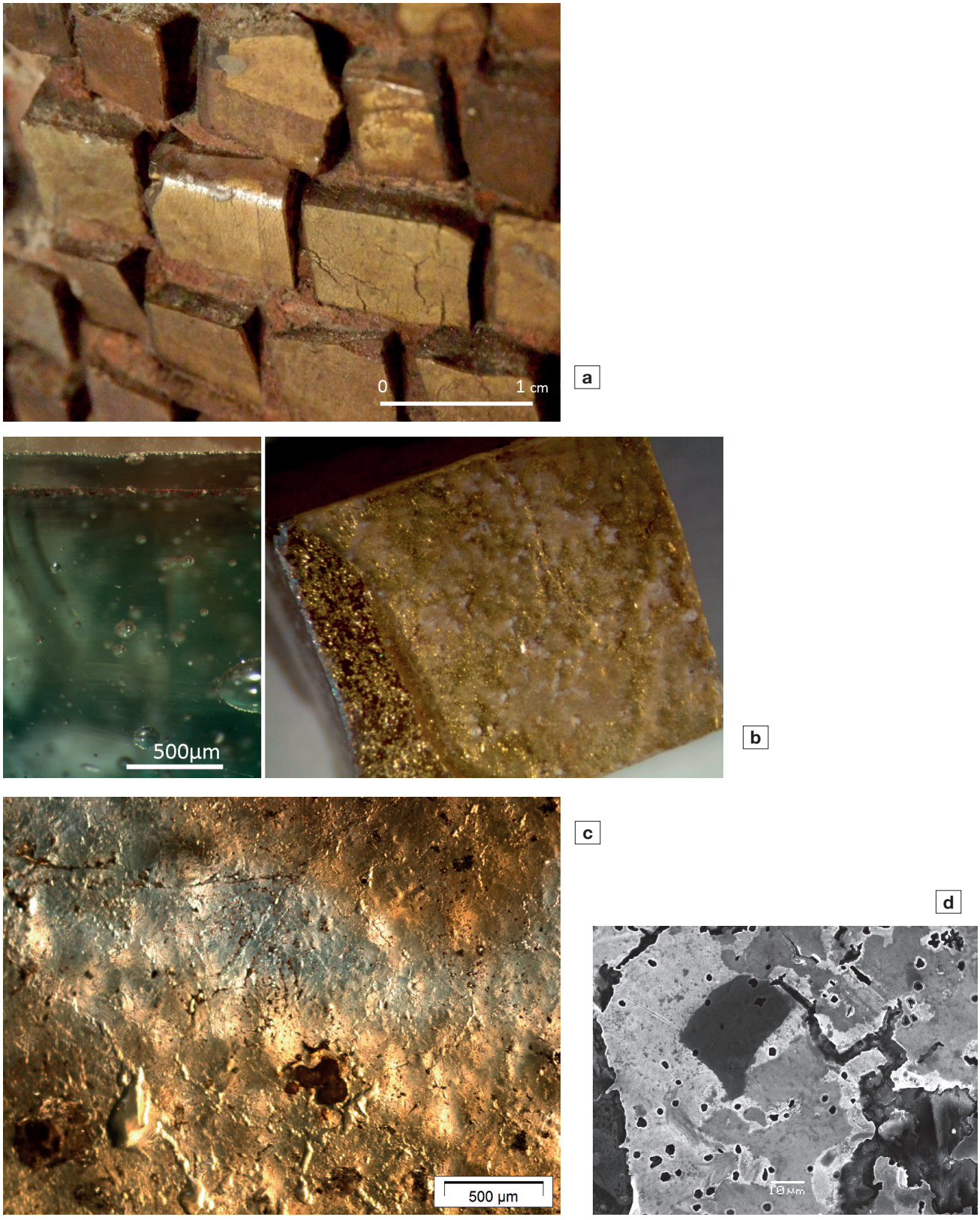

Fig. 1 - L'or dans les mosaïques. a. détail des tesselles à feuille d'or de la basilique de la nativité de Bethleem ; b. coupe de tesselle à feuille d'or de St. Vital à Ravenne (à gauche) : en haut la couverte, en bas le support en verre, au milieu la feuille d'or ; tesselle à feuille d'or de St. Laurent à Milan avec feuille en partie dégagée (à droite) (côté de la tesselle 0.8 cm) ; c. feuille d'or d'une tesselle de Hiérapolis (HA13) observée au microscope optique à lumière polarisée ; d. feuille d'or observée au microscope à balayage électronique (RZ10). (*clichés E.N.*)

de *lacunaria* (plafonds en bois) dorés. Les plus anciens fonds d'or des mosaïques conservés remontent aux Ve-VIe siècles, dans les églises de Ravenne et de Thessalonique [7]. L'utilisation extensive de l'or dans les mosaïques se diffuse parallèlement à la réforme monétaire de Constantin. En effet, avec cette réforme, le *solidus*, le nominal d'or, devient la base du système monétaire tri-métallique et monnaie d'échange ; par conséquent le nombre d'émissions d'or et la quantité d'or en circulation augmentent.

Les tesselles utilisées dans les mosaïques sont taillées à partir de galettes. Plusieurs exemplaires de galettes, lingues et plaques ont été trouvés dans les niveaux de chantiers ou dans les trous des échafaudages sur plusieurs sites de la Méditerranée, dont la datation va du IVe au XIIe siècles [8]. Ces demi-produits témoignent d'une production *ex novo* des tesselles dorées, qui continuait probablement à côté d'un remploi des matériaux antérieurs : une pratique sur laquelle de nombreuses sources du Bas-Empire au XIIe siècle insistent (**tabl. 1**), en passant par des exemples assez connus, comme celui de Charlemagne qui pilla les tesselles de Ravenne (*tam in soli, quam in pariete*) avec la permission du pape Adrien I, autorité judiciaire à laquelle le roi des Francs s'adresse [9].

D'après une analyse des sources écrites qui mentionnent les tesselles dorées, c'est aux IXe-XIIe siècles que la production semble devenir spécifique à l'Empire byzantin. Aussi le traité technique du *De diversis artibus* de Théophile (fin du XIe-début XIIe siècle) présente les tesselles à feuille d'or parmi les produits les plus luxueux du monde gréco-byzantin, dont la technique de production est méconnue par l'auteur d'origine allemande, pourtant expert dans d'autres techniques du verre [10]. Ainsi pendant les XIe-XIIe siècles, d'après les sources les tesselles n'étaient produites qu'à Byzance et étaient si précieuses qu'elles faisaient partie du butin de guerre des croisades [11].

L'attestation la plus tardive dans la littérature technique occidentale, qui pourrait témoigner de la permanence d'un savoir-faire occidental dans la production de tesselles, se trouve dans le *Manuscrit de Lucques*, traité technique de tradition byzantine et hellénistique rédigé à la fin du VIIIe siècle à Lucques. La technique employée comportait l'utilisation des feuilles obtenues par martelage progressif du métal entre deux lames de cuivre. Ces feuilles étaient fixées à chaud entre les deux couches de verre. La galette était ensuite recuite et écrasée.

Les différentes typologies des bords des galettes, les traces d'écrasement, les résidus du dégraissant observés sur plusieurs tesselles de sites de l'Europe occidentale et de la Méditerranée orientale ont été mis en relation avec les gestes décrits par les recettes. Différentes techniques de façonnage avec des variations ont été reconnues [12].

Les quantités d'or employées

Même si les feuilles sont d'une épaisseur souvent inférieure au micron, les quantités d'or employées sont assez remarquables, étant donnée la surface de l'espace architectonique couvert d'or. Ainsi les mesures des épaisseurs des feuilles (en moyenne entre 0,4 et 0,2 micron), la surface occupée par le décor, le poids spécifique de l'or permettent de produire une estimation de la quantité d'or employée dans les édifices et de la comparer aux indications des sources sur les investissements des commanditaires à la suite des recherches initiées par M. Mundell Mango [13] et J. Delaine [14]. Les surfaces des décorations demandent un approvisionnement industriel des feuilles et, par conséquent, probablement un contrôle de la production et de son commerce. Les **tabl. 2** et **3** proposent un exemple d'estimation pour l'Italie du Nord pendant la domination des Goths au Ve siècle : la quantité de 1700 *solidi*, correspondant à un poids d'environ 7 kg d'or, distribué sur plusieurs édifices semble avoir été mis en œuvre. Dans la même région au VIe siècle, après la reconquête des territoires par l'Empire byzantin pendant le règne de Justinien et ses successeurs, l'investissement, bien plus important, est concentré seulement dans les églises de la capitale de l'exarchat, Ravenne : il s'agit de 2800 *solidi*, à savoir 12,6 kg. Un financement bien inférieur aux 8500 *solidi*, à savoir environ 38 kg d'or, qui étaient nécessaires uniquement pour les mosaïques de la voûte de Sainte Sophie à Constantinople à l'époque de Justinien.

7 Brenk 1972 ; Scheibelreiter 2009 ; Lancha 1981 ; Lancha 1983 ; Guidobaldi, Pedone 2014 ; catalogue dans Neri 2016.

8 Foy 2007 ; Foy 2008 ; catalogue dans Neri 2016.

9 PL 98 c. 371, *Epistola* 82 : « quod palatii Ravennatis civitatis musiva atque marmora, caeterosque exempla tam in strato quamque in parietibus sita, vobis tribuissemus : [...] tam marmore quamque mosivum, caeteroque exempla de eodem palatio vobis concedimus auferenda ».

10 Les chapitres II, 13-16 décrivent, de façon invraisemblable, la fabrication des objets définis « grecs », importés de Byzance. Au chapitre 15 en particulier la production de la mosaïque à feuille d'or (*vitrum graecum*) est abordée. Pour une discussion dans le détail, voir Neri 2012 et Neri 2014, où on suppose que l'auteur déduit les techniques à partir de l'observation des objets. Il s'agirait donc d'objets importés de Byzance et non produits dans le milieu culturel de l'auteur, la région du Rhin entre la fin du XIe et le début du XIIe siècle.

11 Andreescu Treadgold 1977 ; Neri 2012 ; Burgarella 2012 ; Bibl. Naz. Marciana, *Chronic. Magn.*, Parte 5, It. Cl. 7, Cod. 517, c 67t.

12 Neri 2016.

13 Mango 1992.

14 Delaine 1997.

Période	Zone géographique	Informations sur la réutilisation des tesselles	Sources primaires (sélectionnées)	Sources secondaires
Antiquité Tardive	**Empire d'Occident**	Autorisation à démolir et utiliser les décorations sous permission de l'Empereur	C. Th. XV, 1, 37 and C. Just. VIII, 11, 13	janv-69
	Empire d'Orient		C. Th. XV, 1, 40 and C. Just. VIII, 11, 15	
Haut Moyen Âge	**Occident**	Charlemagne demande au pape la permission de transférer des mosaïques des parois et des sols de Ravenne à Aix la Chapelle	PL 98 c. 371, *Epistola* 82	Neri 2012
		Pillage des tesselles des anciens bâtiments romains pour réaliser des vitraux bleu (XIe s.)	Theophilus, *DDA*, II, 12	
		Recyclage des tesselles pour produire des émaux (Xe s.- XIIe s.)	Suger, *Liber de Rebus in Administratione sua Gestis* Eraclius, *De coloribus et artibus romanorum*, II, 15 Theophilus, *DDA*, III, 54	
	Empire byzantin	Basilius I (881-886) réutilisation des tesselles de l'église des Apôtres pour décorer la néa *ekklesia* Manuel I (1143-1180) envoi des tesselles déjà coupées (réutilisées) et un artisan à Bethlehem	Simeon Magister, *Annales*, 691, 22 Georgius Monachus, *Vita recentiorum imperatorum*, 843, 13 Nicetas Choniates, *Historia*, 48-52	Frolow 1951
	Empire omeyade et abbasside	L'empereur de Byzance envoi des tesselles et des artisans pour réaliser la décoration des mosquées de Damas, La Mecque, Médine et Cordoue ; pour la mosquée de Medina la source explicite que l'empereur ordonne de chercher les tesselles dans les bâtiments anciens abandonnés	*Bibliotheca Geographorum arabicorum*, III, 159, II, 1994, 1232-1233 *Géographie d'Edrisi*, Paris 1860, II, 60.	Gibb 1958 Gautier Van Berchem 1969 Bakirtzis 2011 Neri 2012

Tab. 1 - Les sources sur la réutilisation des tesselles, pillées dans les bâtiments anciens.

	Milan						**Padoue**	**Vicence**	**Ravenne**		**Totaux**
	Bapt. St.-Jean aux sources	St.-Sixte	Ste.-Thècle	St.-Victor *in cœlo aureo*	St.-Ambroise	St.-Nazaire	Ste.-Justine	SS.-Félix-et-Fortunat	St.- Apollinaire-le-Neuf	Bapt. des Ariens	
Surface des mosaïques (m²)	**155.4**	**125**	**140**	**16.8**	**450**	**414**	**89.3**	**39.6**	**435**	**125**	1990
– dont fond en or (2/3)	103.6	83.3	93.3	11.2	300	276	59.5	26.4	290	83.3	1327
Quantité d'or (*solidi*)	**133.4**	**107.3**	**120.2**	**14.4**	**386.4**	**355.5**	**76.7**	**34**	**373.5**	**107.3**	1709
Poids total du verre (tonnes)	**6.9**	**5.5**	**6.2**	**0.74**	**19.9**	**18.3**	**3.9**	**1.75**	**19.2**	**5.5**	88

Tab. 2 - Estimation des quantités d'or et de verre employées dans les mosaïques de l'Italie du Nord à l'Age de Goths.

	Ravenne				**Totaux**
	St.- Apollinaire in Classe	St. Sévère	St. Vital	Saint-Michel *in Africisco*	
Surface des mosaïques (m²)	**950**	**275**	**2001**	**52**	**3278**
– dont fond en or (2/3)	633.3	183.3	1334	34.7	2185.3
Quantité d'or (*solidi*)	**815.7**	**236.1**	**1718.2**	**44.7**	**1096.5**
Poids total du verre (tonnes)	**42**	**12.2**	**88.5**	**2.3**	**56.5**

Tab. 3 - Estimation des quantités d'or et de verre employées dans les mosaïques de Ravenne sous le règne de Justinien.

Quelles sont les sources de ces quantités importantes d'or ?

Les sources de l'or byzantin

La connaissance sur les sources minières de l'or byzantin est encore actuellement limitée (**fig. 2**) [15]. Sans doute l'introduction, à partir de 368, de la pratique de la collecte et de la refonte de l'or en circulation monnayé ou non monnayé a en partie alimenté les ateliers monétaires et l'industrie de l'or [16]. Toutefois les sources juridiques et archéologiques indiquent aussi une exploitation des nouvelles mines dans les Balkans, en particulier en Illyricum et en Thrace entre les IVe et VIe siècles [17]. En Nubie et dans le désert oriental, certains districts miniers ont aussi fait l'objet de recherches archéologiques approfondies qui mettent en évidence une exploitation byzantine sous contrôle de l'empire jusqu'au VIIe siècle [18]. Dans la même région, les recherches sont en cours sur les mines exploitées de l'époque ptolémaïque à l'époque islamique [19]. D'autres régions minières sont l'Arménie et le bassin nord de l'Euphrate, objet de guerres de frontière entre les empires byzantin et sassanide, le Taurus [20], ainsi que le sud du Negev [21]. Des ressources externes à l'empire dans le sud de la Gaule et dans la péninsule ibérique continuent à être exploitées aussi après la chute de l'Empire romain d'Occident [22] : non seulement Isidore de Séville témoigne à plusieurs reprises de l'utilisation de l'or alluvial [23], mais une activité d'extraction semble continuer dans cette région [24].

À partir du milieu du VIIe siècle, les principales mines qui avaient approvisionné la Monnaie de l'empire étaient désormais en dehors de ses territoires. De plus, à l'intérieur de l'empire et dans le Califat plusieurs éléments montrent une carence de métaux précieux : la fusion de l'argenterie de l'église pour financer la campagne contre la Perse d'Héraclius, l'achat du colosse de Rhodes en 633 par un marchand juif d'Emese sur l'ordre d'un conquérant arabe, comme la réquisition des statues de bronze de Rome par Byzance en sont des signaux forts [25], ainsi que la baisse du nombre d'émissions des monnaies [26]. Après cette crise pendant laquelle les monnaies continuent à être frappées principalement avec les mêmes ors dans le monde islamique et byzantin, de nouvelles ressources sont exploitées : à l'intérieur de l'empire, les mines de la Calabre et de la Sicile le seraient entre le VIIIe et IXe siècle [27] et dans le monde islamique à partir du XIe siècle.

Au niveau de la composition chimique, le platine constitue un marqueur de la chronologie et de la géographie des ors. Bien qu'il n'existe pas actuellement à ma connaissance d'analyse du minerai d'or des mines tardo-antiques et byzantines, les objets et les monnaies ont pourtant à partir du IVe siècle des hautes teneurs en platine (300-1100 ppm) qui baissent progressivement entre les VIe (500 ppm) et XIIe siècles (100 ppm) [28]. Au contraire, monnaies et bijoux wisigothiques utilisent l'or alluvial d'Espagne, sans platine et avec cassitérite jusqu'au VIIe siècle [29], ainsi que les ors islamiques se caractérisent surtout pour leur faible teneur en platine (<100 ppm) [30].

1. Les sources de l'or du décor

Des multiples raisons invitent à penser que la source de l'or des feuilles employées dans les tesselles était probablement l'or monétaire : le système de circulation de l'or durant l'Antiquité tardive, les indications des recettes médiévales et des questions techniques : ces arguments sont d'abord brièvement rappelées.

1.1. La circulation de l'or durant l'Antiquité tardive : un système très contrôlé

Entre 325 et 610 (de Constantin à Héraclius) les *comites* des largesses sacrées, institution préposée à superviser les distributions impériales, contrôlaient la circulation de l'or. Pendant cette période les sources écrites et l'archéologie semblent confirmer qu'à l'intérieur de l'empire le minerai d'or et les lingots d'or ne pouvaient pas circuler librement [31]. Les mines d'or n'étaient pas seulement un monopole de l'état, mais chaque opération, de l'extraction à l'émission était très contrôlée : les largesses sacrées veillaient sur les importantes transactions d'or déjà monnayé, notamment les impôts, et non monnayé, comme l'activité des *aurifices* (les orfèvres au palais) qui travaillaient au service de l'empereur, très probablement auprès des ateliers monétaires [32]. En effet, l'or monnayé et non

15 Laiou, Morrisson 2007.

16 Le processus, connu grâce à l'édit de Théodose (Cod. Theod. 12, 7, 3 et 6, 12), est normalisé en 368, date à laquelle les monnaies d'or sont marquées du sigle OB, abréviation de *obryza*, purifié. Carlà 2009.

17 Bavant 2004.

18 Klemm, Klemm 2013 ; Meyer 1997.

19 Redon, Faucher 2016.

20 Bryer 1982.

21 McCormick 2001.

22 Edmondson 1989.

23 Etymologiae, 14.4.28 ; 13.21.33 ; 16.22,1 ; 5.27.31.

24 Diaz y Diaz 1970, 261-274.

25 McCormick 2001.

26 Morrisson 2002.

27 Laiou, Morrisson 2007.

28 Morrison, Brénot, Callu 1985 ; Morrison 2002 ; Laiou, Morrisson 2007.

29 Guerra, Calligaro, Perea 2007.

30 Gondonneau, Guerra 2002.

31 Delmaire 1989 ; Carlà 2009 ; Guest 2005 ; Johns 2010.

32 Delmaire 1989, 487-494 ; Carlà 2009, 74 ss. ; e.g. : Greg. Nyss., *Quod non sint tres dii*, PG 45, col.132.

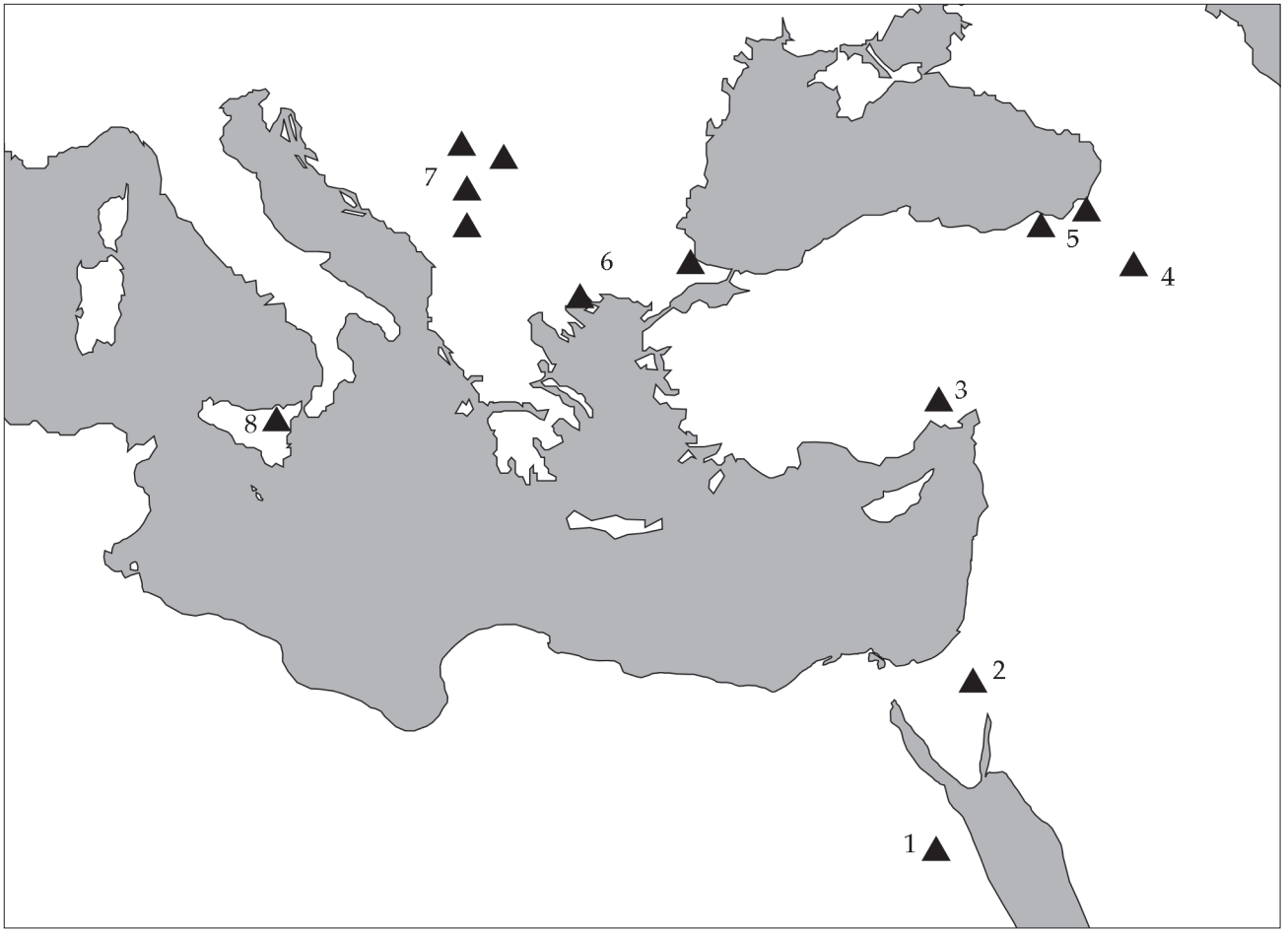

Fig. 2 - Carte avec les principales mines d'or exploitées par l'empire byzantin : 1. Bir Um Fawakhir ; 2. Wadi Tawahin Arabah ; 3. Mines du Taurus (Ulukisla) ; 4. Or alluvial de la haute Mésopotamie ; 5. Mines de l'Arménie (Pharangion, Trabazon) ; 6. Mines de la Thrace (Hebros, Pangeo) ; 7. Mines de l'Illyricum (Novo Bordo, Jarievo, Karaku'lu Yordan, Pek) ; 8. Mines d'or de Taormine.

monnayé avait la même valeur dans les échanges et l'empire contrôlait la pureté de l'or, en introduisant la pratique de la refonte de l'or en circulation, qui était systématiquement collecté et coupellé avant d'être refrappé. L'état renforçait ainsi le contrôle sur la production de l'or et sur le *metallica loca* [33] : un édit de Valentinien et Valens normalisa le travail forcé dans les mines [34] et dans l'exploitation de l'or alluvial [35] ; puis, entre 370 et 373, les mines d'or furent placées sous le contrôle de fonctionnaires spécialisés (*procuratores metallorum*), subordonnés aux *comes metallorum per Illyricum* [36] et les mineurs fugitifs, *aurileguli*, punis par une loi de 373 [37]. Ces prescriptions semblent rester en place dans les siècles suivants [38], quand la production et la circulation de l'or, ainsi que le système monétaire semblent rester très contrôlés au cœur de l'Empire byzantin. C. Morrison a en effet démontré que même le phénomène de dévaluation des ateliers monétaires des provinces et de la capitale était contrôlé et que la teneur en or des monnaies était bien connue après 610, date de la fermeture des largesses sacrées par Héraclius, après la crise du VIIe siècle et surtout à partir des IXe-Xe siècles, quand Constantinople est le seul atelier monétaire actif [39].

Dans ce système, la source préférentielle pour réaliser tout artefact en or est l'or monétaire ou la refonte des monnaies [40]. La *Notitia dignitatum* présente aussi des feuilles en or et en argent qui sont interprétées à la fois comme des feuilles brutes pour le décor ou comme des feuilles dévotionnelles [41]. En

33 Cod. Theod. 10. 19, 13.

34 Cod. Theod. 10.19.5.

35 Cod. Theod. 10.19.3 ; 10.19.4, 12.

36 Cod. Theod. 10.19.7, cf. 10.19.12.

37 Cod. Theod. 10.19.7 ; Edmondson 1989.

38 Cod. Theod. 10.19, 15, loi du 424.

39 Morrisson 2002.

40 Ross 1962 ; Oddy-La Niece 1986 ; Yeroulanou 1999 ; Giostra 2012.

41 Baratte, 1975 ; 1978. La *Notitia dignitatum* est une liste des rôles des officiers de la fin de l'empire (Ve siècle) ; on fait ici référence à la vignette qui illustre les activités des largesses sacrées.

suivant la première interprétation, les feuilles utilisées dans le décor pourraient être réalisées dans les ateliers impériaux des orfèvres qui interagissaient avec les ateliers monétaires et dont plusieurs sources nous renseignent sur les produits et le prix du travail [42].

1.2. Les recettes des traités techniques et des raisons pratiques

Les recettes médiévales et modernes sur la technique de réalisation des feuilles indiquent les monnaies ou l'or monétaire comme source de l'or pour fabriquer les monnaies. Les *Compositiones lucenses* mentionnent aussi la production des feuilles et leur emploi dans la mosaïque. La recette de fabrication de la feuille fait allusion à l'interaction entre feuille d'or et frappe de monnaies, dans l'indication des poids en monnaies et dans le processus de fabrication. Cennino Cennini (XVe siècle) et l'Encyclopédie précisent que les feuilles sont tirées des monnaies ou de l'or qui sort de l'atelier monétaire [43].

La teneur en or autour de 100 % permettait d'obtenir des feuilles d'une épaisseur inférieure au micron [44]. En travaillant directement à partir des monnaies, le poids et les teneurs en or étaient connus et par conséquent le nombre de feuilles qu'on pouvait en tirer. Le processus était donc plus facile à contrôler. Pour cette raison, dans les livres des recettes on trouve l'indication du nombre de feuilles qu'on peut tirer d'une monnaie [45].

2. Un travail expérimental autour de la source de l'or du décor

2.1. Les échantillons et les méthodes

Pour tester si effectivement l'or, issu de la fiscalité de l'empire, était la source principale pour la réalisation des mosaïques à fond d'or, une campagne d'analyses archéométriques a été menée. L'aire géographique choisie couvre l'Orient et l'Occident et intéresse directement les sites positionnés sur une carte (**fig. 3**), qui se distribuent sur une chronologie allant du IVe au XIIe siècle. Les 104 échantillons analysés [46] proviennent des sites archéologiques, des mosaïques encore conservées sur les parois et des collections des musées. Leur chronologie est déterminée par le contexte de découverte ou par les sources écrites, notamment les inscriptions dédicatoires des mosaïques, indiquant nom du commanditaire et an de réalisation (*tituli*). Trois phases ont marqué cette recherche.

La première portait sur environ cinquante tesselles italiennes, datées entre les IVe et IXe siècles, analysées au SEM-EDS en collaboration avec M. Verità au Laboratoire d'Analyse des Matériaux Anciens à Venise. Les tesselles proviennent des décorations pariétales de Rome et de Ravenne datées grâce aux *tituli* et aux épigraphes dédicatoires sur les mosaïques elles-mêmes, grâce au contexte archéologique ou grâce aux sources qui mentionnent la dédicace de l'édifice à la fin du chantier. Les sites de Milan ont une datation moins fiable en raison du contexte archéologique de prélèvement et de la datation moins précise des édifices de provenance [47].

La deuxième phase a concerné les tesselles (verre et feuilles) de la Méditerranée orientale et de la France qui ont été analysées au C2RMF (Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France) avec l'accélérateur AGLAE, utilisant la technique du PIXE/PIGE, qui permet une meilleure définition de l'alliage à travers une meilleure définition de la quantité du cuivre [48].

La troisième, enfin, a permis la réalisation d'analyses par SRXRF au synchrotron Bessy à Berlin pour déterminer les

42 Neri 2016, 110-123 ; 346.

43 Manuscrit de Lucques, 124r, 7 ; Cennino Cennini, *Libro dell'arte*, ch. 39 ; Encyclopédie, s.v. *Or*.

44 Pacheco 2007 ; Neri *sous presse*.

45 Manuscrit de Lucques, 124r, 7, ch. *De petala aurea*.

46 23 autres mesures ont été effectuées sur d'autres sites (Mar Gabriel, Venise-St. Marc, Nevers) et seront publiées dans un autre cadre.

47 Les feuilles ont été analysées par moi-même et A. Conventi au LAMA à Venise et les verres par moi-même et M. Verità. Le protocole d'analyse a été le suivant : le microscope à balayage électronique Philips XL30 a été utilisé avec une énergie de 20KV, un courant du faisceau à 2 nA et un temps de contage de 1500 seconds. Seulement l'or, l'argent et le cuivre ont été quantifiés et normalisés à 100 wt %. Les autres éléments associés à la matrice vitreuse de la tesselle n'ont pas été considérés. Une correction ZAF des données a été effectuée par un logiciel adapté. L'*accuracy* de cette méthode est de 2 %, établie à travers la mesure de standards (NBS-481A et NBS-482A) dans les mêmes conditions analytiques. Une limite de détection de 0.10 wt % pour l'argent et de 0.30 % pour le cuivre a été estimée. La méthode suivie est décrite intégralement dans Conventi, Neri, Verità 2012 et Neri, Verità 2013.

48 Les feuilles d'or ont été analysées par Maria Guerra et moi-même selon le protocole analytique suivant : les feuilles ont été analysées avec le µPIGE, en utilisant un faisceau de protons avec une intensité de 10nA et un diamètre de 50 µm et quatre détecteurs SDD de 50 mm^2. L'un des détecteurs a été couvert avec une feuille de cuivre de 75 µm pour chercher les éléments en traces selon les conditions définies par les alliages d'or. Un autre détecteur n'a pas été couvert, mais un magnet a été installé pour protection contre les particules rétrodiffusées. Le temps d'acquisition a été entre 5 et 30 minutes. Un set de standards a été utilisé pour définir le niveau de précision. Toutefois seulement l'or l'argent et le cuivre ont été détectés dans les feuilles d'or. Les conditions analytiques et les résultats sont présentés dans Neri *et al.* 2016.

Fig. 3 - Carte des sites d'où proviennent les échantillons analysés.

quantités de platine [49]. Ces données ne seront pas présentées dans cet article, parce qu'en cours de publication avec M. Radtke et ses collaborateurs ; seulement une indication qualitative et non quantitative sur la présence/absence du Pt (<100 ppm) est mentionnée ici, parce qu'elle permet d'offrir une interprétation préliminaire.

2.2. Les résultats

Les données sont ici présentées en synthèse, en renvoyant aux travaux précédents réalisés avec les collaborateurs scientifiques où une discussion analytique des résultats est présentée [50].

Le **tableau 4** associe les compositions des feuilles analysées pendant cette recherche et celles des monnaies qui circulaient à la même époque, publiées par C. Morrison et collaborateurs [51]. Il présente de façon synthétique les résultats des analyses, tout en proposant une interprétation sur la nature des tesselles : si elles ont été produites à partir de monnaies qui ont une teneur comparable à celle des monnaies contemporaines du bâtiment, les tesselles sont considérées comme produites *ex novo* ; si au contraire elles sont attribuables à une chronologie antérieure à la construction de l'édifice, elles sont considérées

49 Les analyses ont été effectuées par M. Radtke et M. Guerra. Le protocole analytique est présenté en détail dans Radtke *et al.*, 2016. Seulement le platine a été analysé dans une série de 24 échantillons.

50 Neri, Verità 2013 ; Neri *et al.* 2016.

51 Morrison, Brénot, Callu 1985 ; Morrisson 2002.

Site	Datation archeologique	Techniques d'analyse	Echant.	Type de verre	Alliage des feuilles				Alliage des monnaies			Datation de monnaies	Hypothèse sur la production de la feuille
					Au %	Ag %	Cu %	Pt	Au %	Ag %	Cu %		
Rome, Nymphé de Lucullus	37-54	SEM/EDS	GR-Au1	N2	100,0								
Rome, Villa dei Quintili	182-300	SEM/EDS	QUI-Au1	N1	95,0	4,5	0,5	n.m.	95,5	3,7	0,5	214-275/257/285	production ex novo
Aquileia	IVe	SEM/EDS	AQ.659p	N2	98,5	0,5	1,0	n.m.	98,2	1,5	0,3	214-275	production ex novo
	IVe	SEM/EDS	AQ.659g	N2	92,5	7,0	0,5	n.m.	92,5	6,3	1,2	214-275	production ex novo
Ostia, Porta Marina	383-388	SEM/EDS	PM.2	N2	99,5	0,5		n.m.	99,5	0,5	0,0	378-383	production ex novo
	383-388	SEM/EDS	PM.1A	N2	99,0	1,0		n.m.	99,0	0,9	0,4	378-383	production ex novo
Rome, Ste Pudentienne	390-417	SEM/EDS	PU.Oro	N1	95,0	5,0		n.m.	95,1	4,8	0,3	350-368	reutilisation
Milan, St Laurent	390-410	SEM/EDS	MISL.2P	N1	99,0	1,00		n.m.	99,1	0,9	0,1	347-395	production ex novo
	390-410	SEM/EDS	MISL.1	N1	98,2	0,9	0,1	n.m.	98,6	1.17	0.18	443-450	production ex novo
	390-410	SEM/EDS	MISL.2	N2	99,7	0,2	0,1	n.m.	99,7	0.28	0.03	393-423	production ex novo
	390-410	PIXE/PIGE+SYXRF	MISL.3	N3	98,6	1,3	0,2	oui	98,6	1.17	0.18	443-450	production ex novo
	390-410	PIXE/PIGE	MISL.4	N3	98,3	1,3	0,4	n.m.	98,3	1,36	0,32	430-436	production ex novo
	390-410	PIXE/PIGE+SYXRF	MISL.2O	N3	100,0			no					restauration au V-VIIe s ?
Rome, Ste Sabine	422-440	SEM/EDS	SA-E	N1	99,5	0,5		n.m.	99,4	0,7	0,1	347-491	production ex novo
	422-440	SEM/EDS	SA-G	N1	99,5	0,5		n.m.	99,4	0,7	0,1	347-491	production ex novo
	422-440	SEM/EDS	SA-F	N2	99,5	0,5		n.m.	99,4	0,7	0,1	347-491	production ex novo
	422-440	SEM/EDS	SA-D	N1	92,5	7,5		n.m.	92,5	6,3	1,2	214-275	reutilisation
Ravenne, Ste Apollinaire le neuf	454-456	SEM/EDS+SYXRF	AN.Au13	N1	100,0			no					production ex novo
	454-456	SEM/EDS+SYXRF	AN.Au11	N1	100,0			no					production ex novo
	557-569	SEM/EDS	AN.Au14	N2	96,2	3,8		n.m.	96,2			527-565	restauration de Justinian
	557-569	SEM/EDS	AN.Au15	N1	96,2	3,8		n.m.	96,2			527-565	restauration de Justinian
	557-569	PIXE/PIGE	RAN15	N2	96,8	2,7	0,6	n.m.	96,7	2,56	0,70	527-565	production ex novo
	557-569	PIXE/PIGE	RAN13	N2	96,7	2,8	0,5	n.m.	96,7	2,56	0,70	527-565	production ex novo
	557-569	PIXE/PIGE+SYXRF	RAN14	N	97,0	2,8	0,2	oui	97,2	2,00	0,85	482-565	production ex novo
Ravenne, St. Jean Evangeliste	424-450	PIXE/PIGE	RSGE3	N	98,0	1,6	0,3	n.m.	98,0	1,65	0,36	430-435	production ex novo
	424-451	PIXE/PIGE	RSGE2	N	98,2	1,4	0,3	n.m.	98,3	1,36	0,32	430-436	production ex novo
	424-452	PIXE/PIGE	RSGE4	N	98,7	0,9	0,3	n.m.	98,6	1.17	0.18	443-450	production ex novo
	424-453	PIXE/PIGE	RSGE1	N	99,7	0,2	0,1	n.m.	99,7	0.28	0.03	393-423	production ex novo
Milan, baptistrère de St. Jean	489-512	SEM/EDS+SYXRF	MIB.Au1	N1	100,0			no					production ex novo
	489-512	SEM/EDS	MIB.D2	N3	100,0			n.m.					production ex novo
	489-512	SEM/EDS	MIB.E2	N3	100,0			n.m.					production ex novo
	489-512	SEM/EDS	MIB.Aua	N3	100,0			n.m.					production ex novo
Arles, cathedrale	IV-VIe s.	PIXE/PIGE+SYXRF	A1	N1	99,4	0,3	0,3	oui	99,4	0,7	0,1	347-491	production ex novo
	IV-VIe s.	PIXE/PIGE+SYXRF	A2	N1	98,3	1,5	0,2	oui	98,3	1,36	0,32	430-436	production ex novo
	IV-VIe s.	PIXE/PIGE	A3	N3	99,6	0,3	0,1	n.m.	99,6	0,3	0,9	368-491	production ex novo
	IV-VIe s.	PIXE/PIGE	A4	N1	99,6	0,3	0,1	n.m.	99,6	0,3	0,9	368-491	production ex novo
Montmaurin, villa	IV-VIe s.	PIXE/PIGE	MT3	N	98,6	1,2	0,2	no	98,6	1.17	0.18	443-450	production ex novo
	IV-VIe s.	PIXE/PIGE+SYXRF	MT4	N	98,7	1,1	0,1	oui	98,6	1.17	0.18	443-450	production ex novo
	IV-VIe s.	PIXE/PIGE+SYXRF	MT5	N	99,1	0,9		oui	99,1	0,9	0,1	347-395	production ex novo
Ravenne, St. Vital	527-548	SEM/EDS	SV.V5	N1	93,5	6,5		n.m.	93,0	6,1	0,9	913-1055	restauration/reutilisation
	527-548	SEM/EDS	SV.G4	C2	91,2	8,8		n.m.	91,0	8,0	1,0	913-1055	restauration/reutilisation
	527-548	SEM/EDS	SV.G8	N2	92,2	7,8		n.m.	92,9	6,3	0,9	913-1055	restauration/reutilisation
	527-548	SEM/EDS	SV.G7	N2	99,0	1,0		n.m.	99,1	0,8	0,1	518-527	production ex novo
	527-548	PIXE/PIGE	RSVC2(sc)	N	99,3	0,5	0,1	n.m.	99,4	0.58	0.05	430-435	reutilisation
	527-548	PIXE/PIGE	RSVC3(sc)	N	99,4	0,5	0,1	n.m.	99.4	0,70	0,10	347-491	reutilisation
	527-548	PIXE/PIGE	RSVC1(sc)	N	98,8	1,1	0,1	n.m.	98,8	1,07	0,16	491-518	production ex novo
Ravenne, St. Apollinaire in Classe	549	SEM/EDS	RSAC31(sc)	N	99,4	0,4	0,2	n.m.	99.4	0,70	0,10	347-491	reutilisation
Ravenna, St. Michel in Africisco	527-548	PIXE/PIGE	SAFR1	N	99,4	0,4	0,2	n.m.	99.4	0,70	0,10	347-491	reutilisation
	527-548	PIXE/PIGE	SAFR2	N1	95,9	3,7	0,5	n.m.	96	4,00			production ex novo
Rome, St Laurent	579-590	SEM/EDS	LO.15	N1	98,5	1,5		n.m.	98,6	1,8	0,3	491-582	production ex novo
Rome, Ste Come et Damien (arch)	VIIe	SEM/EDS	CeD.A10	N1	100,0			n.m.					production ex novo
Rome, St Etienne le Rond	640-649	SEM/EDS	SR.1	N1	96,0	4,0		n.m.	96,1	3,0	0,3	610-685	production ex novo
	640-649	SEM/EDS	SR.3	N3	95,0	5,0		n.m.	94,6			610-685	production ex novo

Site	Datation archeologique	Techniques d'analyse	Echant.	Type de verre	Alliage des feuilles				Alliage des monnaies			Datation de monnaies	Hypotese sur la production de la feuille
					Au %	Ag %	Cu %	Pt	Au %	Ag %	Cu %		
	640-649	SEM/EDS	SR.2	N3	98,5	1,5		n.m.	98,5	1,3	0,2	610-685	production ex novo
Rome, Ste Cecile	817-824	SEM/EDS	CEC.O1	N1	99,5	0,50		n.m.	99,5	0,5	0,0	378-383	reutilisation
	817-824	SEM/EDS	CEC.H	N2	99,0	1,0		n.m.	99,1	0,9	0,1	347-395	reutilisation
	817-824	SEM/EDS	CEC.O2	N2	97,5	2,5		n.m.	97,7	2,2	0,1	717-912	production ex novo
Jerusalem, Mont des Oliviers	IVe-VIe s.	PIXE/PIGE	A_JH1(c)	N1	96,0	3,4	0,6	n.m.	96,2	3.42	0.42	330-347/527-565	production ex novo
	IVe-VIe s.	PIXE/PIGE+SYXRF	A_JH4	N1	96,3	3,6	0,1	oui	96,2	3.42	0.42	330-347/527-565	production ex novo
	IVe-VIe s.	PIXE/PIGE+SYXRF	A_JH10(sc)	N1	97,9	2,0	0,1	oui	97,7	2.19	0.11	330-347/527-565	production ex novo
	IVe-VIe s.	PIXE/PIGE+SYXRF	A_JH11(g)	N1	97,7	1,6	0,7	oui	97,6	1,78	0,44	330-368	production ex novo
	IVe-VIe s.	PIXE/PIGE	A_JH2(sc)	N1	94,3	5,4	0,3	n.m.	94,5	5.28	0,20	330-368	production ex novo
	IVe-VIe s.	PIXE/PIGE	A_JH3	N1	91,4	8,4	0,2	n.m.	91,0	8,0	1,0	913-1055	production ex novo
Hierapolis, St. Philippe	IXe s.	PIXE/PIGE+SYXRF	HA8(g)	N1	99,2	0,6	0,1	oui	99.2	0,70	0,10	347-491	reutilisation
	IXe s.	PIXE/PIGE+SYXRF	HA11(sc)	N1	98,9	0,9	0,2	oui	98,8	1,07	0,16	491-518	reutilisation
	IXe s.	PIXE/PIGE+SYXRF	HA5(sc)	N1	98,2	0,7	0,1	oui	98,2	1,53	0,30	527-565	reutilisation
	IXe s.	PIXE/PIGE	HA4(g)	N1	98,4	1,0	0,6	n.m.	98,5	0,75	0,28	527-568	reutilisation
	IXe s.	PIXE/PIGE+SYXRF	HA10(sc)	C	98,6	1,3	0,1	oui	98,6	1,20	0,24	527-565/800-829	production ex novo
	IXe s.	PIXE/PIGE	HA3(g)	C	96,3	3,6	0,1	n.m.	96,1	3.42	0.42	527-565/800-829	production ex novo
Mt. Nebo, triconque	Ve-VIIIe s.	PIXE/PIGE	NE.1(sc)	N	92,0	8,0		n.m.	92,2	0,73	0,04	602-641	production ex novo
	Ve-VIIIe s.	PIXE/PIGE	NE.3(sc)	N	92,0	7,5	0,5	n.m.	92,2	0,73	0,04	602-641	production ex novo
	Ve-VIIIe s.	PIXE/PIGE	NE.5(sc)	N	94,0	6,0		n.m.	94,5	5.28	0,20	602-641	production ex novo
Gortina, baptistère	610-641	PIXE/PIGE	GO7(s)	N	98,1	1,5	0,4	n.m.	98,0	1,65	0,36	430-435	reutilisation
	610-641	PIXE/PIGE	GOAu2(c)	N2	96,0	4,0		n.m.	96,2	3.42	0.42	527-565	reutilisation
	610-641	PIXE/PIGE	GO6(s)	N	96,5	2,9	0,5	n.m.	96,2	3.42	0.42	527-565	reutilisation
	610-641	PIXE/PIGE	GOAu4(c)	N2	93,0	7,0		n.m.	92,2	0,73	0,04	491-518/602-641	reutilisation
	610-641	PIXE/PIGE	GOAu1(sc)	N2	93,0	7,0		n.m.	92,2	0,73	0,04	491-518/602-641	reutilisation
	610-641	PIXE/PIGE	GOAu5(c)	N2	94,0	6,0		n.m.	94,5	5.28	0,20	602-641	production ex novo
	610-641	PIXE/PIGE	GOAu3(c)	N2	90,5	9,5		n.m.					production ex novo
Qsayr Amra, bains	711-715	PIXE/PIGE	QCAU1(s)	N1	96,2	3,1	0,7	n.m.	96,2	3.42	0.42	669-675	production ex novo
	711-715	PIXE/PIGE	QCAU2(s)	N1	95,6	3,6	0,9	n.m.	95,5	3,66	0,83	669-675	production ex novo
	711-715	PIXE/PIGE	QWAU2(s)	N1	96,3	3,7		n.m.	96.2	3.48		610-685	production ex novo
	711-715	PIXE/PIGE	QWAU2(sc)	N1	97,8	1,9	0,2	n.m.	97,2	2,00	0,85	675-741	production ex novo
Damascus, mosqué Ommeyade	706	PIXE/PIGE+SYXRF	DA17(g)	N1	99,6	0,0	0,4	oui	99,7	0.28	0.03	393-423	reutilisation
	706	PIXE/PIGE+SYXRF	DA5(sc)	N1	98,4	1,4	0,2	oui	98,5	0,75	0,28	527-568	reutilisation
	706	PIXE/PIGE	DA18(g)	N1	97,2	1,8	1,0	n.m.	97,2	2,00	0,85	364-375	reutilisation
	706	PIXE/PIGE	DA2(sc)	N1	94,0	5,3	0,7	n.m.	94, 5	5.28	0,20	602-641	production ex novo
	706	PIXE/PIGE	DA11(sc)	N1	95,0	4,3	0,6	n.m.	95,1	4,43	0,33	669-675	production ex novo
	706	PIXE/PIGE	DA12(sc)	N1	92,3	7,3	0,3	n.m.	92,2	0,73	0,04	491-518/602-641	production ex novo
	706	PIXE/PIGE+SYXRF	DA19(g)		95,4	1,2	3,4	no					
Bethlehem, Eglise de la Narivité	VI-XIIe s.	PIXE/PIGE	BE(sc)	N	97,2	2,0	0,85	n.m.	97,3	2,20	0,54	685-695	production ex novo
	XIIe s.	PIXE/PIGE	BNC-Au(sc)	C	96,5	3,5		n.m.	96,2	3.42	0.42	527-565	reutilisation
	XIIe s.	PIXE/PIGE	BNC-Au(sc)	N	92,0	8,0		n.m.	92,2	0,73	0,04	491-518/602-641	reutilisation
	XIIe s.	PIXE/PIGE	BNC-Au(sc)	C	90,0	10,0		n.m.	90,0	9,9	0,1		production ex novo
Aix la chapelle	786	PIXE/PIGE+SYXRF	ACH2	N	96,4	3,3	0,3	oui	96,2	3.42	0.42	669-675	reutilisation
	786	PIXE/PIGE	ACH3	N	99,5	0,4	0,1	n.m.	99,5	0,5	0,0	378-383	reutilisation
	786	PIXE/PIGE	ACH4	N	99,8	0,0	0,2	no					production ex novo
	786	PIXE/PIGE+SYXRF	ACH5	N	100,0	0,0	0,0	n.m.					production ex novo
	786	PIXE/PIGE	ACH10	N	99,98	0,00	0,22	n.m.					production ex novo
Rodez, St. Pierra la Doré	VIe-VIIe	PIXE/PIGE+SYXRF	RZ10	N	98,1	1,5	0,4	oui	98,2	1,53	0,30	527-565	production ex novo
	VIe-VIIe	PIXE/PIGE+SYXRF	RZ12	N1	98,5	1,1	0,3	oui	98,5	0,75	0,28	527-568	production ex novo
	VIe-VIIe	PIXE/PIGE	RZ2	N2	98,5	1,0	0,5	n.m.	98,5	0,75	0,28	527-568	production ex novo
	VIe-VIIe	PIXE/PIGE	RZ2,1	N3	98,2	1,5	0,3	n.m.	98,2	1,53	0,30	527-565	production ex novo
	VIe-VIIe	PIXE/PIGE	RZ7	N3	96,4	3,3	0,3	n.m.	96,2	3.42	0.42	527-565	production ex novo

Tab. 4 - Tableau comparatif des compositions des feuilles d'or des tesselles et des composition des monnaies, associées à la composition de verres des tesselles (N : verre au natron ; C : verre à cendres sodiques). En gris les feuilles où les compositions de tesselles et monnaies ne correspondent pas. L'alliage est en wt % et la présence du Pt est présentée seulement de façon qualitative (oui=<100 ppm ; no=>100 ppm). n.m.=non mesuré).

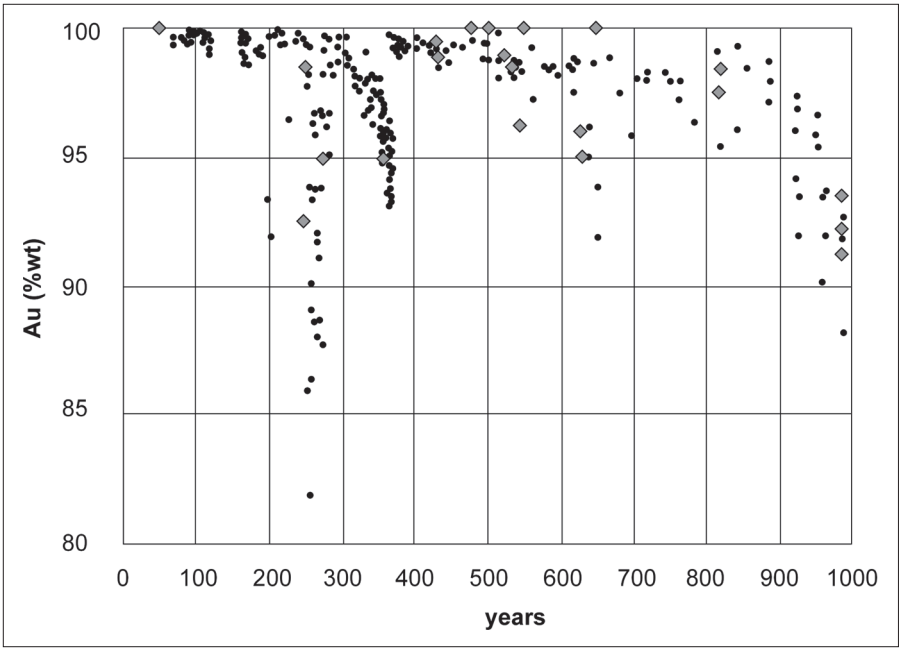

Fig. 4 - Pourcentage d'or des monnaies entre Ier-Xe siècles (*d'après Morrison et al., 1985*) (cercle noir) comparé au pourcentage d'or des feuilles des tesselles italiennes (losanges gris) (*d'après Neri, Verità, 2013*).

comme en remploi ; si la chronologie est postérieure, il s'agit de restaurations. Le tableau présente également la nature du verre, en indiquant l'utilisation d'un fondant au *natron*, utilisé jusqu'au VIIIe siècle, ou à cendres sodiques, employées surtout après le VIIIe siècle [52]. L'alliage de l'or permet ainsi d'apporter une précision chronologique.

Pour les tesselles italiennes, les analyses effectuées et leur comparaison avec celles des monnaies ont démontré une forte corrélation :

1. L'alliage des feuilles des tesselles et celui des monnaies correspondent. Le rapport cuivre-argent des feuilles est équivalent à celui des monnaies et il se diversifie par rapport à celui d'autres ors en circulation (bijoux et vaisselles).

2. Les teneurs en or des feuilles ne sont pas seulement comparables à celles des monnaies, mais varient dans les mêmes intervalles chronologiques, bien qu'il soit nécessaire de prendre en compte les temps de circulation de la monnaie, qui sont variables selon l'époque : environ 30 ans aux IVe-Ve siècles [53] et jusqu'à un siècle au VIe siècle [54]. Dans la **fig. 4** on peut en effet observer les teneurs en or des monnaies analysées par C. Morrison et collaborateurs, représentées avec des cercles noirs, et leur variation à travers le temps entre les Ier et Xe siècle de notre ère. Les tesselles italiennes analysées, représentées avec des losanges gris, suivent le même cours des monnaies.

Un autre exemple illustre de manière encore plus concrète combien la corrélation entre or monétaire et or des feuilles est forte. Il s'agit de l'édifice situé en dehors de Porta Marina à Ostie où une décoration en *opus sectile* et mosaïque a été bien datée entre 383 et 388 grâce à une monnaie de *Magnus Maximus*, trouvée dans le mortier de préparation du *sectile* [55]. Le pourcentage en or et en argent des tesselles analysées (PM2 : Au 99.5 wt %, Ag 0.5 wt % et PM1.A : Au : 99.0 wt %, Ag 0.1 wt %) est identique à celui des monnaies émises après la réforme des Valentiniens, en particulier celles du règne de Gratien (378-383).

La forte corrélation entre or monétaire et tesselles est donc avérée pour la majorité des échantillons jusqu'au VIe siècle. Une seule série de huit tesselles datées des Ve-VIIe siècles, produites avec un or pur, sans trace de cuivre, argent et platine, semblent ne pas avoir de corrélation avec les monnaies. Il s'agit d'un échantillon provenant de l'église de Saint-Laurent à Milan (MISL.20), édifiée au cours du Ve siècle avec des reprises jusqu'à l'époque lombarde ; de tous les échantillons du baptistère de Milan (MIB.Au1, MIB.D2, MIB. E2, MIB.Aua), décoré pendant la domination de la ville par les

52 Henderson 2013.

53 Callu 2010.

54 Morrisson 2002.

55 Arena, Carruba 2005.

Goths [56] ; d'une tesselle de l'église romaine des Sts. Côme et Damien (CeDA10), dont la mosaïque de l'arche a été réalisée entre 687 et 701 ; et enfin des deux échantillons provenant de la phase théodoricienne des mosaïques de Saint Apollinaire-le-Neuf à Ravenne (AN.Au13, AN.Au11). Il est intéressant de remarquer que ces dernières tesselles sont bien différenciées par rapport à celles des mosaïques de l'époque de Justinien du même édifice (AN.Au14, AN.Au15, RAN13, RAN14, RAN15). En effet, ces dernières du milieu du VIe siècle (moyenne : Au 96.6 wt %, Ag 3.2 wt %, 0.4 wt %) ont les mêmes teneurs que les monnaies de la même époque (Au 96.7 wt %, Ag 2.5 wt %, Cu 0.7 wt %) et des traces de platine. Au contraire l'or de celles du milieu du Ve siècle semble marquer une route d'approvisionnement différenciée par rapport à l'or monétaire impérial, bien qu'un atelier monétaire avec des émissions au nom de l'empereur soit actif à Milan et à Ravenne. Cela n'est pas complètement étonnant si l'on considère que Cassiodore, conseiller de Théodoric au palais de Ravenne, rappelle la nécessité de nouvelles sources d'approvisionnement d'or et la volonté de rechercher l'or dans les tombes et en exploitant des nouvelles mines [57].

La production des tesselles à partir de l'or monétaire semble toutefois continuer jusqu'au IXe siècle en parallèle d'une croissance du remploi. L'exemple de Sainte-Cécile à Rome peut illustrer la dynamique du remploi. L'inscription dédicatoire indique que la mosaïque a été réalisée par le pape Pascal en 824 [58]. La feuille d'une tesselle analysée (CE.O2) pourrait avoir les mêmes pourcentages d'or que les monnaies de la fin du VIIIe siècle (Au 97 wt %), produites dans l'atelier monétaire de Constantinople, ou dans des ateliers italiens [59]. Les deux autres échantillons analysés (CEC.O1, CEC.H) présentent un pourcentage en or comparable aux monnaies de l'époque de Valentinien et Zénon (Au entre 99.0 wt % et 99.5 wt %).

Dans l'église de Saint-Vital à Ravenne une tesselle (SV G4) réalisée en verre à fondant sodique à base de cendres (technique attestée surtout après le VIIIe siècle) et une feuille avec un pourcentage d'or comparable à celui des monnaies du Xe siècle (Au 91 wt %) pourrait réduire la chronologie post-VIIIe siècle proposée à partir de la technique de fabrication du verre et révéler une restauration au Xe siècle. Cela témoigne donc de la reprise des mosaïques paléochrétiennes pendant le haut Moyen Âge, comme cela a été démontré grâce aux mêmes marqueurs sur d'autres sites de l'Italie du Nord, notamment Saint-Prosdocimus à Padoue et Saint Ambroise à Milan [60]. Pour restaurer les mosaïques, il était nécessaire de produire, ou plus probablement d'importer, des nouveaux matériaux qui voyageaient avec les artisans qui les mettaient en œuvre, probablement byzantins.

Dans les tesselles des sites orientaux, comme montré dans la **fig. 5**, le rapport cuivre-argent des feuilles et monnaies est en effet équivalent, alors qu'il se diversifie par rapport à celui d'autres ors en circulation (bijoux et vaisselles).

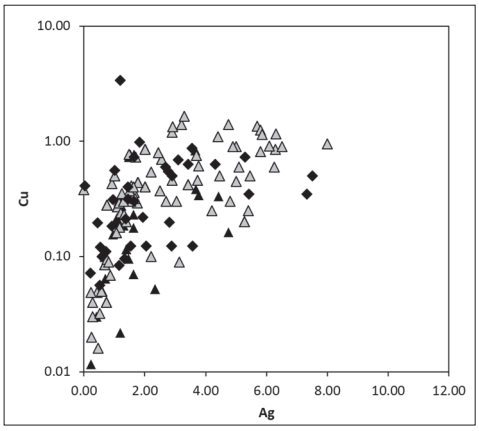

Fig. 5 - Rapport Ag/Cu dans les tesselles (losanges noirs), les monnaies byzantines (triangles gris) (*d'après Morrison et al., 1985*) et islamiques (triangles noirs) (*d'après Gondonneau, Guerra, 2002*).

Celles des sites datés entre les IVe et VIIe siècles (le Mont des Oliviers à Jérusalem, le Mémorial de Moise au Mont Nébo et le baptistère de Gortyna) présentent des feuilles avec un alliage correspondant à celui des monnaies en circulation dans la même période (15 sur 16 échantillons).

À partir du VIIe siècle, à l'intérieur de l'Empire, avec la fermeture des largesses sacrées en 610, la circulation de l'or est moins bien contrôlée et la relation est donc plus difficile à établir. À côté de la nouvelle production, à partir des monnaies, on remarque un remploi des tesselles anciennes ou des monnaies anciennes encore en circulation. Par exemple, dans la mosaïque du IXe siècle de la basilique de Saint Philippe à Hiérapolis, quatre tesselles (HA8, HA11, HA5, HA4) sont produites avec un verre à fondant natron et teneurs de fer, manganèse et titane typiques de l'Antiquité tardive, et des feuilles avec un alliage comparable aux monnaies du début du VIe siècle (moyenne Au 98.7 wt %). Elles sont probablement des tesselles d'une phase précédente de la mosaïque remployées dans celle méso-byzantine [61]. Seulement deux tesselles (HA10, HA3) sont réalisées *ex novo*, fabriquées avec un verre médiéval (cendres sodiques) et des feuilles avec un alliage comparable aux monnaies des VIIIe-IXe siècles (Au entre 96.3 et 98.6 wt %). On observe donc le même phénomène analysé à Rome dans

56 Neri 2016.

57 *Variae*, 4.34 and 9.3.

58 Andaloro, D'angelo 2017, 213-261.

59 Le seul pour lequel on dispose d'analyses est malheureusement celui de Syracuse (Oddy 1988).

60 Silvestri, Tonietto, Molin 2011 ; Neri 2016.

61 Neri, Caggia 2016.

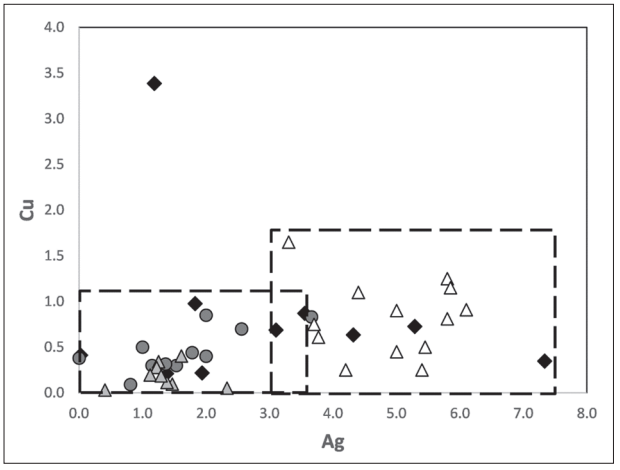

Fig. 6 - Rapport Ag/Cu dans les tesselles de la Grande Mosquée des Omeyyades de Damas et des bains de Qusayr Amra (losanges noirs), les monnaies tardo-romaines (cercles), les monnaies arabo-byzantines (triangles gris) et les monnaies byzantines (triangles blancs).

les nouveaux chantiers pontificaux, comme Sainte Cécile, au cours des VIII-IXe siècles.

À l'extérieur ou à la frontière de l'Empire, la situation est similaire (remploi et nouvelle production), mais on remarque aussi l'utilisation d'or probablement non byzantin. En particulier pour les sites omeyyades de la Grande mosquée de Damas, dont la décoration est réalisée en 706, et des bains de al-Walid I à Qsayr Amra, datés entre 711 et 715. Différentes sources arabes, dont les plus anciennes remontent au Xe siècle, prétendent que les tesselles des mosquées de Médine, la Mecque et Jérusalem ont été offertes par l'empereur de Byzance et en partie recherchées dans les bâtiments en ruine. En suivant ce cliché littéraire, Kitab al Dahari (+1295) soutient cela aussi pour Damas : « Lorsque le calife al-Walid décida de construire la mosquée de Damas, le roi de *Rum* lui fit cadeau de cent *mithqal* d'or, de 40 charges de mosaïque et de mille ouvriers qui furent employés chez lui » [62].

En observant le rapport argent-cuivre, représenté dans les graphiques **fig. 6**, des tesselles (losanges noirs) de ces deux sites et des monnaies, les ors employés sont de trois types :

1. Le premier est similaire à celui des monnaies tardo-romaines jusqu'au règne de Justin I (368-527) (cercles) et des monnaies arabo-byzantines proto-islamiques qui imitent les monnaies byzantines au VIIIe siècle (triangles gris).

2. Le deuxième correspond à celui des monnaies byzantines entre les VIIe et VIIIe siècles (610-811) (triangles blancs).

3. Le troisième n'a pas de correspondance avec les alliages monétaires (point en haut à gauche).

Les tesselles sont remployées et produites *ex novo* à partir de l'or monétaire ou des monnaies arabes et byzantines contemporaines et dans une moindre mesure, produites avec une autre source dont on ne connait pas l'origine.

Le remploi des matériaux anciens et la diversification des sources de l'or sont avérés aussi pour l'église de la Nativité à Bethléem, qui d'après Nicetas Choniates a été commissionnée par l'empereur Manuel I, qui envoie aussi un mosaïste et des tesselles en 1165-1169 [63]. Comme l'on peut observer dans le graphique de corrélation or-argent (**fig. 7**), où les tesselles analysées sont représentées avec des losanges noirs et les monnaies du XIIe siècle avec des triangles blancs, une seule tesselle (BNC.Au) a une teneur en or similaire à celles des monnaies byzantines du XIIe siècle (Au 85-90 wt %). Les autres correspondent aux monnaies byzantines des Xe-XIe siècles (émises sous Constantin VII et Romain III, 913-1034), représentées avec des cercles blancs, ou islamiques qui proviennent de Syrie et de Palestine (917-1109) (indiqués avec des triangles gris) (**fig. 7**). La correspondance entre la composition des monnaies byzantines et des monnaies islamiques ne permet pas de trancher sur l'approvisionnement de l'or et ouvre sur plusieurs interprétations : les feuilles des tesselles pourraient être réalisées à partir de la réutilisation des monnaies byzantines ou proto-islamiques plus anciennes ou des monnaies islamiques contemporaines à la construction.

En Occident, en dehors de l'Italie, la seule mosaïque postérieure au VIIe siècle examinée est celle d'Aix-la-Chapelle, que les sources veulent réalisée avec les tesselles pillées à Ravenne [64]. Deux tesselles (ACH2 et ACH3) sont ici fabriquées avec un or similaire aux monnaies du VIe siècle et les autres (ACH4, ACH5, ACH10) avec un or qui n'a aucune ressemblance avec celui des monnaies : en effet, il ne présente pas d'argent dans l'alliage, mais uniquement du cuivre, et se caractérise par l'absence de platine (mesuré seulement dans l'échantillon ACH10).

62 Supra, note 3.

63 *Historia* 48-52.

64 PL 98 c. 371, *Epistola* 82.

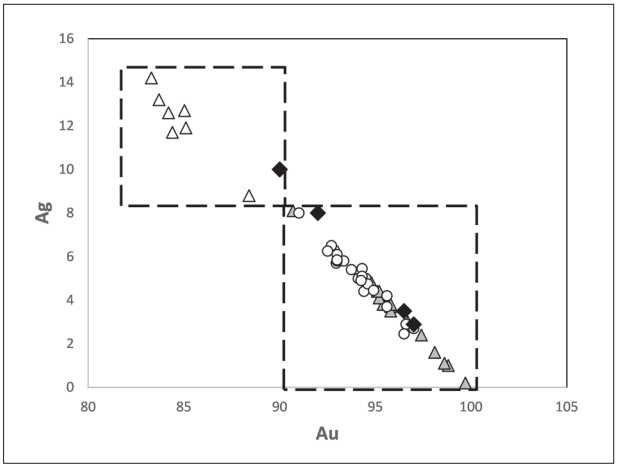

Fig. 7 - Rapport Au/Ag des feuilles des tesselles (losanges noirs) de l'église de la Nativité de Bethleem comparé avec les monnaies byzantines du IXe-Xe siècles (cercles blancs), les monnaies byzantines du XIIe siècle (triangles blancs) et les monnaies islamiques du XIIe siècle (triangles gris).

Malheureusement l'absence d'analyse des traces ne permet pas de trancher sur la provenance des ors. En effet, l'analyse quantitative du platine a été effectuée sur un nombre restreint d'échantillons (24 sur 104) et les données sont encore en cours d'élaboration. Les résultats sur les tesselles démontrent toutefois que la plupart des échantillons ont les mêmes teneurs en platine que les monnaies (entre 100-400 ppm), mais huit échantillons, pour lesquels par ailleurs l'alliage d'or ne correspond pas à celui des monnaies, n'ont pas de trace de platine. L'absence du platine pourrait rapprocher cet or de l'or wisigothique ou islamique. Au contraire, deux autres échantillons (RZ10, RZ12) ont une teneur bien plus importante (600-1600 ppm) que celle attestée dans les monnaies, ce qui indique une autre source d'approvisionnement, probablement plus à l'Orient des terres byzantines [65].

Conclusions préliminaires

À partir du corpus d'analyses présenté, des conclusions définitives ne peuvent pas être établies : seul l'élargissement de la base statistique des données permettrait de proposer une reconstruction plus vraisemblable des sources de l'or du décor et de la circulation des tesselles à feuille d'or pour la chronologie étudiée. Toutefois, le rapport entre or monétaire et feuilles des tesselles est bien observé et confirme qu'à l'intérieur de l'Empire jusqu'au VIIe siècle la source de l'or du décor est principalement l'or monétaire, issu de la fiscalité byzantine : sur 85 échantillons datés entre IVe et VIIe siècles, seulement 9 ne présentent pas une correspondance avec l'alliage des monnaies d'or en circulation à la même époque. Après le VIIe siècle, à l'intérieur de l'empire les feuilles de tesselles semblent continuer à être produites à partir des monnaies, à côté de la récupération croissante des matériaux des chantiers précédents. En effet si 26 échantillons sur 104 peuvent être attribués à des réutilisations des tesselles anciennes, 18 sont postérieurs au VIIe siècle.

L'utilisation des monnaies pour produire les feuilles destinées aux tesselles reflète une organisation centralisée et contrôlée de la production, d'autant plus que l'Empire byzantin et le Califat arabe restent à partir du VIIIe siècle les seuls producteurs de monnaies d'or dans la Méditerranée. Toutefois, à côté des monnaies, d'autres ors purs sans platine, ou avec alliages riches en cuivre et platine, signalent d'autres routes d'approvisionnement alternatives à la fiscalité impériale. En Orient, elles sont apparues dans la Grande mosquée des Omeyyades de Damas. En Occident, ces ors non monétaires semblent utilisés dans plusieurs sites datés des Ve et VIIe siècles, parmi lesquels les mosaïques de Théodoric à Ravenne ou celles du baptistère de Milan, décoré par l'évêque Laurent toujours durant le règne de Théodoric. D'autres sites se trouvent dans des royaumes dont les ateliers monétaires qui frappaient l'or avaient été fermés, comme l'église de Saint-Pierre-la-Dorée à Rodez dans le royaume franc du VIIe siècle et le dôme d'Aix-la-Chapelle du VIIIe siècle. Ici, à côté de l'or comparable aux monnaies byzantines, d'autres ressources s'associent, preuve d'une diversification des routes d'approvisionnement et d'un commerce moins contrôlé à l'extérieur et à la frontière de l'Empire. De plus, le remploi des tesselles dorées pillées dans les édifices anciens semble assumer un rôle plus important à partir du VIIIe siècle. En Italie, à Sainte-Cécile, deux échantillons sur trois sont des tesselles de récupération. En Orient à l'intérieur de l'Empire byzantin, comme à Hiérapolis, deux échantillons sur six sont réutilisés. Dans le Califat omeyyade et dans le chantier latin de la basilique de la Nativité à Bethléem cinq échantillons sur neuf sont probablement remployés.

La réutilisation des tesselles anciennes n'est toutefois pas suffisante pour alimenter les restaurations des cycles paléochrétiens ou la réalisation des nouvelles mosaïques : en Italie septentrionale à Saint-Vital, à Saint-Prosdocimus et

65 Gondonneau, Guerra 2002.

à Saint-Ambroise les analyses ont attesté une restauration des mosaïques avec des tesselles importées de Byzance [66], qui anticipe les grands chantiers de la lagune vénitienne au cours des XIe-XIIe siècles, dont les matériaux proviennent en grande partie de Byzance [67].

Ce scénario de mosaïstes byzantins qui circulent avec leurs matériaux dans la Méditerranée et qui travaillent en coopération avec les forces locales, en récupérant aussi les tesselles des chantiers précédents, étaye les propos du *Chronicon* du Mont-Cassin et semble confirmer la provenance de l'or du décor de la fiscalité byzantine.

Références bibliographiques

Andreescu Treadgold 1977 : I. Andreescu Treadgold, La mosaïque murale : histoire de restaurations, évolutions de ses techniques, *in* : *Mosaïque n°1 : détérioration et conservation : actes du 1er Symposium international sur la conservation des mosaïques, Rome, 2-5 novembre 1977*, Rome, ICCROM, 97 p., 19-35.

Andaloro, D'Angelo 2017 : M Andaloro, C. D'Angelo, *Mosaici medievali a Roma attraverso il restauro dell'ICR, 1991-2004*, Rome, Gangemi editore international, 2017, 542 p.

Arena, Carruba 2005 : M.-S. Arena, A.-M Carruba, *L'opus sectile di Porta Marina*, Rome, Ostia Antica : Soprintendenza per i Beni Archeologici di Ostia, 2005, 59 p.

Baratte 1975 : F. Baratte, Quelques remarques à propos de lingots d'or et d'argent du Bas-Empire, *in* : V. Kondić (éd.), *Frappe et ateliers monétaires dans l'antiquité et moyen âge : Actes du Colloque de Numismatique, Musée de National de Belgrade, janvier 1975*, Belgrade, Narodni Musej, 1975, 132 p., 63-71.

Baratte 1978 : F. Baratte, Lingots d'or et d'argent en rapport à l'atelier de Sirmium, *in* : N. Duval, V. Popovic, *Sirmium VIII, Études de numismatique danubienne : trésors, lingots, imitations, monnaies de fouilles : IVe au XIIe siècle*, Rome-Belgrade, École française de Rome-Institut archéologique de Belgrade (Recherches archéologiques franco-yougoslaves à Sirmium, 8), 1978, 205 p., 101-109.

Bartoli *et al.* 2013 : M. Bartoli, F. Felici, P. Santopadre, M. Verità, Il mosaico parietale del ninfeo sotto il Palazzo Nuovo della Bibliotheca Hertziana a Roma, *Bollettino ICR*, Nuova serie, 26, 2013, 5-29.

Bavant 2004 : B. Bavant, L'Illyricum, *in* : C. Morrisson (éd.), *Le monde byzantin, I. L'Empire romain d'Orient (330-641)*, Paris, Presses universitaires de France (Nouvelle Clio), 486 p., 307-351.

Boschetti 2011 : C. Boschetti, Vitreous materials in early mosaics in Italy: faience, Egyptian blue and glass, *Journal of Glass Studies*, 53, 2011, 59-91.

Brenk 1972 : B. Brenk, Les premières mosaïques dorées de l'art chrétien, *Palette*, 38, 1972, 16-31.

Bryer 1892 : A.A.M. Bryer, The question of Byzantine mines in the Pontos, *Anatolian Studies*, 32, 1892, 133-150.

Burgarella 2012 : F. Burgarella, Il vetro a Bisanzio, *in* : A. Coscarella (éd.), *Il vetro in Italia : testimonianze, produzioni, commerci in età basso medievale. Il vetro in Calabria : vecchie scoperte, nuove acquisizioni : atti delle XV Giornate Nazionali di Studio, Università della Calabria, 9-11 giugno 2011*, Cosenza, Università della Calabria, 2012, 736 p., 335-340.

Callu 2010 : J.-P. Callu, La structure du dépôt d'or au IVe s. (312-392), *in* : J.-P. Callu, *La monnaie dans l'antiquité tardive. Trente-quatre études de 1972 à 2002*, Bari, Edipuglia (Munera, 29), 2010, 508 p., 253-270.

Carlà 2009 : F. Carlà, *L'oro nella Tarda antichità : aspetti economici e sociali*, Torino, Zamorani (Collana del Dipartimento di storia dell'Università di Torino), 2009, 558 p.

Conventi 2012 : A. Conventi, E. Neri, M. Verità, SEM-EDX analysis of ancient gold leaf glass mosaic tesserae, *in*: F. Brisset, O. Dugne, F. Robaut, J. L. Lábár, C. T. Walker, *EMAS 2011: 12th European Workshop on Modern Developments in Microbeam Analysis (Angers, 15-19 may 2011)*, Institute of Physics Publishing (IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 32), 2012.

DeLaine 1997 : J. DeLaine, *The Baths of Caracalla*, Portsmouth, Journal of Roman Archaeology (Journal of Roman Archaeology. Supplementary Series, 25), 1997, 271 p.

Delmaire 1989 : R. Delmaire, *Largesses sacrées et* res privata. *L'aerarium impérial et son administration du IVe au VIe siècle*, Rome, Ecole française de Rome (Collection de l'Ecole française de Rome, 21), 1989, 759 p.

Díaz y Díaz 1970 : M.C. Díaz y Díaz, Metales y minería en la época visigótica a través de Isidoro de Sevilla, *in* : *La minería hispana y iberoamericana : contribución a su investigación histórica : estudios, fuentes, bibliografía*, León, Catedra de San Isidoro, 1970, 739 p., 261-274.

Edmondson 1989 : J. C. Edmondson, Mining in the Later Roman Empire and Beyond: Continuity or Disruption? *Journal of Roman Studies*, 79, 1989, 84–103.

Foy 2007 : D. Foy, Produits semi-finis colorés pour mosaïstes, orfèvres et verriers. Antiquité tardive et Moyen Âge. Premiers résultats d'une enquête en cours, *Bulletin de l'Association Française pour l'Archéologie du Verre*, 2007, 43-52.

Foy 2008 : D. Foy, Les revêtements muraux en verre à la fin de l'Antiquité : quelques témoignages en Gaule méridionale, *Journal of Glass Studies*, 50, 2008, 51-65.

Gautier-Van Berchem 1969 : M. Gautier-Van Berchem, The mosaics of the Dome of the Rock in Jerusalem and of the Great Mosque in Damascus, *in*: K.A. Creswell, *Early Muslim architecture, Umayyads A.D. 622-750*, Oxford, Clarendon Press, 1969, 684 p., 211-372.

Gibb 1958 : A.R.H. Gibb, Arab-Byzantine relations under the Umayyad caliphate, *Dumbarton Oaks Papers*, 12, 1958, 219-233.

Giostra 2012 : C. Giostra, La lavorazione delle lamine auree, *in* : M. Sannazaro, C. Giostra (éds.), *Petala aurea : lamine di ambito bizantino e longobardo dalla Collezione Rovati*, Milano, Johan & Levi, 2010, 239 p., 151-158.

Gondonneau, Guerra 2002 : A. Gondonneau, M.-F. Guerra, The circulation of precious metals in the Arab Empire: the case of the near and the Middle East, *Archaeometry*, 44, 2002, 573-599.

66 Silvestri *et al.* 2011 ; Neri 2016.

67 Verità, Zecchin 2012.

Guerra, Calligaro, Perea 2007 : M.-F. Guerra, T. Calligaro, A. Perea, The treasure of Guarrazar: tracing the gold supplies in the Visigothic Iberian peninsula, *Archaeometry*, 49, 2007, 53–74.

Guest 2005 : P.S.W. Guest, *The late Roman gold and silver coins from the Hoxne treasure*, Londres, British Museum Press, 2005, 184 p.

Guidobaldi, Pedone 2014 : F. Guidobaldi, S. Pedone, Il viraggio delle scelte decorative nei rivestimenti pavimentali e parietali in età costantiniana : dagli antefatti agli esiti, *Musiva&Sectilia*, 8, 2014, 35-162.

Hawkins, Mundell, Mango 1973 : E.J.W. Hawkins, M. C. Mundell, C. Mango, The mosaics of the monastery of Mar Samuel, Mar Simeon, and Mar Gabriel near Kartmin with a note on the Greek inscription, *Dumbarton Oaks Papers*, 27, 1973, 279-296.

Henderson 2013 : J. Henderson, *Ancient Glass. An interdisciplinary exploration*, New York, Cambridge University Press, 20213, 433 p.

James 2006 : L. James, Byzantine glass mosaic tesserae: some material considerations, *Byzantine and modern Greek studies*, 30, 1, 2006, 29-47.

Johns 2010 : C. Johns, *The Hoxne Late Roman Treasure: Gold Jewellery and Silver Plate*, Londres, British Museum, 2010, 278 p.

Klemm, Klemm 2013 : R. Klemm, D. Klemm, *Gold and Gold Mining in Ancient Egypt and Nubia. Geoarchaeology of the Ancient Gold Mining Sites in the Egyptian and Sudanese Eastern Deserts*, Berlin, Heidelberg (Natural science in archaeology), 2013, 649 p.

Làiou, Morrisson 2007 : A.E. Laiou, C. Morrisson, *The Byzantine economy*, Cambridge, Cambridge University Press, 2007, 288 p.

Lancha 1981 : J. Lancha, *Recueil général des mosaïques de la Gaule, III, Province de Narbonnaise, 2, Vienne*, Paris, Éditions du Centre national de la recherche scientifique (Gallia, Supplément, 10/III.2), 317 p.

Lancha 1983 : J. Lancha, La mosaïque cosmologique de Mérida : étude technique et stylistique (I), *Mélanges de la Casa de Velázquez*, 19, 1983, 17-68.

Mango 1992 : M.M. Mango, The monetary value of silver revetments and objects belonging to churches, A.D. 300-700, *in*: S.A. Boyd, M.M. Mango (éds.), *Ecclesiastical silver plate in sixth-century Byzantium: Papers of the Symposium Held May 16-18, 1986, at the Walters Art Gallery, Baltimore and Dumbarton Oaks, Washington, D.C.*, Washington, Dumbarton Oaks research library and collection, 1992, 243 p., 123-136.

McCormick 2001 : M. McCormick, *Origins of European Economy. Communication and Commerce 300-900 A.D.*, Cambridge, Cambridge University Press, 2001, 1130 p.

Meyer 1997 : C. Meyer, Bir Umm Fawakhir: insights into ancient Egyptian mining, *Journal of the Mineral, Metals and Materials Society*, 49, 1997, 49-64.

Meyer 2000 : C. Meyer (dir.), *Bir Umm Fawakhir Survey Project 1993. A Byzantine Gold-Mining Town in Egypt*, Chicago, Oriental Institute of the University (Oriental Institute Communications, 28), 2000, 92 p.

Morrisson 2002 : C. Morrisson, Byzantine Money: Its Production and Circulation, *in:* A.E. Láiou (éd.), *The Economic History of Byzantium: from the Seventh through the Fifteenth Century*, Washington, Dumbarton Oaks (Dumbarton Oaks studies, 39), 2002, 1205 p.

Morrisson, Brénot, Callu 1985 : C. Morrisson, C. Brénot, J.-P. Callu, *L'or monnayé I. Purification et altérations de Rome à Byzance*, Paris, Éditions du Centre national de la recherche scientifique (Cahiers Ernest-Babelon, 2), 1985, 282 p.

Neri sous presse : E. Neri, Tesselles dorées entre Antiquité Tardive et haut Moyen Âge. Cas d'étude des tesselles en vrac : l'église de St. Philippe à Hiérapolis, la mosquée des omeyyades à Damas, la Chapelle de Charlemagne à Aix-la-Chapelle, *in*: *Actes du workshop « Early medieval tesserae in northwestern Europe (VIth – Xth century) » (Abbaye de la Paix-Dieu, Belgique, 19-20 mars 2015).*

Neri 2012 : E. Neri, Utilisation et production de tesselles de mosaïque à l'époque romane d'après Théophile, *in* : *Gestes et techniques de l'artiste à l'époque romane : actes des XLIIIes journées romanes de Cuxa, 6-13 juillet 2011*, Codalet, Association culturelle de Cuxa (Les Cahiers de Saint-Michel de Cuxa, 43), 2012, 245 p., 31-42.

Neri 2014 : E. Neri, Vraisemblable et invraisemblable selon l'archéologie dans le *De diversis artibus* : quelques exemples, *in* : *A. Speer Zwischen Kunsthandwerk und Kunst : die* Schedula diversarum artium, Berlin, De Gruyter (Miscellanea mediaevalia, 37), 2014, 450 p., 196-222.

Neri 2016 : E. Neri, *Tessellata vitrea tardoantichi e altomedievali : produzione dei materiali e loro messa in opera : considerazioni generali e studio dei casi milanesi*, Turnhout, Brepols (Bibliothèque de l'Antiquité tardive, 32), 2016, 408 p.

Neri, Caggia 2016 : E. Neri, P. Caggia, Fragments de la décoration pariétale de l'église de St. Philippe à Hiérapolis (Phrygie) : Matériaux, techniques, motifs. Approches archéologiques et archéométriques, *in* : L. Neira Jimenez, *Estudios sobre mosaicos antiguos y medievales : actes du XIIIe congrès de l'AIEMA tenu à Madrid du 14 au 18 septembre 2015*, Rome, L'Erma di Bretschneider (Hispania antigua. Serie arqueológica, 6), 2016, 455 p., 287-297.

Neri *et al.* 2016 : E. Neri, M. Verità, I. Biron, M.-F. Guerra, Glass and gold: analyses of 4th-12th centuries Levantine mosaic tesserae. A contribution to technological and chronological knowledge, *Journal of archaeological science*, 70, 2016, 158-171.

Neri, Verità 2013 : E. Neri, M. Verità, Glass and metal analyses of gold leaf tesserae from 1st to 9th century mosaics. A contribution to technological and chronological knowledge, *Journal of Archaeological Science*, 40, 2013, 4596-4606.

Oddy 1988 : W. Oddy, The debasement of the provincial Byzantine gold coinage from the seventh to ninth century, *Numismatic Studies*, 17, 1988, 135-142.

Oddy, La Nièce 1986 : W. Oddy, S. La Niece, Byzantine gold coins and jewellery: a study of gold contents, *Gold Bulletin*, 19, 1, 1986, 19-27.

Pacheco 2007 : C. Pacheco, *Etude des films d'or sur matière vitreuse : application à la céramique glaçurée islamique médiévale : Asie centrale XIVe-XVe s. - Iran XIIe-XIIIe s.*, Thèse de doctorat de Physique, Bordeaux, Université de Bordeaux 3, 2007, 246 p.

Radtke *et al.* 2016 : M. Radtke, G. Buzanich, A. Guilherme, U. Reinholz, H. Riesemeier, O. Scharf, P. Scholz, M.-F. Guerra, Double Dispersive X-Ray Fluorescence (D2XRF) based on an Energy Dispersive pnCCD detector for the detection of platinum in gold, *Microchemical Journal*, 125, 2016, 56–61.

Redon, Faucher 2016 : B. Redon, T. Faucher, Samut North : "heavy mineral processing plants" are mills, *Egyptian Archaeology*, 2016, 48, 20-22.

Ross 1962 : M.C. Ross, *Catalogue of the Byzantine and early mediaeval antiquities in the Dumbarton Oaks collection*, vol. 2, Washington, Dumbarton Oaks (Dumbarton Oaks catalogues), 1962.

Scheibelreiter 2009 : V. Scheibelreiter, Gold und Glas. Mosaiken aus Ephesos, *in :* S. Deger-Jalkotzi, N. Schindel, *Tagung anslässlich der Gründung des Zentrums Archäologie und Altertumswissenschaften an der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 19.-20. April 2007*, Wien, Verlag der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, 2009, 206 p., 87-95.

Silvestri, Tonietto, Molin 2011 : A. Silvestri, S. Tonietto, G. Molin, The palaeo-Christian glass mosaic of St. Prosdocimus (Padova, Italy) : archaeometric characterisation of 'gold' tesserae, *Journal of Archaeological Science*, 38, 2011, 3402-3414.

Verità, Zecchin 2012 : M. Verità, S. Zecchin, Scientific investigations of byzantine glass tesserae from the mosaics on the south chapel of Torcello's Basilica, Venice, *in*: D. Ignatiadou, A. Antonaras, N. Coustinas, I. Freestone, S. Fünfschilling, *Annales du 18e Congrès de l'Association internationale pour l'histoire du verre (Thessaloniki, septembre 2009)*, Thessaloniki, Association Internationale pour l'Histoire du Verre, 2012, 498 p., 315-320.

Yeroulanou 1999 : A. Yeroulanou, *Diatrita: Gold pierced-work jewellery from the 3rd to 7th century AD*, Athène, Benaki Museum, 1999, 320 p.

Les auteurs

Arles Adrien
Arkemine SARL
Adrien.arles@arkemine.fr

Bailly-Maître Marie-Christine
Aix Marseille Univ, CNRS, LA3M, Aix-en-Provence, France
baillymaitre@wanadoo.fr

Benvenuti Marco
Università di Firenze, Dipartimento Scienze della Terra
m.benvenuti@unifi.it

Bianchi Giovanna
Università di Siena, Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali
giovanna.bianchi@unisi.it

Boisseuil Didier
Université de Tours, Cethis, EA 6298
didier.boisseuil@wanadoo.fr

Bonnamour Gérald
Arkemine SARL, association EESV, membre associé du laboratoire Traces (UMR 5608, Toulouse)
gerald.bonnamour@arkemine.fr

Bonnamour Romain
association EESV (Equipe d'Exploration Spéléologique de Villefranche)
rb@rb-ebeniste.fr

Braunstein Philippe
École des Hautes Études en Sciences Sociales
philippe_braunstein@yahoo.fr

Bresc Cécile
Université Paris IV Sorbonne, Orient et Méditerranée, UMR 8167
ratepenade@yahoo.fr

Capel Chloé
UMR 8167 – Orient et Méditerranée, équipe Islam médiéval
chloe.capel@gmail.com

Casagrande Lara
Ecomuseo Argentario
info@ecoargentario.it

Chiarantini Laura
Università di Firenze, Dipartimento Scienze della Terra
laura.chiarantini@unifi.it

Cicali Cristina
Università di Siena, Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali
cristinacicali@yahoo.it

Claughton Peter
University of Exeter
P.F.Claughton@exeter.ac.uk

Condorelli Francesca
Fondazione Bruno Kessler (FBK)
francesca.condorelli@hotmail.it

Dallai Luisa
Università di Siena, Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali
luisa.dallai@unisi.it

Donati Alessandro
Università di Siena, Dipartimento di Biotecnologie, Chimica e Farmacia
alessandro.donati@unisi.it

Fabijanec Sabine-Florence
Croatie Academy of Sciences ans Arts (CASA/HAZU)
flofaber@hazu.hr

Faucher Thomas
UMR 5060 IRAMAT-Centre Ernest Babelon, CNRS, Université d'Orléans
thomas.faucher@cnrs-orleans.fr

Flament Julien
UMR 5060 IRAMAT-CEB, Université d'Orléans, 3D rue de la Férollerie, 45071 Orléans Cedex 2, France
julien.flamen@gmail.com

Gattiglia Anna
Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Studi Storici
anna.gattiglia@unito.it.

Gauthier Joseph
CNRS, Chrono-environnement, UMR 6249, Université de Haute-Alsace, CRESAT EA 3436
josep.gauthier@laposte.net

Leleu Florian
Arkemine SARL
florian.leleu@arkemine.fr

Marchand Julie
Université de Poitiers, HERMA, EA 3811
julie.mj.marchand@gmail.com

Martinez Elcacho Albert
Universitat de Lleida (UdL)
albert.martinez@historia.udl.cat

Minvielle Larousse Nicolas
Aix Marseille Univ, CNRS, LA3M, Aix-en-Provence, France
minvielle.nicolas@gmail.com

Montel Aurélien
Université Lumière-Lyon 2 - CIHAM-UMR 5648
aurelien.montel@gmail.com

Nefzaoui Souha
Faculté des Sciences Humaines et Sociales de Tunis (9 Avril) (FSHST)
nefzaouis@yahoo.fr

Neri Elisabetha
Université Paris-Sorbonne, OM, UMR 8167
Elisabetta.neri@unicatt.it

Patria Luca
Centro Ricerche di Cultura Alpina, Torino
culturealpine@gmail.com

Pezzica Ilaria
Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Studi Storici
ilaria.pezzica@gmail.com

Poisson Jean-Michel
EHESS, CIHAM, UMR 5648
Jean-Michel.Poisson@univ-lyon2.fr

Rabot Alexandre
Université Lyon 2 Lumière, HiSoMA, UMR 5189
alexandre.rabot@mom.fr

Redon Bérangère
CNRS, HiSoMA, UMR 5189
berangere.redon@mom.fr

Roat Giulia
Università degli Studi di Padova
giulia.roat@gmail.com

Rossi Maurizio
Il Patrimonio Storico-Ambientale, Torino
presidenza@aipsam.org

Rovelli Alessia
Università della Tuscia, Dipartimento di Studi linguistico-letterari, storico-filosofici e giuridici
rovelli@unitus.it

Sarah Guillaume
UMR 5060 IRAMAT-Centre Ernest Babelon, CNRS, Université d'Orléans
guillaume.sarah@cnrs-orleans.fr

Scoz Jacopo
Università degli Studi di Siena
scoz.jacopo@gmail.com

Straßburger Martin
Ludwig-Maximilians-Universität München and Consultancy for Mining Archaeology
martin@miningarchaeology.com

Téreygeol Florian
LAPA-IRAMAT, NIMBE, CEA, CNRS, Université Paris-Saclay, CEA Saclay 91191 Gif-sur-Yvette France
florian.tereygeol@cea.fr

Thaler Federico
Università degli Studi di Trento
vukovarstoner@gmail.com

Thuaudet Olivier
Aix Marseille Univ, CNRS, LA3M, Aix-en-Provence, France
olivier.thuaudet@laposte.net

Tomas Emilie
Arkemine SARL
emilie.tomas@gmail.com

Verna Catherine
Université Paris 8, HISPOSS, EA 1571
catherine.verna@wanadoo.fr

Villa Igor M.
Institut für Geologie, Universität Bern; Centro Universitario Datazioni e Archeometria, Univ. Milano-Bicocca
igor@geo.unibe.ch

Vingo (de) Paolo
Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Studi Storici
paolo.devingo@unito.it

Volpi Vanessa
Università di Siena, Dipartimento di Biotecnologie, Chimica e Farmacia
vaniv@hotmail.it

Table des matières

Remerciements 5

Xavier Delestre, Nicolas Faucherre
Préfaces 7

Nicolas Minvielle Larousse, Marie-Christine Bailly-Maître, Giovanna Bianchi
Avant-Propos 9

Marie-Christine Bailly-Maître
Introduction - Les métaux précieux en Méditerranée médiévale. Exploitations, transformations, diffusions. État de la recherche 11

LES ESPACES MINIERS MÉDITERRANÉENS

Giovanna Bianchi, Luisa Dallai
Le district minier des Collines Métallifères (Toscane, Italie) durant la période médiévale. L'exploitation des ressources et les implications politiques et économiques 29

Marco Benvenuti, Laura Chiarantini, Cristina Cicali, Igor M. Villa, Vanessa Volpi
La produzione d'argento nel distretto minerario di Montieri-Massa Marittima (Colline Metallifere, Toscana meridionale). Alcune considerazioni su dati recenti 41

Anna Gattiglia, Ilaria Pezzica, Maurizio Rossi, Paolo de Vingo avec la collaboration de Luca Patria
Production et destination de l'argent du district minier des vallées de Lanzo (Turin) pendant la première moitié du XIVe siècle 53

Lara Casagrande, Martin Straßburger, Francesca Condorelli, Giulia Roat, Federico Thaler, Jacopo Scoz
Medieval silver mining on the Monte Calisio plateau (Trentino - Italy) 67

Jean-Michel Poisson
L'entreprise pisane d'exploitation des mines d'argent de l'Iglesiente (Sardaigne), XIIIe-XIVe siècles 81

Nicolas Minvielle Larousse
Les lieux et les rythmes de la production argentifère médiévale en Languedoc oriental 95

Florian Leleu avec la collaboration d'Adrien Arles et Emilie Tomas
Les mines de cuivre de Castifao 107

Albert Martínez Elcacho
The silver mines of Falset (Catalonia).
Development, regulation and organization in mid-14th century 115

Peter Claughton
View from the other side of the Channel.
England's mining response to the silver crisis in the 15th century 127

Souha Nefzaoui
L'argent monétaire au haut Moyen Âge en *Ifrīqiya*. Une étude à mener 137

Julie Marchand, Thomas Faucher, Alexandre Rabot, Bérangère Redon, Florian Téreygeol
L'exploitation de l'or en Égypte au début de l'époque islamique. L'exemple de Samut 147

TECHNIQUES ET ORGANISATION DE LA PRODUCTION

Joseph Gauthier, Catherine Verna
Les prospections minières.
Des terrains et des princes (comté du Roussillon et duché de Bourgogne, XVe siècle) 163

Didier Boisseuil
Prospections minières et production de métaux précieux dans le sud de la Toscane à la fin du XVe siècle.
Quelques observations 171

Gérald Bonnamour, Romain Bonnamour
La mine médiévale et moderne de Cella à Joux en Beaujolais.
Un petit gisement d'argent de renom en marge des importantes exploitations minières Lyonnaises 181

Florian Téreygeol
La préparation des minerais argentifères au Moyen Âge.
Choix technique ou contrainte économique ? 193

Julien Flament, Florian Téreygeol, Guillaume Sarah
La production du cuivre et de ses alliages à Castel-Minier (Ariège, France).
Opportunisme métallurgique et pragmatisme économique d'une fonderie de moyenne montagne
au XVe siècle 203

Vanessa Volpi, Luisa Dallai, Alessandro Donati
L'uso di tecnologie ad elevate prestazioni, pXRF, per lo studio del distretto minerario delle colline metallifere
(Toscana, Italia) 219

CIRCULATIONS ET USAGES DES MÉTAUX

Aurélien Montel
D'Awdaġust à Cordoue. L'or du Soudan et la politique maghrébine du califat umayyade d'al-Andalus
(IVe/Xe siècles) 233

Chloé Capel
L'or africain et le paradoxe de Sijilmassa (Maroc - VIIIe-XIVe siècles).
Atelier de frappe primordial, histoire méconnue 243

Cécile Bresc
Ressources métalliques et frappes monétaires dans le Proche-Orient au temps des califats. Le cas du Bilād al-Shām médiéval 261

Elisabetta Neri
Les sources de l'or du décor entre Orient et Occident (IVe-XIIe siècles). Or monétaire, réutilisation, or frais 271

Guillaume Sarah
L'emploi du laiton dans les monnayages d'argent médiévaux. État des connaissances actuelles et perspectives de recherche 289

Olivier Thuaudet
Approvisionnement et circulation du cuivre et de ses éléments d'alliage en Provence du XIIIe au XVIe siècles. L'apport des sources écrites et archéologiques 301

Sabine Florence Fabijanec
Le circuit de l'argent de l'Adriatique orientale à Alexandrie à la fin du XIVe siècle 319

Philippe Braunstein
Conclusion - Les métaux précieux en Méditerranée. Productions, transformations, circulations 329

Les auteurs 333

Les métaux précieux en Méditerranée médiévale

Exploitations, transformations, circulations

ARCHÉOLOGIES MÉDITERRANÉENNES

propose des synthèses méthodologiques et met en perspective la documentation matérielle, des premiers humains à l'époque contemporaine.

BiAMA

Dans la lignée des anciens *Travaux du Centre Camille Jullian*, la Bibliothèque d'archéologie méditerranéenne et africaine (BiAMA) propose des ouvrages relatifs à l'histoire et à l'archéologie de la Méditerranée antique et médiévale, en particulier de Marseille et de la Provence.

Illustration de 1re et 4e de couverture
Das Schwazer Bergbuch, 1556

Cet ouvrage rassemble les actes d'un colloque international tenu à la Maison méditerranéenne des sciences de l'homme d'Aix-en-Provence les 6, 7 et 8 octobre 2016. Organisée par le Laboratoire d'Archéologie Médiévale et Moderne en Méditerranée (CNRS, Aix-Marseille Université) et par le Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali de l'Université de Sienne, cette rencontre a réuni près de cinquante spécialistes du Moyen Âge – archéologues, historiens, géochimistes – autour des métaux précieux en Méditerranée.

Ce livre entend examiner un long processus qui s'étend de l'extraction des minerais jusqu'à la diffusion des métaux, en articulant les techniques aux sociétés et aux pouvoirs. Le panorama des principaux lieux de la production, ici présenté sous forme de synthèses régionales, côtoie des études qui suivent les différentes phases de ce processus, de façon à confronter les sources, les approches et à faciliter les comparaisons. L'enquête se focalise enfin sur les circulations des métaux, en mettant en évidence les problèmes de sources et de méthodes que cela induit, tout en proposant des relectures historiographiques fondées sur les résultats de travaux récents.

Pour la première fois, la Méditerranée médiévale fournit le cadre géographique d'une réflexion collective consacrée aux productions et circulations des métaux précieux. Au-delà du simple bilan de connaissances, ce livre entend finalement proposer quelques jalons pour une histoire comparée et connectée : l'approfondissement, puis la confrontation d'enquêtes monographiques et régionales offrent dans cette optique de fécondes perspectives pour les années à venir.

Nicolas Minvielle Larousse est chercheur post-doctorant d'Aix-Marseille Université.

Marie-Christine Bailly-Maître est directrice de recherche émérite au CNRS.

Giovanna Bianchi est professeure d'archéologie médiévale à l'Université de Sienne.

Aix*Marseille université éditions
Presses Universitaires de Provence
cnrs
UNIVERSITÀ DI SIENA 1240
Centre Camille Jullian
Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Ministère Culture
RÉGION SUD PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR
labex med
Aix Marseille Provence
DÉPARTEMENT BOUCHES-DU-RHÔNE
AIX EN PROVENCE LA VILLE
Groupe d'Étude des Mines Anciennes

9 791032 002308
30 €