



## Technè

La science au service de l'histoire de l'art et de la  
préservation des biens culturels

45 | 2017

**Bronzes grecs et romains : études récentes sur la  
statuaire antique**

---

# Progrès de la recherche sur la statuaire antique en bronze

Introduction

*Advances in the research on ancient bronze statuary*

**Sophie Descamps-Lequime et Benoît Mille**

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/techne/1219>

DOI : [10.4000/techne.1219](https://doi.org/10.4000/techne.1219)

ISSN : 2534-5168

### Éditeur

C2RMF

### Édition imprimée

Date de publication : 1 mai 2017

Pagination : 4-13

ISBN : 978-2-7118-6408-9

ISSN : 1254-7867

### Référence électronique

Sophie Descamps-Lequime et Benoît Mille, « Progrès de la recherche sur la statuaire antique en bronze », *Technè* [En ligne], 45 | 2017, mis en ligne le 19 décembre 2019, consulté le 22 juillet 2020.

URL : <http://journals.openedition.org/techne/1219> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/techne.1219>

---



La revue *Technè. La science au service de l'histoire de l'art et de la préservation des biens culturels* est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.



*Fig. 1.* L'Apoxyomène de Croatie, exposé dans la Rotonde de Mars du musée du Louvre (23 novembre 2012-23 février 2013). Époque hellénistique. H. 1,92 m. © Musée du Louvre/A. Mongodin.

Sophie Descamps-Lequime  
Benoît Mille

## Progrès de la recherche sur la statuaire antique en bronze

### *Introduction*

Advances in the research on ancient bronze statuary

#### **Une journée d'études sur les grands bronzes antiques**

L'exposition au musée du Louvre de l'Apoxyomène de Croatie (fig. 1), repéré en 1996 dans les profondeurs de la mer Adriatique au large de l'île de Lošinj, est à l'origine de l'organisation à Paris d'une journée d'études sur les techniques d'élaboration et la datation des grands bronzes antiques, en février 2013<sup>1</sup>. Les actes de cette journée, à laquelle ont participé des spécialistes venus de Grèce, d'Autriche, des États-Unis d'Amérique, de Suisse, de Croatie et de France, sont présentés dans le volume 45 de *Technè*. Sans l'intérêt immédiat de Brigitte Bourgeois, conservateur général du patrimoine au C2RMF et éditrice de la revue, pour ce domaine de recherche, ils n'auraient pu être publiés. Nous tenons à l'en remercier très sincèrement<sup>2</sup>. Notre reconnaissance va également à Isabelle Pallot-Frossard, directrice du C2RMF, et au comité de rédaction pour avoir accepté la publication de la journée d'études dans la programmation de la revue. Certains intervenants ont présenté des synthèses sur la nature des grands bronzes préservés – originaux isolés, œuvres de série et surmoulages –, sur leurs relations avec les sources littéraires, sur leur production, sur leurs techniques, sur leur circulation, sur les indices objectifs qui fondent leur datation et sur la manière dont l'histoire de la sculpture antique s'est construite au gré des découvertes successives. D'autres ont préféré s'intéresser à des cas particuliers afin de mettre en lumière aussi bien l'existence de multiples que celle de restaurations antiques.

#### **Des répliques antiques en bronze**

La datation des grands bronzes grecs et romains repose en grande partie sur l'étude du contexte archéologique dans lequel ils ont été retrouvés et des moyens techniques mis en œuvre pour les fabriquer. La découverte de l'Apoxyomène

de Croatie, remonté à la surface en 1999, est venue enrichir le dossier encore très ténu des statues de bronze qui doivent être considérées non comme des créations originales, mais comme des répliques antiques de prototypes disparus. Elle souligne que la démarche qui consistait à nécessairement considérer les quelques bronzes parvenus jusqu'à nous comme des originaux, par opposition aux copies bien plus nombreuses, sculptées dans le marbre et dans d'autres pierres, doit être nuancée : les multiples et les adaptations en bronze existaient aussi. Il est cependant très difficile d'apprécier l'ampleur d'un tel phénomène car ces répliques ont été fondues autant que les œuvres, également en bronze, dont elles déclinaient l'image. Encore faut-il les distinguer et pouvoir les dater. L'analyse stylistique n'est pas suffisante ; les études philologique et épigraphique non plus. Ces approches sont certes incontournables, mais ne peuvent à elles seules permettre d'établir si une statue de bronze est une création originale ou une réplique, et, quand il s'agit de dater l'œuvre en question, de faire la part entre les époques classique, hellénistique et impériale romaine. L'approche technologique et les analyses conduites en laboratoire sont également essentielles. Les conclusions les plus plausibles ne peuvent naître que de discussions collégiales entre historiens et historiens d'art, épigraphistes, physico-chimistes, radiologues et restaurateurs, fondées sur la mise en commun des connaissances et des interprétations de chacun.

#### **Des œuvres rarement conservées**

Les grands bronzes antiques, tant grecs que romains, sont extrêmement rares. On sait, grâce aux sources textuelles et aux indices archéologiques matériels, que des milliers de statues de bronze ornaient les sanctuaires comme les places publiques, les palais et les demeures de l'élite à partir de l'époque hellénistique, les thermes et les jardins romains. Mais, dans leur très grande majorité, ces œuvres n'ont pas

**Sophie Descamps-Lequime**, conservateur général du patrimoine, musée du Louvre, département des Antiquités grecques, étrusques et romaines (sophie.descamps@louvre.fr). **Benoît Mille**, ingénieur d'étude, C2RMF et Préhistoire et Technologie, UMR 7055, Nanterre (benoit.mille@culture.gouv.fr).

6

survécu à l'Antiquité car elles ont été refondues pour recycler leur alliage. Les bronzes préservés ont échappé fortuitement à la refonte car ils n'étaient déjà plus visibles à la fin de l'Antiquité, soit parce qu'ils appartenaient à la cargaison de bateaux naufragés ou étaient des ex-voto endommagés et ensevelis sur place, soit parce qu'ils se trouvaient dans des constructions effondrées lors d'incendies ou de tremblements de terre. C'est la raison pour laquelle toute nouvelle mise au jour d'un grand bronze est saluée par la communauté scientifique comme un événement majeur pour l'histoire de la sculpture antique. Étant « brut de fouille » et avec la performance actuelle des examens disponibles, ce bronze peut bénéficier d'une étude fondamentale, durant et même après sa restauration. Les questions qui se posent concernent le lieu de sa fabrication, son attribution à un atelier, à un auteur ou à une école, sa date et sa qualité d'original ou de réplique antique. S'il est possible de répondre à l'une ou à plusieurs de ces questions, l'œuvre nouvellement introduite dans le petit corpus de la statuaire antique en bronze devient un jalon auquel confronter d'autres sculptures, parfois connues depuis quelques décennies, voire plusieurs siècles, mais qui, parce qu'elles ont pu subir plusieurs interventions modernes, livrent un message plus difficile à décrypter.

### L'Apoxyomène de Croatie : une œuvre hellénistique

L'Apoxyomène de Croatie<sup>3</sup> témoigne de la complexité des dossiers et de la nécessité de définir des critères objectifs afin de renforcer l'apport des données historiques et stylistiques, par l'association d'un cadre fondé sur une évolution technologique, à la fois diachronique et diachronique (fig. 1). La présence de l'Apoxyomène à Paris a conduit le C2RMF à compléter le dossier documentaire par une nouvelle couverture radiographique exhaustive de la statue (face et profil) et à effectuer des analyses de composition élémentaire par ICP-AES des différents alliages employés. Ces examens et analyses ont permis de mieux identifier les matériaux constitutifs, et d'aboutir à une meilleure compréhension des techniques de fonte, d'assemblage et de décor de la statue<sup>4</sup> (voir aussi base *Héphaïstos* ci-après).

Retrouvé avec une plinthe non décorée sur la face postérieure, qui indique qu'il ornait, dans un second temps au moins, une niche ou était disposé le long d'un mur et était destiné par conséquent au décor d'une villa, de bâtiments publics – thermes ou gymnase – ou d'un jardin, l'Apoxyomène de Croatie renvoie stylistiquement au IV<sup>e</sup> siècle av. J.-C. Mais plusieurs détails techniques – la soudure en plateforme entre la tête et le cou ou la forme polygonale et les dimensions de certaines pièces de réparation qui dissimulent les défauts de la fonte après la coulée – imposent de descendre sa date et de le considérer non comme la création même de l'artiste, mais comme une réplique antique, un multiple de l'œuvre originelle disparue. Par ailleurs, la nouvelle campagne d'analyses par ICP-AES conduite au C2RMF a permis d'éclairer d'un jour nouveau la composition élémentaire de la statue :

les résultats montrent définitivement que l'Apoxyomène de Croatie a été fabriqué à partir d'un bronze à fort taux de plomb ( $6,7 \pm 1,9$  % d'étain,  $18,0 \pm 4,0$  % de plomb)<sup>5</sup>. Or cette composition n'est pas compatible avec une datation au IV<sup>e</sup> siècle av. J.-C. Lors du séjour de la statue au C2RMF, une attention toute particulière a été portée aux techniques de fabrication de la bouche. La nouvelle radiographie du profil de la tête a permis de vérifier que les lèvres en cuivre rouge non allié ne sont pas massives, comme on l'aurait attendu de la statue si elle avait été du IV<sup>e</sup> siècle av. J.-C., tel l'Éphèbe d'Anticythère (Athènes, Musée archéologique national)<sup>6</sup>. Elles sont incrustées à froid, indice d'une production postérieure<sup>7</sup>. Après la coulée, deux sillons de 4 mm de profondeur et de hauteur ont été incisés dans le bronze, tout le long des lèvres supérieure et inférieure. Les inserts en cuivre ont été incrustés dans ces sillons, puis martelés de façon à appliquer une feuille de cuivre d'environ 1 mm d'épaisseur qui recouvre l'intégralité de la surface des lèvres.

L'absence de contexte empêche de savoir quand la statue a été transportée. On ne peut déterminer précisément non plus quelle était sa destination et quelle était sa provenance. Mais des analyses au <sup>14</sup>C ont permis de dater certains épisodes subis par l'œuvre, parmi lesquels une ou deux phases de restauration entre la seconde moitié du I<sup>er</sup> siècle et le II<sup>e</sup> siècle de notre ère. L'une de ces restaurations a été confirmée par les nouvelles analyses du métal, puisqu'il s'avère que la face postérieure non décorée de la plinthe est de même composition que le reste de la statue, tandis que les côtés et la partie antérieure, qui portent un décor, sont d'un alliage et de spectre d'impuretés différents de tout le reste, ce qui suggère une intervention majeure sur l'Apoxyomène de Croatie à une époque postérieure à la fabrication de la statue, mais toutefois durant le cours de sa « vie » antique. Enfin, les vestiges retrouvés à l'intérieur de la statue et leurs analyses <sup>14</sup>C indiquent une possible période d'abandon, durant laquelle un petit rongeur a pu amasser de la nourriture dans la jambe droite et faire son nid dans l'avant-bras gauche. L'analyse au <sup>14</sup>C d'un noyau de pêche mordu par le rongeur a conduit à dater le moment où l'athlète de bronze devait être couché sur le sol entre 110 av. J.-C. et 70 apr. J.-C., avec une forte probabilité vers 20 av. J.-C., donc avant la fin du I<sup>er</sup> siècle av. J.-C. Tous les résultats convergent donc vers une information de la plus grande importance : tous les bronzes connus à ce jour ne sont pas nécessairement les œuvres d'origine mais peuvent être des répliques antiques des prototypes disparus et par ailleurs, il existait bien des surmoulages de bronze dès l'époque hellénistique<sup>8</sup>.

### La base de données *Héphaïstos*

Lors de la journée d'études de 2013, nous avons évoqué le principe d'une base de données conçue comme un outil d'étude des techniques de fabrication des grands bronzes antiques, destiné à être partagé par la communauté scientifique concernée. Fondée sur un partenariat entre le Louvre et le

C2RMF, elle est en cours de construction. L'étude d'un bronze antique impose, nous l'avons vu avec l'Apoxyomène de Croatie, de comprendre d'abord comment il a été fabriqué. L'analyse technologique est plus importante sans doute que dans d'autres domaines de la création artistique antique. Les spécialistes des bronzes le savent : sans cette approche totalement indépendante des autres, les risques d'erreurs sont majeurs. La base de données *Héphaïstos* est donc née de ce constat selon lequel on ne peut, pour une œuvre de bronze, aborder les questions de style et de datation sans avoir également rassemblé tous les indices et toutes les données matérielles qui permettent de suivre son élaboration depuis le modèle originel conçu par l'artiste. C'est dans ce sens que travaillent désormais tous les spécialistes des grands bronzes antiques, engagés dans cette voie par les premières études d'Edilberto Formigli sur les deux guerriers de Riace<sup>9</sup>. Les publications d'œuvres en bronze se présentent souvent comme des monographies très complètes mais indépendantes les unes des autres. La base de données *Héphaïstos* est en conséquence fondée sur le dépouillement le plus large possible des ouvrages ou articles qui traitent des statues de bronze. Soulignons ici que les dimensions importent assez peu car de très petits bronzes peuvent présenter parfois les mêmes caractéristiques techniques que la grande statuaire. Un critère simple a été retenu pour la sélection des bronzes, à savoir l'emploi du procédé de fonte en creux : l'œuvre peut donc aussi bien être une statuette.

La base de données repose sur l'établissement d'un système descriptif précis. Son objectif est de permettre l'étude de la variation spatio-temporelle des techniques de fabrication des grands bronzes antiques. La fiche *Héphaïstos* de l'Apoxyomène de Croatie illustre ici la base de données (fig. 2). Les fiches d'œuvres rassemblent dans une première partie les informations d'ordre archéologique (contexte de découverte), iconographique et stylistique (attribution, atelier) et la datation tirée de ces données. La précision et la fiabilité de la datation de l'œuvre sont des questions primordiales dans le contexte de la base *Héphaïstos*, puisque la portée des informations technologiques révélées par l'étude d'une statue particulière en dépend entièrement. Pour éviter l'écueil d'un raisonnement circulaire, elle s'appuie au maximum sur les données externes, et non sur la technique<sup>10</sup>. Dans une deuxième partie, tous les indices technologiques relevés sur la statue sont précisément et systématiquement décrits : nombre de pièces coulées séparément, épaisseur moyenne des parois, type de procédé de fonte à la cire perdue, traces du travail de la cire et du noyau, nature du dispositif de maintien du noyau, procédés d'assemblage, décor, réparation. Dans une dernière partie, la composition élémentaire de l'alliage est indiquée, ainsi que la liste des examens et analyses effectués en laboratoire. Deux tables liées complètent chaque fiche. La première rassemble l'intégralité des analyses élémentaires (report des résultats multiples lorsque plusieurs analyses ont été effectuées sur une statue, et transcription des éléments chimiques en impuretés et pas uniquement la composition de l'alliage). La seconde table rassemble les notices bibliographiques ayant permis de

constituer chaque fiche *Héphaïstos*. Enfin, une sélection d'illustrations (neuf au maximum) accompagne chaque œuvre (fig. 3).

La fiabilité de la base relève de la relecture des fiches à la fois par des historiens d'art et des spécialistes des techniques de la grande statuaire. Les données peuvent ensuite être exploitées pour déterminer quelle a pu être l'évolution des techniques de fabrication de la grande statuaire de bronze dans l'espace et dans le temps, et offrir à terme la possibilité d'une datation technologique des bronzes<sup>11</sup>, ainsi que des éléments qui permettront de conforter l'hypothèse d'un lieu de production<sup>12</sup> (fig. 4).

Dans son état actuel, la base de données *Héphaïstos* implique donc un important effort de validation par la communauté scientifique. Certaines exploitations sont néanmoins d'ores et déjà possibles. À ce stade, la base compte 775 entrées et la proportion des œuvres analysées est non négligeable : la table « analyses élémentaires du métal » compte ainsi près d'un millier de résultats. Au prix d'un tri drastique, il est possible de conserver 165 grandes statues correctement datées comme références de composition élémentaire, ce qui permet de décrire pour la première fois sur près de 1000 ans l'évolution de la composition élémentaire des alliages de la grande statuaire antique (fig. 5). On constate ainsi que la composition des alliages était très soigneusement contrôlée : on ne connaît aucun grand bronze antique constitué à partir d'un alliage cuivre-zinc (laiton), alors que cet alliage est d'un emploi extrêmement fréquent pour la petite statuaire d'époque romaine et gallo-romaine. Cette volonté d'éviter délibérément le zinc suggère une motivation d'ordre technique (problèmes pendant le soudage en présence de zinc ?). On observe aussi que la teneur en étain diminue avec le temps. Cependant, le phénomène est extrêmement lent, et la dispersion est très importante. La teneur en étain ne peut donc pas être utilisée pour discuter de la chronologie d'une seule et unique statue. Enfin, le plomb ne dépasse jamais 5 % massique avant l'avènement de la période hellénistique (III<sup>e</sup> s. av. J.-C.). Pendant les époques hellénistique et romaine, les bronzes à faible, moyenne ou haute teneurs en plomb ont en revanche été utilisés sans distinction. Si la composition des alliages peut donc contribuer à la discussion sur la datation, elle ne sera probablement jamais un argument suffisant. D'autres critères, davantage liés aux techniques de coulée ou d'assemblage, semblent déjà constituer des marqueurs technologiques plus discriminants.

La base *Héphaïstos* s'est également révélée être un outil de comparaison particulièrement performant. L'un des organisateurs a récemment eu l'opportunité d'étudier les techniques de fabrication de la grande statuaire de bronze des royaumes sabéens (Yémen actuel), qui se trouve être contemporaine de celle des grands bronzes grecs et romains<sup>13</sup>. En première approche, les deux méthodes de fabrication partagent nombre de principes communs, dont en particulier les deux techniques les plus fondamentales : le procédé indirect de fonte à la cire perdue pour couler les statues en pièces séparées, et le soudage par fusion au bronze liquide pour

HEPHAÏSTOS - Fiche objet		VERS ANALYSES	BAS DE PAGE
<b>Apoxymène de Croatie</b>			
IDFiche Oeuvre	377	Création	26/10/2006
		Dern. modif.	06/06/2017
		Auteur	Benoît Mille
n° inv.		Lieu de conservation	Zagreb jusqu'en 2016 (institut croate de conservation puis différents musées), musée créé sur l'île de Losinj depuis.
<b>Contexte archéologique, étude stylistique</b>			
Lieu de découverte	Dans la mer Adriatique au large de la Croatie, archipel de Losinj, entre les îles de Lussino et Vele Orjule.		Date découverte
	Découverte en 1996, remontée en juin 1999.		
	entre -100 et 0 d'après	Saladino 2006	Fiabilité datation Moyenne
<b>Commentaire datation (d'ap. style ou d'ap. contexte, autres propositions de dates &amp; par qui, ...)</b>			
Statue: 1er siècle av. J.-C., d'après un original du IVe siècle av. J.-C. (Saladino 2006). Plinthe : plus récente, d'époque pré-romaine ? (Cambi 2006) ; hypothèse compatible avec l'analyse élémentaire du métal des faces antérieure et latérales de la plinthe (cf. résumé des analyses). Datation du type "Apoxymène d'Ephèse" : 360-280 av. J.-C. (Cambi 2006); peu avant le milieu du IVe s. av. J.-C. (Saladino 2006).			
<b>Lieu supposé de fabrication</b> Provenance du plomb : SE des Alpes ou Sardaigne (Mudronja 2010).			
<b>Comparaisons (autres bronzes analogues, nature des analogies)</b>			
Il s'agit d'un apoxymène, c'est-à-dire un « athlète qui nettoie le strigile » (Cambi 2006, Saladino 2006). Apoxymène d'Ephèse (fiche 478); tête d'apoxymène du Kimbell Art Museum (fiche 721).			
<b>Etude technologique</b>			
Masse (en kg)	125	Dimension max (en cm)	192
		Epaisseur moyenne (en mm)	6
<b>Technique de fonte</b> cire perdue en creux sur négatif			
<b>Liste des pièces</b>	Tête (1 pièce ; 5-8 mm); torse (1 pièce; 5-8 mm); bras (2 pièces ; droit 4,5-5,5 mm ; gauche 3,5-4,5 mm); jambes (2 pièces; droite : 4-6,5 mm ; gauche 8-11 mm); pubis-sexe (1 pièce). Certains doigts ont aussi été coulés individuellement. Poids estimé de la statue : 125 kg. (Karnis et Mille 2015).		
<b>Nb de pièces</b>	7		
<b>Travail de la cire et du noyau</b>			
Nombreux indices d'un travail par le procédé indirect. Torse (tête enlevée): observation du lissage de la cire très visible depuis la face interne. Bras et jambes probablement obtenus par procédé au renversé (nombreuses coulures de cire visibles dans les bras), gros défaut de fabrication de la jambe gauche en cire, corrigé depuis l'intérieur par ajout d'une longue bandelette de cire en face arrière. Les doigts sont coulés en plein. Ils ont été faits à part en cire. Certains semblent avoir été assemblés sur la main en cire (joint cire-cire), d'autres coulés à part puis soudés. Tous les détails en relief de la tête sont traités en creux (nez, oreilles, mèches de cheveux) (Karnis et Mille 2015).			
<b>Clous distanciateurs, armatures</b>			
Peu nombreux, enlevés après la coulée, ont laissé des traces de clous rectangulaires dissimulés par des plaquettes de réparation (Karnis 2004).			
<b>Technique d'assemblage</b>			
Tout d'abord soudage en cuvettes des bras, puis de la jambe droite, et enfin de la jambe gauche (accès interne possible par l'ouverture du triangle pubien). Pubis lui aussi soudé par le biais de cuvettes + testicules remplis de métal de soudure et qui auraient servi de réservoir de chaleur (Karnis et Mille 2015). Tête-torse et pieds sur plinthe : brasure au plomb-étain (Lalli et al 2006). Joint tête-torse : soudure en plate-forme (Karnis et Mille 2015). Nombreuses comparaisons à la période hellénistique pour cette technique de soudage (liste dans Mille et al 2012).			
HAUT DE PAGE		1	

HEPHAÏSTOS - Fiche objet		VERS ANALYSES	BAS DE PAGE
<b>Etude technologique (suite)</b>			
<b>Décor</b>	Mamelons et lèvres incrustés par des inserts en cuivre non allié (Karnis et Mille 2015), et non lèvres coulés à part en plein et placés dans la cire (Saladino 2006). Plinthe métallique qui recouvrait le sommet étroit d'une base en pierre rectangulaire, constituée de 5 plaques de bronze : plaque supérieure et bord arrière non décorés, bords latéraux et bord avant décorés d'un motif de carrés et svastikas ( <i>L'atleta della Croazia</i> 2006).		
<b>Yeux</b>	Rapportés, perdus (Karnis 2004)		
<b>Réparation, ajustage, finitions</b>			
Très nombreux défauts liés aux dégagements gazeux pendant la coulée (bulles), aux épaisseurs irrégulières (notamment sous-épaisseur jambe droite porteuse) et aux assemblages soudés. Plusieurs centaines de réparures ont été nécessaires pour cacher ces défauts : petites plaquettes rectangulaires, grandes plaquettes polygonales, coulées secondaires pour combler les lacunes les plus importantes (Karnis 2004, Karnis et Mille 2015). Aisselle droite : renfort en bois analysé au 14C (restauration antique ?) : daté entre 30 av. et 130 ap. J.-C., date la plus probable v. 50 ap. J.-C. Bois carbonisé retrouvé à l'intérieur de la jambe droite analysé au 14C : 50-170 ap. J.-C., date la plus probable v. 110 ap. J.-C. (Saladino 2006).			
<b>Remarques</b>			
Matériaux organiques à l'intérieur de la statue. Analyses paléobotaniques et archéozoologiques : brindilles de bois, feuilles de laurier, noyaux, fruits et restes d'insectes. Nid d'un petit rongeur composé de foin de feuilles d'orme et chêne vert dans l'avant bras gauche de la statue. Trace des dents du rongeur sur le noyau. Analyses au 14C (Beta Analytic), entre 20 av. J.-C. et 110 ap. J.-C., milieu : la Méditerranée ( <i>L'atleta della Croazia</i> 2006).			
VERS ANALYSES		HAUT DE PAGE	
<b>Examens et analyses en laboratoire</b>			
<b>Type d'analyse</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Radio-Tomographie	<input checked="" type="checkbox"/> Compo élémentaire métal	<input type="checkbox"/> Coupe métallo. <input checked="" type="checkbox"/> Autre...
	<input checked="" type="checkbox"/> Endoscopie	<input checked="" type="checkbox"/> Compo isotopique plomb	<input type="checkbox"/> Diffraction X
<b>Laboratoire(s)</b>	Institut Croate de Restauration ; OPD ; C2RMF ; Univ. Melbourne		
<b>Localisation prélèvements / Résumé des résultats</b>			
Analyses élémentaires du métal par SEM/EDS et par ICP-AES d'abord réalisées en collaboration avec l'OPD. Problèmes liés à la forte corrosion des échantillons et à la localisation des prélèvements ( <i>L'atleta della Croazia</i> 2006). Nouvelles analyses par ICP-AES au C2RMF à partir de microforages dans métal sain : 6 coulées primaires (tête, torse, jambe gauche, triangle pubien, plinthe non décorée, plinthe décorée) et une coulée secondaire (soudage pubis sur les jambes et le torse). Dans tous les cas, bronze à fort taux de plomb (6,7 ± 1,9 % d'étain, 18,0 ± 4,0 de plomb). La plinthe décorée est la seule composition divergente (9,5 % d'étain et 11 % de plomb), elle a probablement été refaite lors d'une modification/restauration de la statue (Karnis et Mille, à paraître). Isotopes Pb : origine du plomb : SE des Alpes ou Sardaigne (Mudronja 2010). Analyses paléobotaniques et archéozoologiques (Université de Como ; <i>L'atleta della Croazia</i> 2006).			
<b>Bibliographie</b>			
<b>ID Fiche biblio</b>	<b>Référence bibliographique abrégée</b>	<b>Accès fiche</b>	
705	Mudronja 2010	<input type="checkbox"/>	
706	Cambi 2006	<input type="checkbox"/>	
707	Karnis 2004	<input type="checkbox"/>	
708	L'atleta della Croazia 2006	<input type="checkbox"/>	
709	Saladino 2006	<input type="checkbox"/>	
710	Lalli et al 2006	<input type="checkbox"/>	
1528	Karnis et Mille 2015	<input type="checkbox"/>	
1529	Karnis et Mille 2017	<input type="checkbox"/>	
1530	Mille et al 2012	<input type="checkbox"/>	
HAUT DE PAGE		2	

Fig. 2. Exemple d'une fiche d'œuvre extraite de la base de données *Héphaïstos* : l'Apoxymène de Croatie.

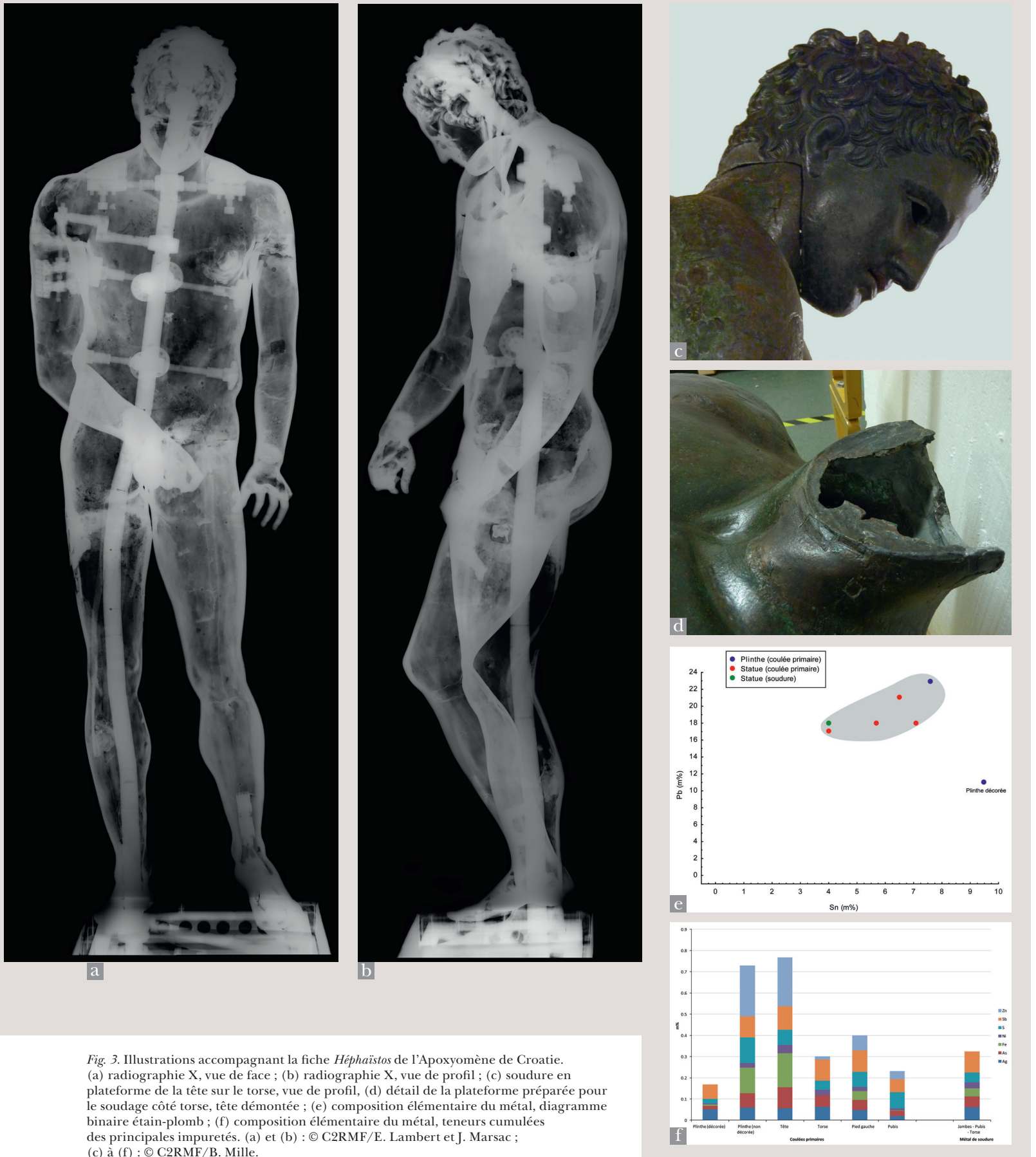


Fig. 3. Illustrations accompagnant la fiche Héphaïstos de l'Apoxyomène de Croatie. (a) radiographie X, vue de face ; (b) radiographie X, vue de profil ; (c) soudure en plateforme de la tête sur le torse, vue de profil, (d) détail de la plateforme préparée pour le soudage côté torse, tête démontée ; (e) composition élémentaire du métal, diagramme binaire étain-plomb ; (f) composition élémentaire du métal, teneurs cumulées des principales impuretés. (a) et (b) : © C2RMF/E. Lambert et J. Marsac ; (c) à (f) : © C2RMF/B. Mille.

assembler ces pièces. Les caractéristiques des statues sabéennes se prêtent sans difficulté à un enregistrement dans la base *Héphaïstos*, et nous avons ainsi renseigné une cinquantaine d'œuvres conservées dans les collections des musées du Yémen. Cela a ensuite permis de confronter dans le détail les techniques grecques et romaines aux techniques sudarabiques (tableau 1). Il a ainsi été montré que si les statues sudarabiques

partageaient les deux principes qui forment la base de la fabrication des grandes statues grecques et romaines, tout ou presque différencie les deux méthodes dans le détail de la mise en œuvre de ces techniques. Cela suggère un héritage technologique commun très ancien (Proche-Orient, Égypte ?), puis une évolution distincte de cet artisanat très spécialisé dans les deux grandes aires culturelles en question.

10

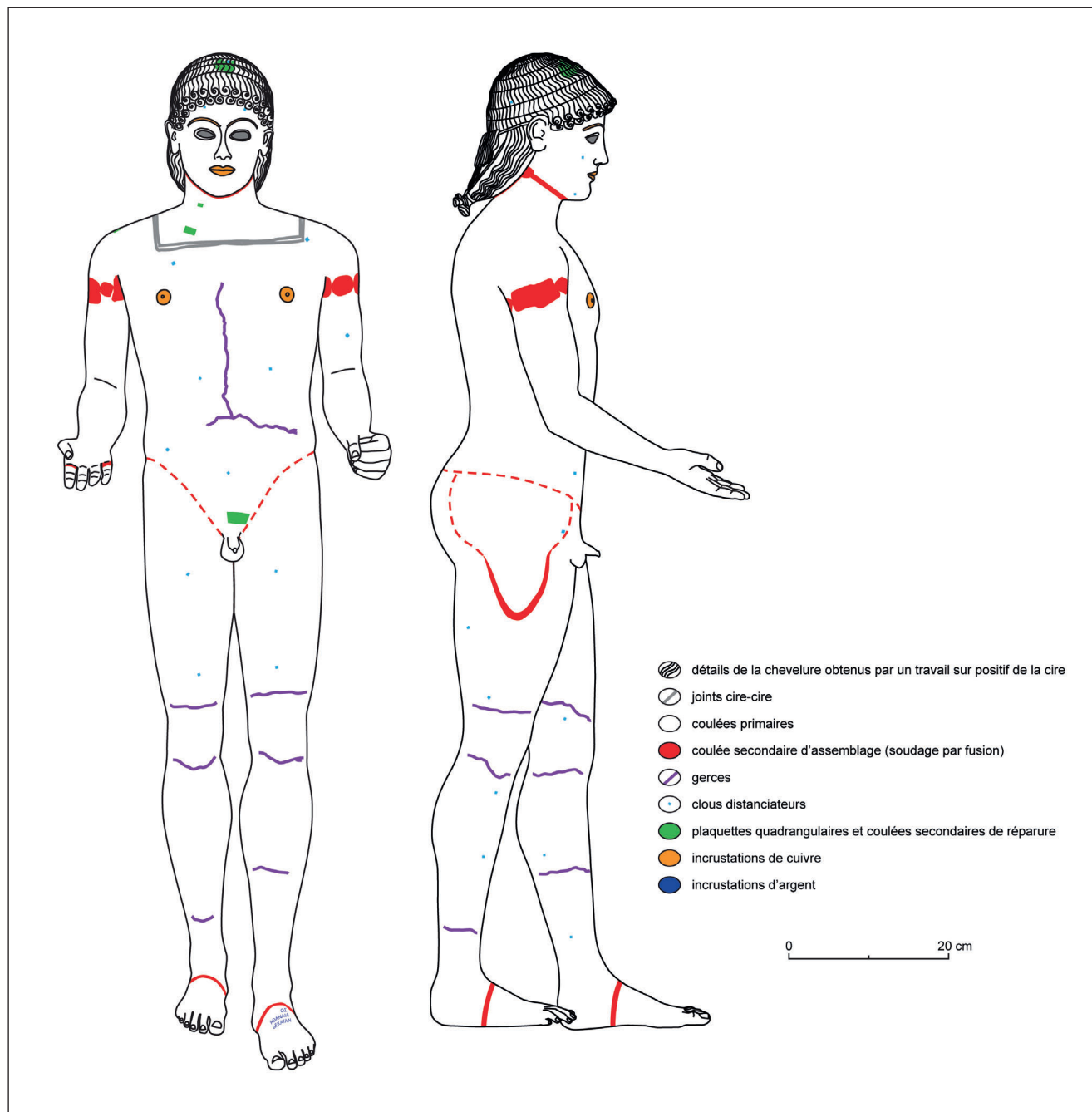


Fig. 4. Relevé de synthèse des observations technologiques effectuées sur l'Apollon de Piombino. Les techniques mises en évidence écartent définitivement l'hypothèse d'une datation des VI<sup>e</sup> ou V<sup>e</sup> siècles au profit de la période hellénistique (notamment l'alliage à fort taux de plomb et le type de soudure de la tête). Par ailleurs, le travail en fonderie a conduit à la production d'une œuvre presque exempte de défauts. Cette maîtrise tout à fait exceptionnelle pourrait être en relation avec l'origine rhodienne de la statue. © C2RMF/B. Mille.



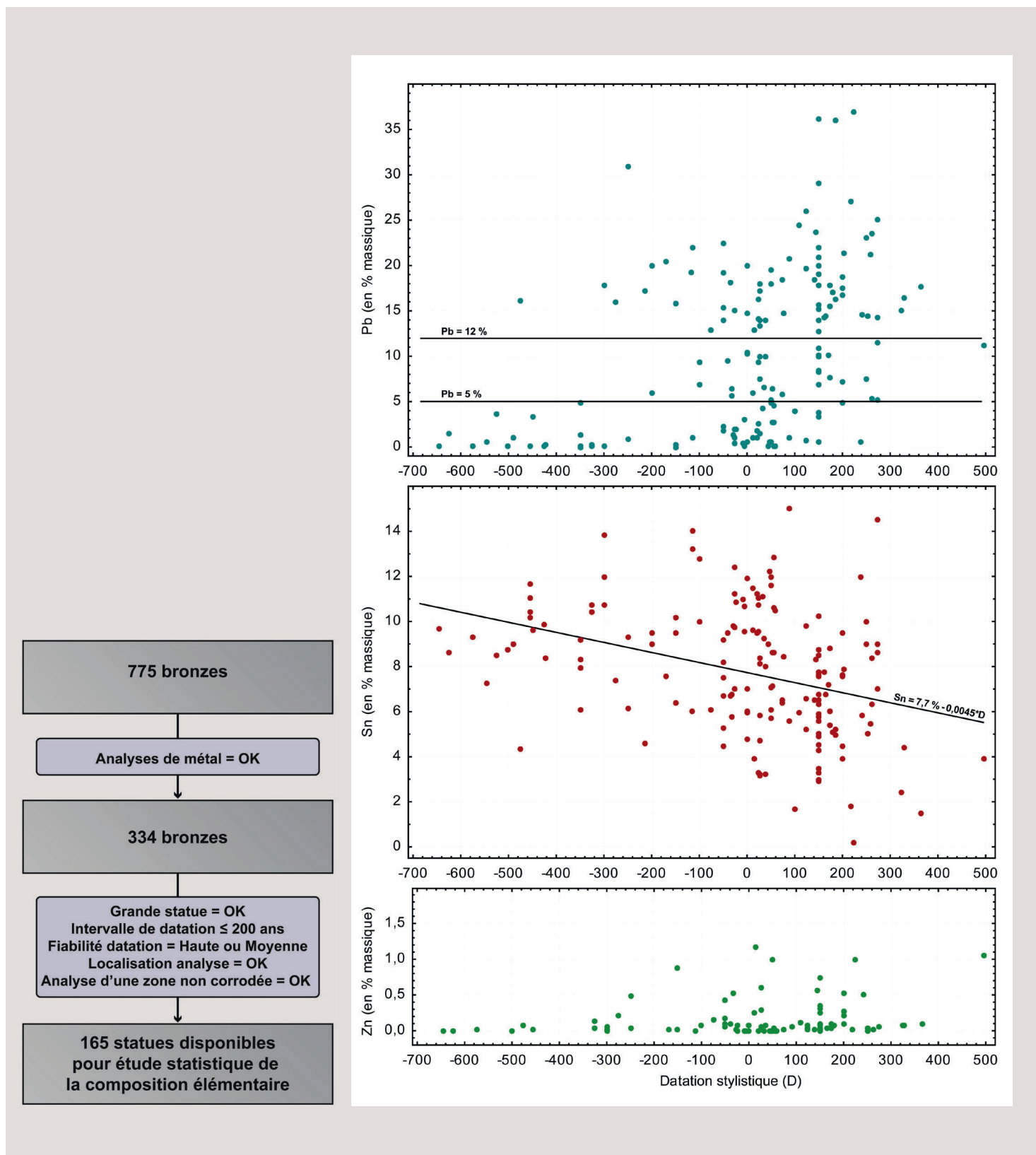


Fig. 5. Évolution de la composition des alliages de la grande statuaire grecque et romaine. © C2RMF/B. Mille. (a) critères de sélection utilisés pour isoler une série d'analyses de référence à partir de la base de données *Héphaïstos*. (b) Évolution des teneurs en zinc, étain et plomb d'après les analyses de bronzes grecs et romains durant la période 700 av. J.-C.- 500 ap. J.-C.

**Tableau 1. Comparaison des méthodes de fabrication sudarabique/gréco-romaine pour la grande statuaire antique en bronze. La comparaison se fait sur la base de statues coulées en pièces séparées (coulées primaires), ensuite assemblées par un procédé de soudage par fusion au bronze liquide, d'après Mille, 2012.**

Monde sabéen	Monde grec puis romain
Premières grandes statues de bronze : vers 600 av. J.-C.	Premières grandes statues de bronze : vers 550 av. J.-C.
Procédé indirect de fonte en creux à la cire perdue	Procédé indirect de fonte en creux à la cire perdue
Soudage par fusion au bronze liquide	Soudage par fusion au bronze liquide
Fréquent habillage du modèle en cire par des détails sculptés sur positif tout au long de la période de production	Profusion de détails ajoutés par un travail de la cire sur positif à la période du style sévère ; beaucoup moins fréquent ensuite
Les défauts de coulée sont rares	Les défauts de coulée sont très fréquents
Bronze à fort taux de plomb pendant toute la période de production (-600 à +300)	Bronze binaire, puis bronze à fort taux de plomb (après -300), usage non systématique
Parois métalliques très fines (1-3 mm), depuis -600 jusque +300	Parois métalliques assez épaisses (6 à 12 mm), diminuent fortement après -300 (2 à 4 mm)
Noyau creux aussi souvent que possible, systématiquement laissé dans la statue	Noyau plein. Retiré au moins partiellement pour le soudage, toujours enlevé après -300
Préparation du soudage complexe nécessitant de réserver des espaces à l'étape cire (anneaux), puis de mettre en place un noyau intermédiaire en plâtre, juste avant le soudage	Simple ajustage mécanique des bords à joindre (cordon linéaire), éventuellement complété par la découpe de demi-ovales en vis-à-vis (cuvettes)
Soudures en forme d'anneaux (période archaïque), puis en cordons linéaires	Diverses formes, dont soudure en cordons ponctués de cuvettes / soudure en plateforme pour la tête et les jambes à partir de la période hellénistique
Composition élémentaire du métal d'apport pour le soudage ≠ Composition élémentaire du métal des coulées primaires	Composition élémentaire du métal d'apport pour le soudage = Composition élémentaire du métal des coulées primaires

12

## De l'importance des techniques de soudage

Dès l'établissement du programme commun de recherche entre le département des Antiquités grecques, étrusques et romaines du Louvre et le C2RMF sur les techniques de la grande statuaire métallique antique, nous avons souligné que les techniques de soudage jouent un rôle essentiel dans la fabrication des grands bronzes grecs et romains<sup>14</sup>. Entre 2010 et 2013, une thèse de doctorat de l'université Paris VI a permis des avancées considérables dans la compréhension des paramètres thermiques et chimiques associées à ces complexes opérations d'assemblage<sup>15</sup> ; la journée d'études a été l'occasion d'exposer l'état d'avancement de ces recherches.

Par ailleurs, toujours dans le cadre de ce programme, une collaboration a été nouée avec l'Institut de Soudure : ont ainsi été produites les premières cartographies des zones soudées d'une statue antique par le biais de techniques ultrasonores très innovantes<sup>16</sup>. Ces techniques, en particulier la possibilité d'aboutir à de véritables tomographies ultrasonores, sont porteuses d'un grand avenir dans le domaine de la science des matériaux du patrimoine ; elles ont également été présentées par l'Institut de Soudure lors de la journée d'études. Soulignons enfin que l'Institut de Soudure s'est beaucoup investi dans l'organisation de cette journée, notamment en la personne de Daniel Chauveau, directeur de l'innovation ; ces quelques lignes sont la marque de notre reconnaissance pour cet important soutien.

## Des études complémentaires

Plusieurs dossiers inédits, sur des bronzes gallo-romains conservés au musée du Louvre, ont été ajoutés aux actes de la journée d'études. Ils illustrent d'autres directions de recherche empruntées par le C2RMF : l'étude de la fabrication des yeux de deux petits bustes d'Auguste et de Livie, exhumés à Neuilly-le-Réal en 1816, a mis en évidence l'existence d'une technique insoupçonnée jusqu'alors, qui associait production verrière de luxe et travail du bronze ; celle de l'Apollon de Lillebonne, découvert en 1823, a apporté des éléments nouveaux sur les techniques de dorure des statues d'époque impériale romaine et confirmé que l'effigie divine a connu, quelques décennies seulement après son érection, une phase de redorure partielle parce qu'elle se dressait en plein air.

Il a été demandé enfin aux spécialistes des surfaces métalliques patinées intentionnellement dans l'Antiquité de faire le point sur la question des « bronzes et cuivres noirs » ou « bronzes de Corinthe » plus de vingt ans après les premières études. Si l'on sait désormais que les patines noires à base de cuprite renferment toujours une faible quantité d'or et/ou d'argent ajoutée volontairement, comment explique-t-on aujourd'hui, à la lumière des progrès réalisés sur les nanoparticules, le phénomène physique étrange, découvert empiriquement par les Anciens, qui conduit l'œil à voir une patine de couleur noire, alors que la cuprite est rouge ?

## Notes

1. L'Apoxyomène a été exposé au département des Antiquités grecques, étrusques et romaines du musée du Louvre, du 23 novembre 2012 au 23 février 2013. La journée d'études « Originaux, répliques et pastiches : techniques d'élaboration et datation des grands bronzes antiques » a été organisée par S. Descamps et B. Mille, avec le soutien du musée du Louvre, du C2RMF et de l'Institut de Soudure. Elle a eu lieu le 12 février 2013.

2. Nous souhaitons également exprimer notre gratitude à Anne Terral, qui a assuré auprès de Brigitte Bourgeois l'assistance éditoriale de ce numéro de la revue *Technè*.

3. Voir en dernier lieu Daehner, 2015, avec la bibliographie antérieure.

4. Karniš Vidović, Mille, 2015 ; Karniš Vidović, Mille à paraître.

5. Karniš Vidović, Mille à paraître.

6. Voir dans ce volume, la fig. 6 de l'article de Bouyia, p. 29.

7. Mentionnons toutefois les lèvres plaquées de l'Apollon Chatsworth, vers 460-450 av. J.-C., une « anomalie » justifiée par l'attribution de l'œuvre à un artiste chypriote (Bouquillon *et al.*, 2006, p. 255-256).

8. Voir aussi dans ce volume les articles de Mattusch et Plattner.

9. Formigli, 1984. Mentionnons par exemple, à la suite de cette publication fondatrice, celles de Mattusch, 1996 ; Hemingway, 2004 ; Bouquillon *et al.*, 2006 ; Schalles, Pelz, 2011 ; Mille *et al.*, 2012.

10. La date est donnée sous la forme d'un intervalle (par exemple pour l'Apoxyomène de Croatie, entre -100 et 0). Nous attribuons aussi un critère de fiabilité – haute (datation absolue de la fabrication ; inscription épigraphique, iconographie ou style permettant un ancrage chronologique sans aucune ambiguïté possible) ; moyenne (données ne permettant pas de dater très précisément l'œuvre) ; basse (œuvre dont la datation est très discutée et/ou particulièrement difficile).

11. Formigli, 2012.

12. Sur ces questions de datation technologique et de lieu de production, voir aussi notre étude de l'Apollon de Piombino, Mille et Descamps-Lequime, à paraître, et l'article de N. Badoud dans ce volume.

13. Mille, 2012.

14. Bouquillon *et al.*, 2006, p. 243-250.

15. Azéma, 2013.

16. Azéma *et al.*, 2012.

## Bibliographie

- Azéma A., Angelini F., Mille B., Framézelle G., Chauveau D., 2012, « Le Gaulois captif d'Arles, étudié au C2RMF et analysé par l'IS grâce aux ultrasons », *Soudage et techniques connexes*, 66(9-10), p. 10-15.
- Azéma A., 2013, *Les techniques de soudage de la grande statuaire antique en bronze : étude des paramètres thermiques et chimiques contrôlant le soudage par fusion au bronze liquide*, Thèse de doctorat de l'université Pierre-et-Marie-Curie (Paris VI), spécialité chimie physique et chimie analytique de Paris Centre (ED 388), sous la direction de D. Bourgarit et l'encadrement de B. Mille, 251 p. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00918829/>, consulté le 1<sup>er</sup> mai 2017.
- Bouquillon A., Descamps-Lequime S., Hermay A., Mille B., 2006, « Nouvelle étude sur l'Apollon Chatsworth », *Revue Archéologique*, 2/2006, p. 227-261.
- Daehner J. M., 2015, « Statue of an Athlet (the Croatian Apoxyomenos) », dans Exp. Florence-Los Angeles, 2015, n° 41, p. 274-275.
- Exp. Florence-Los Angeles-Washington, 2015 : *Power and Pathos. Bronze Sculpture of the Hellenistic World* [Exposition, Florence, Palazzo Strozzi, 14 March-21 June 2015 ; Los Angeles, J. Paul Getty Museum, 28 July-1 November 2015 ; Washington D.C., National Gallery of Art, 6 December 2015-20 March 2016, Daehner J. M., Lapatin K. (eds.)], Giunti Editore, Fondazione Palazzo Strozzi, J. Paul Getty Trust.
- Formigli E., 1984 : « La tecnica di costruzione delle statue di Riace », dans Vlad Borelli L. et Pelagatti P. (eds), *Due Bronzi da Riace. Rinvenimento, restauro, analisi ed ipotesi di interpretazione*, 1-2 (Bollettino d'Arte 3, serie speciale), Roma, p. 107-142.
- Formigli E., 2012, « La datazione tecnologica dei grandi bronzi antichi: il caso della Lupa Capitolina », dans M. Denoyelle, S. Descamps, B. Mille, S. Verger (eds.), *Bronzes Grecs et Romains, recherches récentes, Hommage à Claude Rolley*, 16-17 juin 2009, INHA, <http://inha.revues.org/3956> (consulté le 25 mai 2017).
- Hemingway S., 2004, *The Horse and Jockey from Artemision. A Bronze Equestrian Monument of the Hellenistic Period*, University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London.
- Karniš Vidović I., Mille B., 2015, « The Croatian Apoxyomenos – New Insights into its Manufacturing Technique », dans *New Research on Ancient Bronzes. Acta of the XVIIIth International Congress on Ancient Bronzes (Zurich, September 3-7, 2013)*, Deschler-Erb E. et Della Casa P. (eds.), Zurich Studies in Archaeology, Vol. 10, 2015, p. 97-105.
- Karniš Vidović I., Mille B., à paraître, soumis en 2016, « New Results on the Alloys of the Croatian Apoxyomenos », dans Lapatin, K., Daehner, J. (eds.), *19th International Congress on Ancient Bronzes*, 13-17 octobre 2015, Los Angeles, Getty Trust.
- Mattusch C.C., 1996, *The Fire of Hephaistos. Large Classical Bronzes from North American Collection*, Harvard University Art Museum, Cambridge, Massachusetts.
- Mille B., 2012, « The Casting Techniques of Antique South Arabian Large Bronze Statues », dans P. Jett, B. McCarthy, J. G. Douglas (eds.), *Scientific Research on Ancient Asian Metallurgy: Proceedings of Fifth Forbes Symposium at the Freer Gallery of Art*, Washington, Smithsonian Institution, 28-29/10/2010, Archetype Publications Ltd, p. 225-247.
- Mille B., Rossetti L., Rolley C., Bourgarit D., Formigli E., Pernot M., 2012, « Les deux statues d'enfant en bronze (Cap d'Agde) : étude iconographique et technique », dans M. Denoyelle, S. Descamps-Lequime, B. Mille et S. Verger (eds.), *Bronzes Grecs et Romains, recherches récentes, Hommage à Claude Rolley*, 16-17 juin 2009, INHA, <http://inha.revues.org/3949> (consulté le 25 mai 2017).
- Mille B., Descamps-Lequime S., à paraître, soumis en 2016, « A Technological Re-Examination of the Piombino Apollo », dans Lapatin K., Daehner J. (eds.), *19th International Congress on Ancient Bronzes*, 13-17 octobre 2015, Los Angeles, Getty Trust.
- Schalles H.-J., Pelz U., 2011, *Der Xantener Knabe. Technologie, Ikonographie, Funktion und Datierung*, (Xantener Berichte 22), Philip von Zabern, Darmstadt.