HAL
open science

La Transition du fer Météoritique au fer terrestre à Sidon (College Site).

Albert Jambon, Claude Doumet-Serhal

▶ To cite this version:

Albert Jambon, Claude Doumet-Serhal. La Transition du fer Météoritique au fer terrestre à Sidon (College Site).. Archaeology and History in the Lebanon, 2018, 48, pp.82-95. hal-02383561

HAL Id: hal-02383561
https://hal.science/hal-02383561

Submitted on 10 Dec 2019

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

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

La transition du fer météoritique au fer terrestre à Sidon (*College site*)[1]

.

Albert Jambon[1,2] & **Claude Doumet-Serhal**[3]

[1]Université de la Côte d'Azur, UPMC, CNRS, OCA, IRD, Géoazur, Sophia Antipolis, France
[2]Sorbonne Universités, UPMC Univ Paris 06, MNHN and IMPMC, France
albert.jambon@upmc.fr

[3] Directrice des fouilles de Sidon depuis 1998, Special assistant the British Museum

Résumé
Les découvertes archéologiques indiquent que la métallurgie du fer est probablement apparue vers 1200 BCE quelque part au Proche-Orient, l'Age du Fer ayant commencé très peu après lorsque la pratique métallurgique se fut bien établie. Des analyses récentes d'objets en fer de l'âge du Bronze ont effectivement montré que tous ces objets étaient constitués de fer météoritique. Parmi les questions importantes qu'il nous reste à résoudre pour l'apparition du fer métallurgique, on peut mentionner : à quel endroit? dans quelle culture? et à quelle date? On ne pourra répondre à ces questions que par l'analyse précise d'objets bien datés, trouvés sur des sites variés autant que possible.

Aucun objet de fer de l'âge du Bronze ou de l'Age du Fer précoce n'a été analysé au Liban jusqu'ici et le présent travail d'analyse des objets de fer trouvés sur le site du collège à Sidon a pour but de contribuer à combler cette lacune. Ce site parait aussi particulièrement intéressant car il présente une séquence stratigraphique continue de la fin du 4ème millénaire av. J.-C qui se prolonge jusqu'à l'époque romaine avec des éléments de l'époque médiévale. Le 13ème siècle bien documenté représente l'âge d'or de Sidon. La fouille des niveaux du 12ème siècle av. J,-C est en cours et de récentes découvertes ont révélée des niveaux d'occupation continue du milieu du 11ème siècle av. J.-C au 8ème au siècle. Cette continuité stratigraphique (Bordreuil & Doumet-Serhal 2013, 83-112) témoigne d'un temple conçu à long terme, selon une formule qui sera pérennisée durant l'époque phénicienne.

Comme on pouvait s'y attendre, une bague de l'âge du Bronze Moyen, constituée d'un anneau d'or et d'un tore planoconvexe en fer, s'avère être en fer météoritique alors que les 4 objets de l'âge du Fer précoce (de la 2ème moitié du 11ème siècle BCE et du début du 10ème siècle) sont en fer terrestre.

---

[1] Archaeology and History in the Lebanon, 2018, 82-95.

1. Introduction

L'apparition de la métallurgie du fer est une révolution technique, économique et culturelle majeure dans l'histoire de l'humanité. Si l'on a de fortes raisons de penser qu'elle a commencé au Proche-Orient vers 1200 avant notre ère (Waldbaum, 1978; chap. 3-4) dans le détail on ne sait ni où, ni quand, ni comment. Ainsi il existe des objets de fer, en petit nombre certes, trouvés dans des sites archéologiques de l'âge du Bronze, aussi bien au Proche-Orient (Anatolie, Egypte, Iraq, Iran, Israël, Jordanie, Liban, Syrie; voir par exemple les inventaires de Waldbaum (1999-1980), qu'en Grèce (Varoufakis, 1982). Deux hypothèses explicatives ont été proposées : 1) Il s'agit de fer météoritique ce qui implique que la métallurgie extractive du fer n'aurait pas été inventée avant la fin de l'âge du Bronze. 2) Il s'agit d'une métallurgie confidentielle inventée au cours de l'âge du Bronze et dont le secret aurait été jalousement gardé pendant près de deux millénaires peut-être. En fait, très peu d'objets ont été analysés, mais toutes les analyses récentes ont montré que les fers du Proche-Orient datés de l'âge du Bronze, lorsqu'ils sont proprement analysés et que l'on s'affranchit des problèmes d'altération, sont tous de fer météoritique (Nakai et al. 2008; Rehren et al. 2013 ; Johnson, 2013 ; Comelli et al. 2016; Ströbele et al. 2016; Jambon, 2017). Il convient donc maintenant de multiplier les analyses pour transformer cette hypothèse en paradigme. D'autre part, l'analyse d'objets de la période supposée de transition âge du Bronze/âge du Fer pourrait permettre de mieux caler cette évolution dans le temps et dans l'espace. C'est dans cette problématique que s'inscrit le présent travail.

2. Méthode analytique

L'Analyse chimique par fluorescence X portable (p-XRF) s'est considérablement répandue ces dernières années dans le domaine de l'archéologie en raison de son caractère non destructif et de sa facilité de mise en œuvre. Cette méthode permet d'obtenir la composition chimique de la zone superficielle de n'importe quel matériau. Dans le cas d'objets en métal suffisamment préservés elle permet d'obtenir des valeurs fiables pour Mn, Fe, Co, Ni, Cu, éléments importants pour la détermination de l'origine possible du fer. La méthode analytique a été présentée et discutée en détail par Jambon (2017).

Nous utilisons un analyseur (Niton X3t 900) opérant avec une source de rayons X à 50 kV. Une série de filtres utilisés de façon séquentielle permet de travailler successivement dans quatre domaines du spectre depuis 1.25 keV (raie K du Mg) jusqu'à 13.6 keV (raie K de l'U). Pour l'analyse d'objets en fer, seules deux fenêtres sont utilisées permettant d'analyser les éléments légers (de Al à Ca) et les éléments de transition (de Ti à Cu). Les analyses s'effectuent à l'air ambiant, l'obtention d'un point d'analyse prenant environ 2 minutes. On notera que les éléments plus légers que Mg (par exemple l'oxygène et le carbone) ne peuvent être analysés même si les résultats d'analyse d'un métal et de son oxyde sont différents. La durée d'analyse est

un compromis afin d'abaisser la limite de détection des éléments mineurs et de permettre des réplications en un temps raisonnable. La comparaison avec d'autres méthodes analytiques mises en œuvre sur les mêmes échantillons (NAA et EMPA) indique que la limitation est liée à l'état de surface de l'échantillon et non pas à la méthode.

3. Les échantillons

La liste des échantillons analysés est présentée dans le tableau 1.

Echantillon	Ref	N° d'analyses	Niveau
Bague	Δ4653	582-593	BMII B (1700-1600 BCE)
Couteau	Δ 7901	577-581	1050-1000 BCE
Grand Couteau	Δ 6118	594-598	1050-1000 BCE
Moyen Couteau	Δ 6231	599-604	1050-1000 BCE
Petit Couteau	Δ 941	605-609	site de Sandikli
Hache (?)	Δ 3205	610-616	Temple, Bronze Récent (remblais)

Tableau 1 : Liste des échantillons de Sidon *(Site du collège)* analysés par p-XRF.

3.1. Les objets

La bague Δ S/4653. C'est le seul objet de l'âge du bronze moyen. Cette bague en or, sertie d'un anneau de fer planoconvexe, a été trouvée accompagnée d'un pendentif et d'une feuille d'or dans la tombe 102 (Niveau 5, S/4653/6037) (Doumet-Serhal et Kopetzky, 2012). Cette tombe d'une femme d'âge indéterminé contenait de nombreux récipients miniatures en poterie, certains d'entre eux d'influence égyptienne. La bague était placée sur le second (ou troisième) doigt de la main gauche. Elle a été décrite en détail par Griffiths et Merkel (2011) qui relèvent que la bague porte des marques d'usure. Elle présente un diametre de 2.2 cm, et une épaisseur de 0.4 cm (y compris la partie en fer ; l'anneau d'or faisant 0.1 cm d'épaisseur).

Sur les photos on remarque parfaitement que des morceaux d'oxyde de fer sont collés sur l'or même lorsque l'anneau de fer est détruit ce qui ne permet pas de séparer parfaitement ces deux métaux lors des analyses. La photo indique la position des points d'analyse (cercles d'environ 5 mm de diamètre), la bague étant placée sur un support en polyéthylène d'axe de symétrie vertical, le faisceau analytique étant dirigé radialement et horizontalement en direction de la surface externe.

Figure 1 : photo de la bague. Les numeros renvoient aux analyses.

Les objets du premier âge du fer. Il s'agit de tous les autres objets. On notera qu'il s'agit d'objets utilitaires qui sont en cours de publication.

Couteau (Δ S/7901) (8376; analyses 577-581). Un fragment allongé interprété comme un fragment de lame de couteau. Sol du temple phase C, chambre 5. Près de la niche. Il s'agit là de la 2ème moitié du 11 ème siècle av. J.-C.

Grand Couteau (Δ S/ 6118) (analyses 594-598) Lame fine ondulée en 5 morceaux se raccordant (recollés?).

Moyen Couteau (Δ S/6231) (analyses 599-604) Lame large en 4-5 morceaux.

Les Couteaux **(Δ S/** 6118 et Δ **S/**6231 proviennent tous deux du même contexte (**10025/10031)** et correspondent au 1er âge du Fer (chambre 1 du temple; phase A. plan -A-1) soit la 2ème moitié du 11 ème siècle. Ils ont été retrouvés avec des astragales de boeufs et de moutons.

Petit Couteau (Δ S/941) (307- contexte SA**;** analyses 605-609) Pièce de fer en 5 morceaux se raccordant, en forme de fuseau et interprété comme un couteau. Site de Sandikli. Sur ce site se trouve un temple de l'époque perse et le petit couteau a été trouvé dans un niveau de nivellement.

La hache (Δ S/ 3205) (contexte **1051** analyses 610-616) provient des niveaux supérieurs de remplissage d'un temple, souterrain, à 7 m à partir du niveau de la rue datant du Bronze Récent ' Le saint des saints' (Doumet-Serhal 2011-2102, p. 297-388). Malheureusement le niveau reste haut par rapport au sol du temple. On ne peut donc pas assigner une date précise à cet objet provenant des remblais.

Figure 2 : Photos des objets de l'âge du fer analysés à Sidon (Site du Collège).

5. Résultats

Les résultats analytiques bruts sont listés dans le tableau 2. Le S (0.2% en moyenne, toujours <1.2%), le Ti (moyenne 0.1 et toujours <0.2%) et le Cr (<0.02%) n'ont pas été listés. Tous les autres éléments de numéro atomique inférieur au Cu et absents du tableau sont en dessous du seuil de détection. Pour Al, Si et S ainsi que pour les éléments non listés, nous considérons qu'il s'agit de contamination : présence de sédiment dans le cas de Si et Al. Afin de faciliter l'interprétation nous avons recalculé les compositions sur une base de fer métal, c'est à dire en ne

prenant en compte que les éléments P, Fe, Co, Ni et Cu, en omettant l'or et l'argent éventuels (Tableau 3).

	#	Al	Si	P	Mn	Fe	Co	NI	Cu	Ag	Au	Total
Bague D4653	584		2.68			50.13	0.22	0.74	1.72	3.07	**41.41**	97.29
Bague D4653	591					55.39			1.42		**43.07**	99.99
Bague D4653	592		4.17			22.83			3.28	6.51	**63.16**	95.78
Bague D4653	593		4.67			69.09	0.53	2.02	0.89	1.73	20.78	95.04
Bague D4653	582	2.03	11.92			78.57	0.60	3.41	0.36	0.25	2.52	85.71
Bague D4653	589	2.44	9.52			80.35	0.57	3.55	0.19	0.31	2.76	87.73
Bague D4653	590		2.27			85.98	0.60	2.96	0.30		7.85	97.69
Couteau D7901	577	5.60	19.10	1.10		73.10	0.50		0.07			73.67
Couteau D7901	578	5.98	21.94	1.34	0.08	69.35	0.52		0.13			70.00
Couteau D7901	579	3.87	9.80	0.67		84.34	0.61		0.08			85.03
Couteau D7901	580	2.55	10.75	0.61	0.06	85.04	0.41		0.06			85.51
Couteau D7901	581	6.01	17.72	0.98	0.04	74.13	0.43		0.07			74.63
Couteau D6118	594	1.05	3.68	0.22		94.30	0.14		0.19			94.63
Couteau D6118	595		7.27	0.32		90.70			0.16			90.86
Couteau D6118	596	1.34	3.98	0.30		93.74	0.15		0.05			93.94
Couteau D6118	597	0.90	3.33	0.30		94.50	0.28		0.05			94.83
Couteau D6118	598	0.99	3.35	0.22		94.70	0.14		0.04			94.88
Couteau D6231	599	0.83	6.01	0.20		92.33	0.17		0.07			92.57
Couteau D6231	600	0.75	2.25	0.16		96.23	0.13		0.14			96.50
Couteau D6231	601	0.86	2.57	0.24		95.62	0.21		0.11			95.94
Couteau D6231	602	0.66	2.27	0.22		96.25	0.19		0.08			96.52
Couteau D6231	604	0.68	1.64	0.12		97.05	0.23		0.06			97.34
Couteau D941	605		1.08	0.22		98.38			0.14			98.52
Couteau D941	606	0.81	2.24	0.32	0.03	96.00	0.18		0.20			96.38
Couteau D941	607	0.46	1.23	0.28		97.70			0.14			97.84
Couteau D941	608	2.80	5.97	0.33	0.09	90.13	0.16	0.05	0.16			90.50
Couteau D941	609	2.60	5.93	0.26	0.04	90.85			0.10			90.95
Hache D3205	610	2.78	8.94	0.52		87.20	0.40		0.03			87.63
Hache D3205	611	2.30	6.74	0.38		90.02	0.45					90.47
Hache D3205	613	1.06	3.31	0.35	0.03	94.88	0.19		0.02			95.09
Hache D3205	614	1.68	4.13	0.20		93.55	0.30					93.85
Hache D3205	615	2.30	5.60	0.38		91.10	0.41					91.51
Hache D3205	616	0.73	2.64	0.18		95.97	0.30		0.05			96.32

Tableau 2 : Résultats bruts des analyses XRF. Les concentrations en Al et Si reflètent une contamination de surface. Le total est donné pour la fraction métallique seule.

	#	P	Fe	Co	Ni	Cu	Total *	Ni/Fe	Ni/Co	Co/Ni
Bague D4653	584	0	94.9	0.42	1.40	3.26	52.81	0.015	3.4	0.30
Bague D4653	593	0	95.3	0.73	2.79	1.23	72.53	0.029	3.8	0.26
Bague D4653	582	0	94.7	0.72	4.11	0.43	82.94	0.043	5.7	0.18
Bague D4653	589	0	94.9	0.67	4.19	0.22	84.66	0.044	6.2	0.16
Bague D4653	590	0	95.7	0.67	3.29	0.33	89.84	0.034	4.9	0.20
Couteau D7901	577	1.47	97.8	0.67	0	0.09	74.77	<0.02	0	>33
Couteau D7901	578	1.88	97.2	0.73	0	0.18	71.34	<0.02	0	>36
Couteau D7901	579	0.78	98.4	0.71	0	0.09	85.70	<0.02	0	>36
Couteau D7901	580	0.71	98.7	0.48	0	0.07	86.12	<0.02	0	>24
Couteau D7901	581	1.30	98.0	0.57	0	0.09	75.61	<0.02	0	>28
Couteau D6118	594	0.23	99.4	0.15	0	0.20	94.85	<0.02	0	>7
Couteau D6118	595	0.35	99.5	0	0	0.18	91.18	<0.02	-	-
Couteau D6118	596	0.32	99.5	0.16	0	0.05	94.24	<0.02	0	>8
Couteau D6118	597	0.32	99.3	0.29	0	0.05	95.13	<0.02	0	>15
Couteau D6118	598	0.23	99.6	0.15	0	0.04	95.10	<0.02	0	>7
Couteau D6231	599	0.22	99.5	0.18	0	0.08	92.77	<0.02	0	>9
Couteau D6231	600	0.17	99.6	0.13	0	0.14	96.66	<0.02	0	>7
Couteau D6231	601	0.25	99.4	0.22	0	0.11	96.18	<0.02	0	>11
Couteau D6231	602	0.23	99.5	0.20	0	0.08	96.74	<0.02	0	>10
Couteau D6231	604	0.12	99.6	0.24	0	0.06	97.46	<0.02	0	>12
Couteau D941	605	0.22	99.6	0	0	0.14	98.74	<0.02	-	-
Couteau D941	606	0.33	99.3	0.19	0	0.21	96.70	<0.02	0	>9
Couteau D941	607	0.29	99.6	0	0	0.14	98.12	<0.02	-	-
Couteau D941	608	0.36	99.2	0.18	0.06	0.18	90.83	0.001	0	>9
Couteau D941	609	0.29	99.6	0	0	0.11	91.21	<0.02	-	-
Hache D3205	610	0.59	98.9	0.45	0	0.03	88.15	<0.02	0	>23
Hache D3205	611	0.42	99.1	0.50	0	0.00	90.85	<0.02	0	>25
Hache D3205	613	0.37	99.4	0.20	0	0.02	95.44	<0.02	0	>10
Hache D3205	614	0.21	99.5	0.32	0	0.00	94.05	<0.02	0	>16
Hache D3205	615	0.41	99.1	0.45	0	0.00	91.89	<0.02	0	>22
Hache D3205	616	0.19	99.5	0.31	0	0.05	96.50	<0.02	0	>16

Tableau 3 : Composition du fer métal. Données corrigées des contaminations, recalculées sur une base sans oxygène et normalisées à 100%. Le total correspond à la valeur avant normalisation. La fraction electrum dans la bague D4653 a été soustraite. On notera que seule la bague contient du Ni en quantité significative.

5.1. La bague (Δ S/ 4653. On a essayé d'analyser la partie fer et la partie or, mais la résolution spatiale n'est pas suffisante pour séparer complètement ces deux types de métaux.

Après correction de la contribution en fer, l'or contient environ 7.0 % (8.5 - 6.1%) d'argent ; on peut donc parler d'électrum. La teneur en cuivre de 3.5 % (2.9 - 4.3%)

pourrait être liée à la soudure des granulations sur l'anneau (voir Griffiths et Merkel, 2011-2012, p. 53-59), l'or ne contenant pas de quantités notables de cuivre à l'état natif.

Le fer contient des quantités significatives de Ni, le Co étant environ cinq fois plus faible. Il s'agit là typiquement et sans ambiguïté de fer météoritique corrodé. Dans un diagramme Ni/Fe en fonction de Ni/Co (Jambon, 2017) les points représentatifs de la bague se placent sur la ligne de corrélation déterminée par d'autres objets archéologiques en fer météoritique (figure 3). Les points s'écartent du domaine des météorites à cause du lessivage partiel du nickel lors de l'altération, les abondances

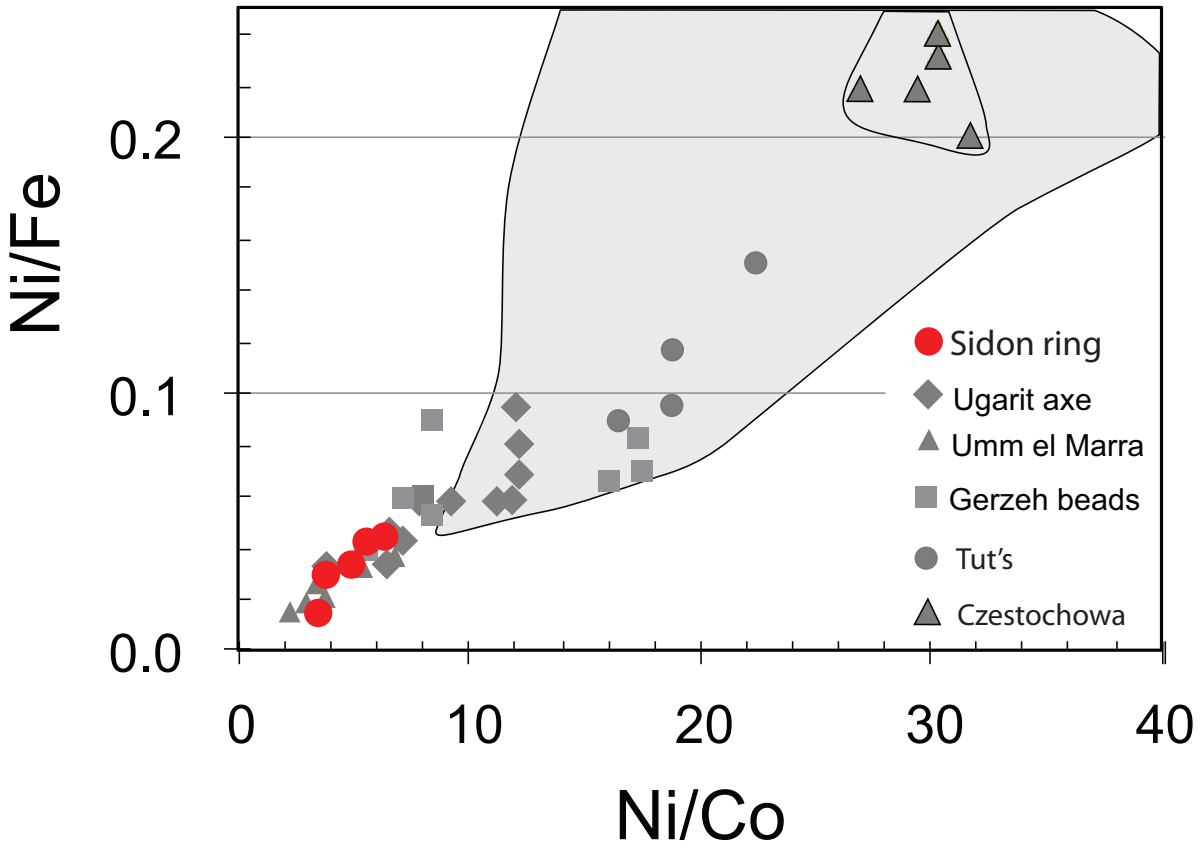

Fig. 3: Diagramme Ni/Fe vs Ni/Co. Les points représentatifs de la bague de Sidon suivent la même tendance que les fers météoritiques analysés précédemment (Jambon, 2017). Le domaine grisé correspond aux météorites de fer.

variables en Ni correspondant à des degrés d'altération plus ou moins poussés. On peut même considérer que les points représentatifs de la bague de Sidon constituent une démonstration intéressante d'une méthode qui a été établie indépendamment, avant même qu'elle ne puisse être analysée. On notera que Griffiths et Merkel (2011-2012) ont analysé un fragment de rouille détaché de la bague en utilisant un détecteur EDS dans un microscope éléctronique à balayage. Les quantités de Ni mesurées sont restées faibles, jusqu'à 1.2% seulement, l'absence de données pour le Co ne permet pas hélas de les représenter dans la figure 2. Ce résultat n'est absolument pas surprenant pour un morceau de métal extrêmement corrodé et doit

être considéré comme en accord avec nos mesures obtenues directement sur l'anneau.

5.2. Les objets du premier âge du fer.

Le Ni est toujours en dessous du seuil de détection ce qui au premier abord indique soit un fer terrestre soit un fer météoritique extrêmement corrodé. Le Co variable selon les objets est plutôt élevé et peut monter jusqu'à 0.5% dans le couteau**(Δ S/** 7901. En tenant compte du seuil de détection, le rapport Co/Ni est supérieur à l'unité, une caractéristique du fer terrestre. En conséquence nous concluons que tous ces objets ont été élaborés par réduction d'un minerai qu'il faudrait préciser.

6. Discussion

6.1. La bague : Comme nous venons de le mentionner, les objets en fer de l'Age du Bronze sont fréquemment des bijoux. La nature du fer météoritique sur la bague confirme, s'il en était besoin, qu'il s'agit d'un objet de très grande valeur. Nous pouvons en effet rappeler que le fer à cette époque valait environ dix fois le prix de l'or (Zaccagnini 1990). La nature de ce métal confirme ce que nous avons déja énoncé précédemment, à savoir que tous les objets de fer de l'âge du Bronze seraient en fer météoritique, jusqu'à preuve du contraire, et que la découverte de la réduction du minerai précède immédiatement l'âge du Fer (Jambon 2017). Il ne s'agit pas d'une métallurgie confidentielle gardée jalousement par quelque(s) potentat(s).

Le métal étant très altéré, on ne peut pas espérer à partir de nos analyses, s'avancer sur l'origine de la météorite ayant pu servir à constituer cette objet par comparaison à d'autres objets en fer de la même époque. Une question intéressante serait de savoir si la bague est une fabrication locale ou une importation si sa typologie était suffisamment caractéristique. En effet, la recherche de fer météoritique était-elle une spécialité dans l'un ou l'autre pays, ou bien une pratique répandue dans tout le monde antique à l'âge du Bronze? La technique de fabrication est elle aussi une question intéressante. Le mauvais état de préservation du fer nous permet juste de spéculer. Le fer aurait-il été soudé à partir d'un "colombin" de quelques cm enroulé au préalable à chaud autour d'une matrice? D'ailleurs les manques sur l'anneau de fer pourraient correspondre à cette soudure, mais cela n'est pas la seule possibilité. Une mise en forme et une soudure présenteraient le gros avantage de minimiser la quantité de métal utilisé. Si c'était le cas, il faudrait en déduire que dès l'âge du bronze moyen la maîtrise du traitement thermique du fer (à défaut de parler de forgeage) était déjà assez avancée. La dague trouvée à Alaca Höyük (2400 BCE) (Koşay 1938, 1951; Wertime, 1973) dont la lame est en fer météoritique (Nakai et al. 2008; Jambon, 2017) confirme que le travail du métal à chaud devait sans nul doute être connu à cette époque.

Un inventaire des objets de fer de l'âge du Bronze au proche-Orient a été établi il y a quelques années déjà par Waldbaum (1980, 1999). On notera que les objets à partir du 12ème siècle sont classés parmi les objets de l'âge du Fer dans les inventaires de Waldbaum. Depuis cette date il y a eu très peu de découvertes significatives, dont la bague analysée ici et le pendentif d'Umm el Marra (Jambon, 2018) qui n'a

	localité	référence
Liban	Sidon, tomb 102	Doumet et Kopetzki, 2011
Crete	Archanes, sanctuary	Varoufakis, 1981
Crete	Archanes, sanctuary	Catling 1981; Varoufakis 1981;
Crete	Phaistos, tomb	Savignoni 1904; Müller 1909
Crete	Phaistos, tomb	Savignoni 1904; Müller 1909
Grèce	Vaphios, tholos tomb	Tsountas 1889; Varoufakis 1981
Grèce	Kakovatos, tholos A. 5682?	Müller 1909; Varoufakis 1981
Grèce	Asine, chamber tomb I	Frödin et Persson 1938
Grèce	Mycène, Chamber tomb 10-28	Tsountas 1888;
Grèce	Mycène, tomb 58; #2866	Varoufakis, 1981
Grèce	Mycène; #2337	Varoufakis, 1981
Grèce	Mycène;	Varoufakis, 1981
Grèce	Mycène; #3213	Varoufakis, 1981
Grèce	Mycène tomb 68; #2986	Varoufakis, 1982
Grèce	Dendra, tholos tomb;	Persson, 1931; Varoufakis 1981
Grèce	Thèbes	Varoufakis, 1981
Grèce	Melathria near Soukra, Tomb A1	Dimacopoulou, 1968; Varoufakis 1981
Israel	Tel Nami tomb	Artzi *in Waldbaum 1999*
Liban	Kamid el-Loz, metal workshop of palace	Frisch et al, 1985
Syrie	Megiddo, tomb 912B	Guy et Engberg, 1938;
Syrie	Minet el beida, tomb 3	Schaeffer, 1929;

Tableau 4 : Bagues en fer de l'âge du Bronze trouvées au Proche-Orient.

probablement pas subi de mise en forme. Waldbaum a ainsi listé 24 bagues de l'âge du Bronze, tableau 4 (N.B. nous avons retiré les objets de Timna (Israël), dont il a été montré récemment qu'ils datent de l'âge du Fer : Peters et al. 2017). Parmi celles-ci, 16 proviennent de Grèce continentale, 4 de Crète, une du Liban (Sidon non comprise), 2 de Syrie et une d'Israël. On notera que la bague de Sidon fait partie des plus anciennes avec les bagues de Crète. Les bagues sont souvent composites (argent, or, plomb, bronze ou cuivre) et parfois portaient une pierre. Aucune de ces bagues ne ressemble typologiquement à la bague de Sidon qui est à ce jour un objet unique en son genre (Griffiths et Merkel 2011).

6.2. Les objets de l'âge du fer , c'est à dire tous ceux postérieurs à 1200 BCE, sont en fer de réduction. Le hasard des trouvailles fait que les plus anciens sont datés de 1050 BCE soit un siècle et demi après la rupture théorique. De nouvelles trouvailles aussi bien avant qu'après 1200 BCE et de nouvelles mesures seront nécessaires pour mieux contraindre la date de l'invention de la réduction du fer. On notera que les premiers sites avec des fours de réduction d'une part (Tell Hammeh) et des fours de raffinage (Tel Beth Shemesh) incontestables sont situés à environ 120-180 km plus au sud et datés d'environ 900 BCE (Veldhuijzen, 2012). Les objets en fers de Sidon sont donc positionnés sans aucun doute comme des objets de fer terrestre très

précoces. Il s'agit d'objets utilitaires (couteaux) et non pas de bijoux ou d'objets de prestige comme celà est la règle à l'Age du Bronze.

Classiquement les auteurs considèrent les 12ème et 11ème siècles comme constituant de ce point de vue une période de transition dans le monde Grec et au Levant car le nombre de trouvailles y est limité comparé au nombre d'objets similaires en bronze, indiquant probablement une production à petite échelle et/ou dans un nombre de sites restreint. Comme l'a montré Waldbaum (1978) le nombre d'objets augmente progressivement à partir du 12ème siècle, la vraie question étant de savoir quand placer exactement la rupture entre l'ancien monde et le nouveau, si cela a un sens. Comme l'a bien noté Waldbaum (1980), au 12ème siècle l'objet emblématique est le couteau, dans tous les sites étudiés (Tell Qasile en Palestine, Hama en Syrie, Kouklia à Chypre, Naxos (cyclades), Lefkandi (Eubée) et Perati en Grèce), et de ce point de vue Sidon ne fait pas exception.

7. Conclusions

Les trouvailles d'objets en fer sur le site de Sidon confirme pour cette région ce qui peut déja être connu par ailleurs sur d'autres sites du Proche Orient. A l'âge du Bronze, le fer est météoritique est il est utilisé pour des bijoux ou des objets de prestige. Dès le début de l'âge du fer, le nombre et la nature des objets change brutalement. Il s'agit de fer de réduction et l'objet emblématique, le couteau, est maintenant utilitaire. Il apparaît donc nécessaire aujourd'hui de préciser les sites et les dates de cette transition sachant que le caractère discontinu des trouvailles archéologiques rend cette recherche plus ou moins aléatoire. L'étude de sites comme celui de Sidon, où la stratigraphie durant l'époque cruciale semble continue est clairement un site de choix pour cette recherche.

Bibliographie

P. Bordreuil P.,C. Doumet-Serhal 2013,“Un nouveau temple phénicien à Sidon”, *Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, séances de l’année janvier-mars, p. 83-112.

H.W. Catling, 1981, Archaeology in Greece, 1980-81. Archaeological Reports for **1980-81,** p. 3-62. The Society for the Promotion of Hellenic Studies and The British School at Athens.

D. Comelli, M. D'Orazio, L. Folco, M. El-Halwagy, T. Frizzi, R. Alberti, V. Capogrosso A. El-Naggar, H. Hassan, A. Nevin, F. Porcelli M.G. Rashed. and G. Valentini 2016,The meteoritic origin of Tutankhamen's iron dagger blade, *Meteorit. Planet. Sci.*, 1–9, https://doi.org/10.1111/maps.12664.

A. Dimacopoulou, 1968, « Mycenaean Chamber Tombs Near Skoura in Lakonia », *Athens Annals of Archaeology* I . p. 40-41.

C. Doumet-Serhal et M. Williams, 2011/12, « Sidon Holy of Holies : The Late Bronze Age Underground Cella », *Archaeology & History in the Lebanon*, p. 34-35, 297-308.

C. Doumet-Serhal et K. Kopetzky, 2011/12, « Sidon and Tell el-Dab'a: Two cities one story. A highlight on metal artefacts from the Middle Bronze Age graves », *Archaeology & History in the Lebanon*, p. 9-52, esp. 39.

B. Frisch, G. Mansfeld et W. R. Thiele, 1985, *Kâmid el-Loz 6. Die Werkstätten der spatbronzezeitlichen Paläste*, Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde, Band 33, eds. R. Hachmann and W. Schmitthenner. Bonn: Dr. Rudolf Habelt GmbH.

O. Frödin et W. Persson, 1938, « Asine », *Generalstabens litografiska anstalts förlag*, Stockholm, p. 373.

D. Griffiths et J. Merkel, 2011/12, « Gold and Iron Finger Ring from the Middle Bronze Age », *Archaeology & History in the Lebanon*, p. 34-35, 53-59.

P.L.O. Guy et R.M. Engberg, 1938, *Megiddo Tombs*, Chicago: University of Chicago Press, p. 162; pl. 128.19, fig. 176.7.

A. Jambon, 2017, « Bronze Age Iron: Meteoritic or not? A Chemical Strategy", *Journal of Archaeological Science*, 88, p. 47-53.

D. Johnson, J. Tyldesley, T. Lowe, P.J. Withers and M. M. Grady, 2013, « Analysis of a prehistoric Egyptian iron bead with implications for the use and perception of meteorite iron in ancient Egypt », *Meteorit. Planet. Sci.* **48**, p. 997-1006.

H. Z. Koşay, 1938, T*ürk Tarih Kurumu Tarafından Yapılan Alaca Höyük Hafriyatı 1936*, Daki Çalışmalara Keşiflere Ait İlk Rapor. Ankara (In turkish).

H. Z. Koşay, 1951, *Les fouilles d'Alaca Höyük*, Ankara.

K. Müller, 1909, *Alt Pylos II. Die Funde aus den Kuppelgräbern von Kakovatos,* Mitteilungen des deutschen archäologischen Instituts, Athenische Abteilung 34: 269-328, esp. 275, pl.13.35;

I. Nakai, Y. Abe, K. Tantrakarn, S. Omura, and S. Erkut, 2008, « Preliminary report on the analysis of an early Bronze Age iron dagger excavated from alacahöyük », *Anatol. Archaeol. Stud.* **17**, 321-324.

A.W. Persson,1931, *The Royal Tombs at Dendra near Medea*, London.

I. Peters, L. Tauxe, E. Ben-Yosef, 2017, « Archaeomagnetic dating of pyrotechnological contexts: a case study for Copper smelting in the central Timna valley, Israel », *Archaeometry* doi: 10.1111/arcm.12322

Th. Rehren T. Belgya, A. Jambon, G. Káli, Z. Kasztovszky, Z. Kis, I. Kovács, B. Maróti, M. Martinón-Torres, G. Miniaci, V. C. Pigott, M. Radivojevič, L. Rosta, L. Szentmiklósi and Z. Sökefalvi-Nagy, 2013, « 5,000 years old Egyptian iron beads made from hammered meteoritic iron », *J. Archaeol. Sci.* **40**, p. 4785-4792, https://doi.org/10.1016/j.jas.2013.06.002.

L. Savignoni, 1904, *Scavi e scoperte nelle necropoli di Phaestos. Monumenti antichi* 14, p. 502-666.

C. A. F. Schaeffer, 1929, « Les fouilles de Minet-el-Beida et de Ras Shamra », *Syria*, 10, p. 285-97, esp. 292.

F. Ströbele, K. Broschat, C. Koeberl, J. Zipfel, H. Hassan and Ch. Eckmann, 2016, « The iron objects of Tutanchamun. Metalla, Archäometrie und Denkmalpflege », Göttingen*Sonderheft* **8**, p. 186-189.

C. Tsountas, 1888, *"Anaskaphai Taphon en Mykenais", Archaiologike Ephemeris,* p. 119-79,135, 141, 147.

C. Tsountas,1889, « Ereunai en tai Lakonikei kai o Taphos tou Vapheiou », *Archaiologike Ephemeris*, 129-72, p. 147.

G. J. Varoufakis, 1981, « Investigation of some Minoan and Mycenaean Iron Objects », *in Frühes Eisen in Europa. Acta des 3. Symposiums des "Comité pour la siidérurgie ancienne de l'UISPP"* Schaffhausen und Zurich 24-26 Oktober 1979, ed. H . Haefner. Schaffhausen: Verlag Peter Meili, p. 25-32.

G. J. Varoufakis, 1982, « The Origin of Mycenaean and Geometric Iron on the Greek Mainland and in the Aegean Islands », *in Acta of the International Archaeological Symposium Early Metallurgy in Cyprus, 4000-500 B.C. Larnaca*

Cyprus 1-6 June 1981. Eds. J. D. Muhly, R.Maddin & V. Karageorghis, Nicosie Pierides Foundation, p 315-322.

H. A. Veldhuijzen, 2012, « Just a few rusty bits: the innovation of iron in the Eastern Mediterranean in the 2nd and 1st millennia BC », *in Eastern Mediterranean Metallurgy and Metalwork in the Second Millennium BC.* ed. V. Kassianidou et G. Papasavvas. Oxbow books, Chap. 24, p. 237-250.

J. C. Waldbaum, 1978, *From Bronze to Iron: The Transition from the Bronze Age to the Iron Age in the Eastern Mediterranean*, Studies in Mediterranean archaeology, vol. 54. Göteborg: Paul Aströms Forlag, chap. 2, 3, 4.

J. C. Waldbaum,1980, « The first archaeological appearance of Iron and the transition to the Iron Age » in, T. A. Wertime and D. Muhly, eds., *The Coming of the Age of Iron,* Yale University Press; New Haven and London, p. 69-98.

J. C. Waldbaum, 1999, « The coming of iron in the eastern mediterranean : thirty years of archaelogical and technological research in the archaeometallurgy of the Asian world », in V. C. Pigott, ed. *MASCA Research Papers in Science and Archaeology,* vol. 16, p. 27-57.

T. A. Wertime, 1973, « The beginnings of Metallurgy.: A New Look », *Science* 182, p. 875-887.

A. Zaccagnini, 1990, « The Transition from Bronze to Iron in the Near East and in the Levant: Marginal Notes », *Journal of the American Oriental Society*, 110, p. 493-502.