



HAL
open science

La production métallurgique au Bronze final dans le sud de l'Europe centrale

Christoph Huth, Thierry Logel

► **To cite this version:**

Christoph Huth, Thierry Logel. La production métallurgique au Bronze final dans le sud de l'Europe centrale. Collectif. Hiatus, lacunes et absences : identifier et interpréter les vides archéologiques, Session L'économie invisible des produits en matériaux recyclables (Pierre-Yves Milcent, Marilou Nordez et Thibaud Poigt dir.), Société préhistorique française, 2023, 29e Congrès préhistorique de France. hal-04117424

HAL Id: hal-04117424

<https://hal.science/hal-04117424>

Submitted on 5 Jun 2023

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.



Open licence - etalab

La production métallurgique au Bronze final dans le sud de l'Europe centrale

Metal Production of the Late Bronze Age in Southern Central Europe

Christoph HUTH, Thierry LOGEL

Résumé : L'évaluation de la production métallique au Bronze final est très difficile à appréhender. L'exploitation des mines de cuivre des Alpes – notamment celles de la région du Mitterberg, au sud de Salzbourg, bien étudiées par les archéologues – constitue l'une des principales sources de connaissance et d'estimation des volumes de métal extraits. Dans cette région minière, 23 000 t de cuivre ont été extraites au cours du Bronze moyen et du Bronze final. Les vestiges archéologiques mis au jour dans les sépultures et les habitats, et ceux résultant de pratiques de dépôt ou d'immersion livrent une quantité de métal qui, par comparaison, est infinitésimale. La majeure partie de la production métallique fut vraisemblablement recyclée. Les caractéristiques et le recrutement du mobilier des dépôts métalliques du Bronze final donnent par ailleurs des informations instructives sur la circulation de la production métallique, sans répondre à la question des motivations de ces modes d'enfouissement. La forte augmentation des dépôts à fragmentation élevée est caractéristique de cette phase. La plupart de ces ensembles associent des objets métalliques fragmentés à des lingots. Du point de vue pondéral, le cuivre est le principal métal dans ces dépôts : il s'agit donc davantage de dépôts de cuivre. Les modes de regroupement et de fragmentation des objets signalent une volonté de concentration ou de thésaurisation de métal. Les compositions chimiques élémentaires identifiées suggèrent l'existence de réseaux d'échanges à longue distance générant un commerce florissant de grand volume. Cependant, des changements fondamentaux sont constatés au début de l'âge du Fer. En lieu et place des dépôts à fragmentation élevée apparaissent des dépôts composés exclusivement de séries de haches, avec, le plus souvent, une teneur très élevée en étain ou en plomb. Les lingots de cuivre disparaissent totalement de ces nouvelles pratiques. Une part de cette production métallique a vraisemblablement profité au commerce avec les Grecs, les Étrusques ou encore les Phéniciens. Une partie est, certes, restée définitivement enfouie dans les dépôts ou dans des sépultures plus ou moins ostentatoires, mais cette production métallique de l'âge du Fer fut, pour l'essentiel, recyclée.

Mots-clés : production métallurgique, Bronze final, mine de cuivre, lingot de cuivre, recyclage, dépôt, dépôt à fragmentation élevée, échange.

Abstract: The extent of metal production in the Late Bronze Age is very difficult to estimate. The copper mines in the Alps, especially the well-studied Mitterberg area south of Salzburg, provide some clues however. There alone about 23,000 tons of copper were produced in the course of the Middle and Late Bronze Age. The material preserved in graves, settlements and hoards is only a tiny fraction in comparison. Obviously, most of the metal was recycled. The characteristics of Late Bronze Age hoards nevertheless allow conclusions to be drawn about the circulation of goods, regardless of the reasons for which they may have ultimately deposited in the ground. The Late Bronze Age sees above all a strong increase in scrap hoards. Most of the finds contain fragmented bronze objects as well as copper ingots. By weight, copper is the main component of the hoards. Therefore, the term "copper hoards" should be used. The composition of the finds and the fragmentation patterns of the objects suggest that they are collected metal. Trace element patterns indicate that the metal was exchanged over long distances and in large quantities. Fundamental changes occur in the Early Iron Age. Scrap hoards are replaced by depositions of serially cast axes, often with a very high tin or lead content. Copper ingots disappear completely from the hoards. Some of the metal was obviously still exchanged to Greeks, Etruscans and Phoenicians, while some was deposited for good. Most of the material, however, probably dissolved in the metal recycling of the Iron Age.

Keywords: Metal production, Late Bronze Age, copper mine, copper ingot, recycling, hoard, scrap hoard, fragmentation, exchange.

Bien que le bronze soit le matériau qui a donné son nom à toute une époque, il n'existe à ce jour que peu d'études sur la quantité de métal en circulation au cours de l'âge du Bronze. Il n'est en effet pas aisé de déterminer la masse de métal en usage. Cela s'explique d'une part par le fait que, contrairement à une production lithique ou céramique, les artefacts en bronze peuvent être recyclés. L'essentiel d'une production métallique à un temps T est voué à être transformé et donc à disparaître. Son volume nous est par conséquent inconnu. D'autre part, la quantité de métal parvenue jusqu'à nous est le résultat de toute une série de facteurs, récents comme protohistoriques. Les aperçus de l'économie invisible d'un métal recyclable ne peuvent donc être obtenus que par des voies indirectes. Dans notre étude, nous essayons de déterminer les paramètres qui pourraient permettre de telles conclusions en prenant l'exemple de la région au nord et au nord-ouest des Alpes à la fin de l'âge du Bronze. Il s'agit, en premier lieu, de revenir sur les sources archéologiques primaires de la production métallique dans la zone du Rhin supérieur et ses régions voisines : des traces de l'exploitation minière dans les Alpes aux dépôts à fragmentation élevée, si typiques de cette époque dans toute la région considérée, en passant par les simples artefacts métalliques. Il faut avant tout attirer l'attention sur des caractéristiques peu discutées jusqu'à présent, comme les techniques de fragmentation et la masse du matériau recueilli dans les dépôts selon le type de métal (cuivre, bronze). Enfin, pour bien comprendre les sources archéologiques de la fin de l'âge du Bronze, il est indispensable de les comparer brièvement à celles du début de l'âge du Fer.

Une des caractéristiques principales et originales du métal est qu'il peut être fondu. Il peut également être mélangé par fusion à d'autres métaux pour donner naissance à un alliage. Comment est-il possible, dès lors, d'évaluer de manière scientifique la production métallique en circulation au Bronze final ? En théorie, l'ensemble de la production métallique peut être recyclée à 100 % (Scott, 2014). Cette capacité de recyclage de ce matériau entraîne inévitablement une disparition significative de données.

Cependant, une part de cette production métallique est destinée à des fins et à des usages particuliers : mobilier d'accompagnement funéraire, objets constitutifs de dépôts (offrandes, découvertes fluviales, dépôts de prestige, dépôts votifs, etc.), objets abandonnés dans des fosses domestiques. Ce sont exclusivement ces vestiges qui nous sont parvenus. Le reste est une part insaisissable qui constitue pourtant l'essentiel de la production métallique.

1. LES SOURCES ARCHÉOLOGIQUES : LES ARTEFACTS, LES DÉPÔTS À FRAGMENTATION ÉLEVÉE ET LES MINES

Pour chercher à évaluer la production métallurgique et l'approvisionnement en cuivre au Bronze final, il est nécessaire de définir les sources archéologiques qui en constituent les indices essentiels.

1.1. Les artefacts

Le mobilier d'accompagnement funéraire ne peut constituer un indicateur pour une évaluation quantitative de la production métallique. Les artefacts et leur contexte d'enfouissement archéologique permettent essentiellement d'appréhender des données qualitatives. C'est également le cas de tous les dépôts de prestige, des pratiques d'immersion comme de la plupart des découvertes en habitat, espace sans doute privilégié pour la production et le recyclage du métal (pour les sites de hauteur, voir Huth, 2016a ; Piningre et Grut, 2009).

Les découvertes funéraires, en dépôt et en habitat dispensent néanmoins des informations qualitatives, notamment sur l'approvisionnement permanent en métal et sa constante disponibilité au cours de l'âge du Bronze partout en Europe, jusqu'à de petites communautés rurales (fermes isolées).

1.2. Les dépôts à fragmentation élevée

Les dépôts à fragmentation élevée qui s'épanouissent dans toute l'Europe au Bronze final constituent un témoignage unique sur les pratiques métallurgiques (pour la région considérée ici, voir entre autres Stein, 1976 et 1979 ; Hansen, 1994 ; Huth, 1997 ; Piningre et Grut, 2009 ; Véber, 2009 ; Diehm, 2013 ; Jurietti, 2017 ; Windholz-Konrad, 2018 ; Kazek et Simon-Millot, 2019). Ils se caractérisent par une concentration de fragments d'objets, parfois présents en grande quantité (plus de 1 800 unités dans le dépôt de Dünzlau/Ingolstadt, en Bavière), et sont associés à des déchets de coulée ou à des lingots de cuivre, le plus souvent également à l'état de fragment (fig. 1). Qu'ils soient interprétés comme des dépôts culturels ou comme des dépôts transitoires (dépôt de fondeur, etc.), ils constituent des indicateurs indirects de cette production métallique, d'un point de vue qualitatif et quantitatif, et de la pratique du recyclage du métal. Ces dépôts correspondent à une fraction plus ou moins représentative d'une production à un temps T dans un espace donné. Ils sont aussi des indicateurs performants des échanges et de la circulation des produits, parfois sur une très longue distance.

Cependant, leur composition et leur répartition varient au cours du temps, ce qui suggère un lien étroit avec des conditions socioculturelles, des dynamiques économiques ou historiques (Huth, 2008). Ces dépôts ne s'inscrivent donc pas dans le cadre strict de la pratique métallurgique régionale ou locale, ni dans celle de fonctions culturelles détachées des réalités économiques.

1.3. Les mines

Dans la perspective d'une approche globale de la production, seule l'étude des mines de cuivre permet d'appréhender l'approvisionnement en matières premières, principalement le cuivre, et d'envisager des données quantitatives (Weisgerber et Goldenberg, 2004 ; Oeggel, 2009 ; Stöllner et Oeggel, 2015 ; Turck *et al.*, 2019).



Fig. 1 – Dépôt à fragmentation élevée de Dünzlau, Bavière, Allemagne. Contexte de découverte et détail de l'ensemble du dépôt (cliché de la fouille T. Richter, Pro Arch Prospektion und Archäologie GmbH, Ingolstadt ; cliché du dépôt S. Betz, Archäologische Staatssammlung München).

Fig. 1 – Scrap hoard from Dünzlau, Bavaria, Germany. Find context and part of the overall content as exhibited (excavation photo T. Richter, Pro Arch Prospektion und Archäologie GmbH, Ingolstadt; photo hoard on museum display S. Betz, Archäologische Staatssammlung München).

La production de cuivre dans la région minière du Mitterberg, près de Salzbourg, dans les Alpes autrichiennes, est évaluée prudemment à un volume de 23 000 t, production essentiellement concentrée au cours du Bronze moyen et du début du Bronze final (Pernicka *et al.*, 2016). Cette seule estimation donne un indice du volume considérable de métal qui devait être en circulation dans l'ensemble de l'Europe à l'âge du Bronze.

Pour la période du Bronze final, c'est une autre région minière, celle de Schwaz-Brixlegg, dans le massif du Tyrol, avec notamment la mine de Mooschrofen, qui semble fortement exploitée (Goldenberg, 2015 ; Staudt *et al.*, 2019). Contrairement au site du Mitterberg, il n'y a cependant pas eu d'évaluation de la production, mais elle doit, là aussi, être importante (fig. 2).

Quant à la production d'étain, elle ne peut qu'indirectement être évaluée, l'extraction de gisements stannifères ne laissant guère de trace (Penhallurick, 1986). Cette production doit cependant représenter environ 5 à 10 % de la production de cuivre pour permettre la fabrication d'alliages de bronze. Pour le plomb, il y a encore moins d'éléments d'évaluation.

2. RÉPARTITION ET COMPOSITION DES DÉPÔTS À FRAGMENTATION ÉLEVÉE PAR PHASE CHRONOLOGIQUE : LES FACTEURS RÉCENTS D'ÉVALUATION

Les dépôts apparaissent comme des vestiges indispensables pour évaluer la circulation et l'approvisionnement en métal. Il est donc nécessaire de les identifier et de les étudier pour les caractériser, en établir la chronologie et l'inventaire ainsi que pour évaluer leur répartition sur un territoire. Ces conditions de recherche sont cependant relativement disparates en fonction des régions. Nous allons brièvement évoquer trois exemples.

2.1. Les conditions de découverte des dépôts : l'exemple de l'Alsace et du pays de Bade

La répartition des dépôts en Europe apparaît inégale et variable en fonction des phases chronologiques. Ce constat est à la fois une réalité archéologique et le résultat des conditions de la recherche. À titre d'exemple, on peut comparer les résultats de la vallée du Rhin, où la densité des découvertes est extrêmement différente entre l'Alsace et le pays de Bade.

Les cartes de répartition des dépôts de l'âge du Bronze (fig. 3 et 4 ; tabl. 1) présentent la synthèse des découvertes effectuées depuis le XIX^e siècle ; depuis quelques années, la dynamique des prescriptions archéologiques en opérations préventives et les conditions d'encadrement des prospecteurs/détectoristes ont fortement permis d'enrichir ce corpus. Pour le pays de Bade, le cadre de la loi apparaît très restrictif, et aucune coopération avec les prospecteurs/détectoristes dépourvus autorisation administrative n'est envisageable ; les dépôts d'Offen-

bourg-Zell (Ortenaukreis-Bade) et surtout de Dreispitz (Badenweiler, Kreis Breisgau-Hochschwarzwald) du Bz D2/Ha A1 sont des découvertes fortuites. Les autres sites sont des découvertes anciennes qui ont fait l'objet de plusieurs publications (Stein, 1979).

Concernant l'Alsace, où le cadre légal est également restrictif, quelques découvertes ont été signalées depuis environ une vingtaine d'années : entre autres, Oltingue-Fislis, Biederthal I et II (Haut-Rhin), et Ernolsheim-sur-Bruche (Bas-Rhin). La communication de ces découvertes se fait cependant après des décennies de silence (1930-1990). Quelques dépôts situés dans le département du Haut-Rhin avaient déjà été signalés dès la fin du XIX^e siècle (Bleicher et Faudel, 1883). Cependant, la grande période de la recherche régionale se situe au début du XX^e siècle, à la suite d'un article fondateur de K. Schumacher (1903) consacré aux dépôts de métal de l'âge du Bronze dans le sud-ouest de l'Allemagne. X. Nessel, maire de Haguenau et instigateur des fouilles presque exhaustives des tertres funéraires de la forêt de Haguenau, faisait partie de ses correspondants. Plusieurs études suivront, notamment l'ouvrage d'A.W. Naue (1905) qui présente le premier inventaire systématique et critique des dépôts en Alsace (17 ensembles sont alors retenus). Un nouveau bilan est effectué en 1923 (Werner, 1923).

Les découvertes anciennes restent cependant difficiles à traiter dans ces régions. Le mobilier est le plus souvent perdu ou fondu et les observations de terrain sont très aléatoires. De plus, la quantification des objets, comme leur description, reste imprécise. De nombreux exemples montrent la difficulté méthodologique que constitue l'attribution ou l'interprétation comme dépôt d'un ensemble d'objets en métal issu de découvertes anciennes et le plus souvent perdu (Logel, 2013). Ces hésitations existent pour plusieurs ensembles métalliques remarquables dont l'attribution oscille le plus souvent entre mobilier funéraire et dépôt dans l'histoire de la recherche (Pfaffenhofen, Offwiller, Bas-Rhin ; Durrenentzen, Haut-Rhin). D'autres restent également impossibles à qualifier (Bad Säckinggen, Kreis Waldshut ; Innenheim, Bilwisheim et Benfeld, Bas-Rhin ; etc.), tandis que certaines découvertes interprétées comme des dépôts sont en fait des objets immergés mis au jour dans la zone alluviale rhénane ou du bassin de l'Ill lors de travaux d'extraction (Ottenheim, Ortenaukreis ou Sundhoffen, Haut-Rhin). Enfin, des investigations récentes sur le dépôt de Ribeauvillé (Haut-Rhin), qui semblait bien attesté par l'histoire de la recherche (épées de type Mörigen, hache à ailerons ; Zumstein 1966), ont établi qu'il s'agissait d'un ensemble partiellement recomposé (information orale de L. Dumont).

Il y a en fait peu d'éléments discriminants qui permettent de considérer assurément un ensemble d'objets sans contexte archéologique comme un dépôt. Dans la mesure du possible, il faut d'abord s'assurer de l'intégrité de chaque ensemble. Des descriptions sommaires et l'absence des objets constituent déjà un écueil majeur pour un nombre sensible de découvertes anciennes. La signalisation ou la présence de lingots et de déchets de métallurgie parmi un ensemble constitue sans doute un élément

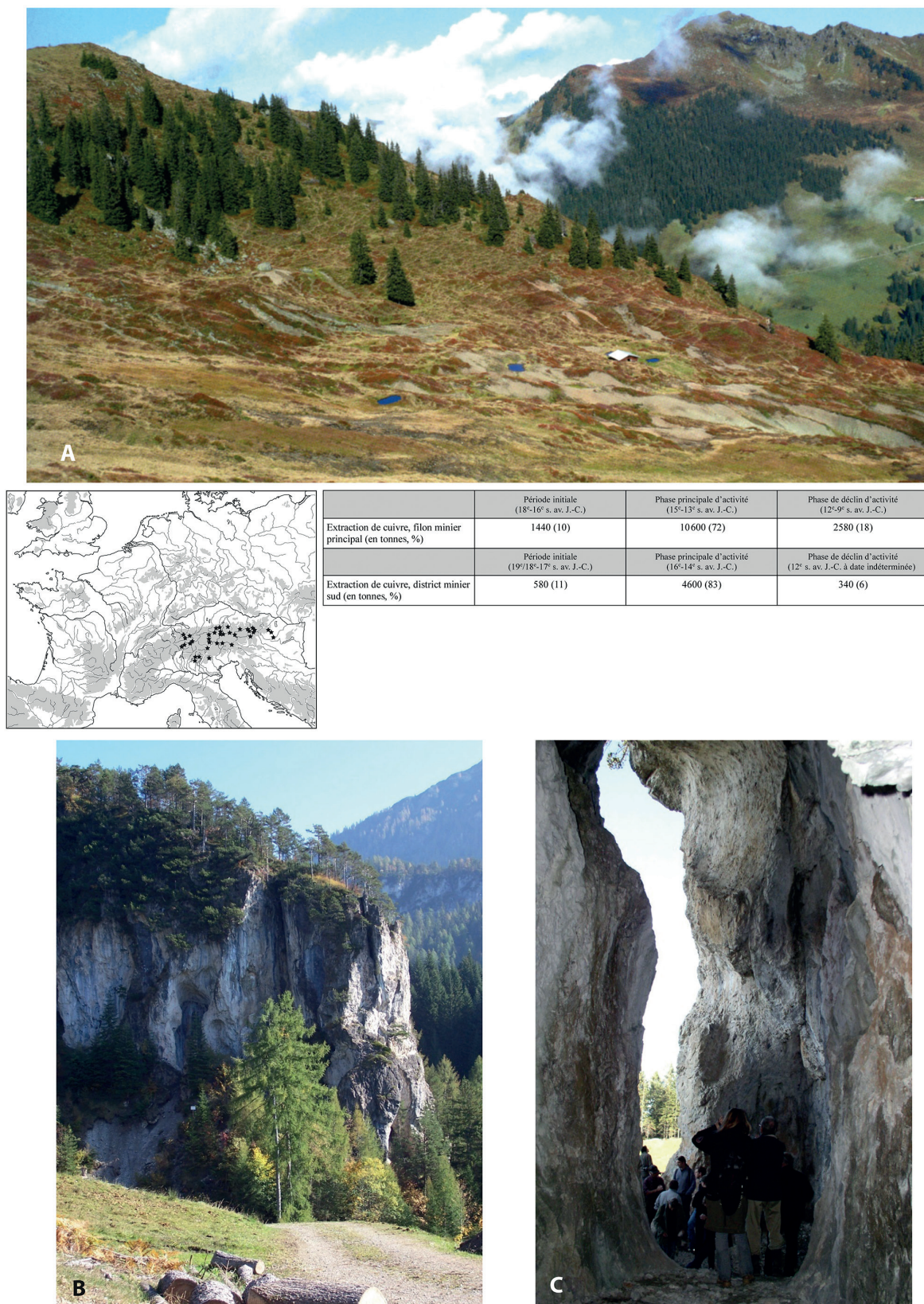


Fig. 2 – A : Gisement minier de Kelchalm, région de Kitzbühel, Autriche (Koch Waldner et Klauzner, 2015, p 167, fig. 2) ; au centre : localisation des mines de cuivre en activité à l'âge du Bronze dans le massif alpin (document C. Huth et T. Logel) et synthèse des résultats de l'étude des mines du Mitterberg, Autriche (d'après Pernicka, Lutz et al., 2016, p. 28, fig. 2) ; B et C : mines de Brixlegg, Mooschrofen, région de Kufstein, Autriche (clichés C. Huth).

Fig. 2 – A : Kelchalm mining area near Kitzbühel, Austria (Koch Waldner and Klauzner, 2015, p. 167, fig. 2) ; center : Map of Alpine copper mines exploited in the Bronze Age (designed by C. Huth and T. Logel) and estimate of copper production in the Mitterberg mining area, Austria (after Pernicka, Lutz et al., 2016, p. 28, table 2) ; B and C : Mooschrofen copper mines at Brixlegg near Kufstein, Austria (photos : C. Huth).

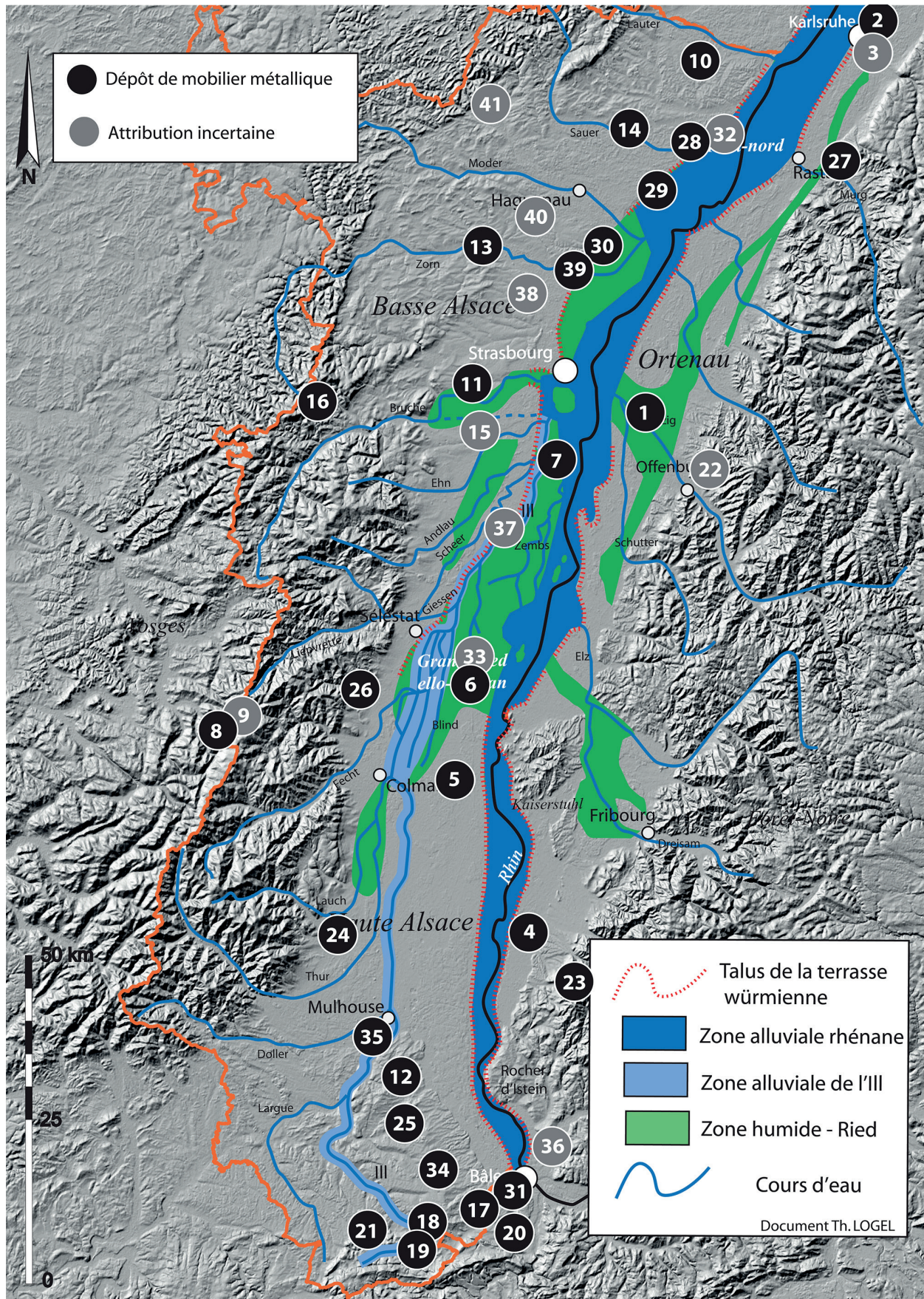


Fig. 3 – Répartition et identification (voir tableau 1) des dépôts de métal dans la partie méridionale de la vallée du Rhin supérieur (Alsace, Bade, Bâle ; document T. Logel).

Fig. 3 – Distribution (see table 1) of metal hoards in the southern part of upper Rhine valley (Alsace, Baden, Basel; designed by T. Logel).

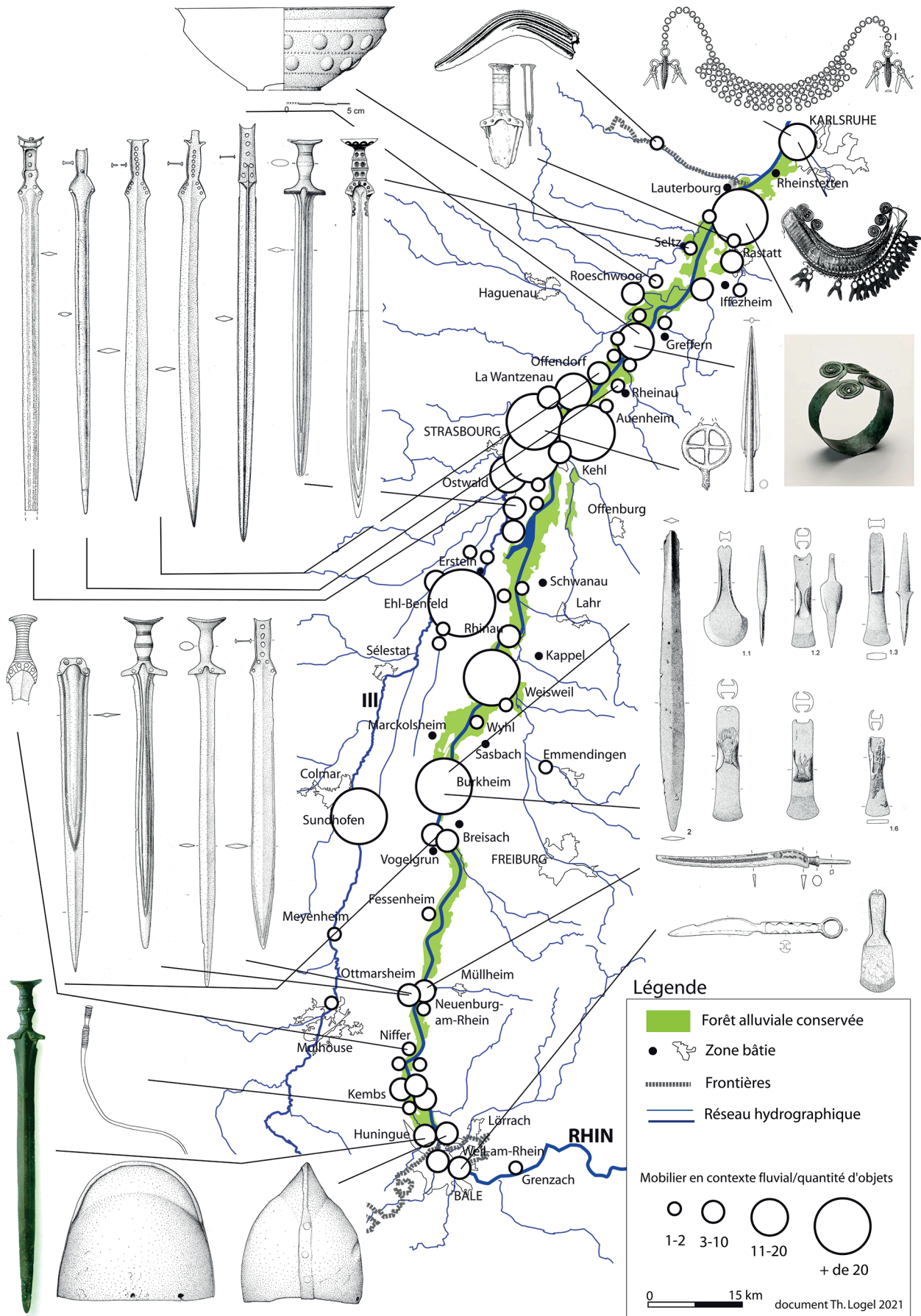


Fig. 4 – Répartition des immersions de mobilier métallique dans la vallée du Rhin supérieur (Alsace, Bade, Bâle ; document T. Logel).
 Fig. 4 – Distribution of finds deposited in watery contexts in the upper Rhine valley (Alsace, Baden, Basel; designed by T. Logel).

n°	site	épée	hache	lance	outil	épingle	bracelet, fibule, torque, etc	autres	lingot	fragments	taux de fiabilité*	chronologie
1	Griesheim		8								assuré	Bz A1/A2a ancien
2	Knielingen/Neureuth		3						1		assuré	Bz A1/A2a ancien
3	Berghausen					2					incertain	Bz A2a
4	Seefeld						1 + 4				probable	Bz A2a/b
5	Widensolen								9+	X	assuré	Bz A2a/b
6	Heidolsheim 1						1 + 10				probable	Bz A2a/b
7	Plobsheim		5							X	assuré	Bz A2b
8	le Bonhomme 1		4								assuré	Bz A2b/c
9	le Bonhomme 2		20+								incertain	?
10	Niederlautenbach		3								probable	Bz A2c/Bz B
11	Ernolsheim-sur-Bruche		4				1				assuré	Bz B
12	Habsheim		17						2		assuré	Bz B
13	Hochfelden		1		1	3			5		assuré	Bz C1
14	Surbourg						9				assuré	Bz C
15	Innenheim						6				incertain	Bz C
16	Nideck		3 ?				3				probable	Bz C ?
17	Allschwil		2	1	7					X	assuré	Bz C 1
18	Biederthal 1	2	3		52	2	9	10	202	X	assuré	Bz D1
19	Biederthal 2				?				4	X	assuré	Bz D1 ?
20	Aesch		2	2	3		3		1+	X	assuré	Bz D
21	Oltingue-Fislis	2	1	4	35	9	5	7	79	X	assuré	Bz D2
22	Offenbourg-Zell					1	10				incertain	Bz D2/Ha A1
23	Dreispietz			1	6	2	5	16	9	X	assuré	Bz D2/Ha A1
24	Soultz				2		X	1			assuré	Bz D/Ha A
25	Eschentzwiller		2								probable	Ha A1/ Ha A2
26	Ribeauvillé	1	1								probable	Ha B2/B3
27	Ettlingen		1		6		2 + 1			X	assuré	Ha B2/B3
28	Seltz						6				assuré	Ha B2/B3
29	Soufflenheim		1				4				assuré	Ha B2/B3
30	Kurtzenhouse		6-8 ?								probable	Ha B2/B3
31	Bâle		7	1	9		7			X	assuré	Ha B2/B3
32	Hexenberg-Leutenheim				2						incertain	Ha B2/B3
33	Heidolsheim 2		3								incertain	Ha B3/Ha C
34	Kappelen		2								probable	Ha B3/Ha C
35	Mulhouse-Dornach			1		2	10 + 1			X	probable	Ha C
36	Riehen Artelweg			3							indéterminé	/
37	Benfeld		X	X	X		X				indéterminé	/
38	Bilwisheim						8				indéterminé	/
39	Geudertheim			X	X				X		assuré	/
40	Wintershouse		X ?	X ?	X ?						incertain	/
41	Gundershofen		6		1						indéterminé	/

Tabl. 1 – Inventaire des dépôts de métal du Bronze ancien au Hallstatt ancien (Bz A2-Ha C) dans la partie méridionale de la vallée du Rhin supérieur (Alsace, Bade, Bâle) ; *gradation du niveau de fiabilité : 1. assuré (données complètes ou critère de validation signalé) ; 2. probable (données partielles) ; 3. incertain (données incomplètes et/ou objets perdus et/ou ensemble de mobilier non caractérisé) ; 4. indéterminé (sources très lacunaires, ensemble clos non étayé, objets perdus ou/et composition des regroupements de mobilier non caractérisée).

Table 1 – Inventory of hoard contents in the southern part of upper Rhine valley, Bronze Age A2 to Hallstatt C. *Level of reliability: 1. high (completely documented inventory or otherwise confirmed information); 2 sufficient (partially documented); 3 uncertain (incomplete documentation/lost objects/nature of find not ascertained); 4 undetermined (very fragmentary information, closed find not confirmed, lost objects or components of hoard doubtful).

majeur de discrimination. La fragmentation méthodique des objets peut également être un indice d'attribution à un dépôt, du moins pour les ensembles du Bronze final (Oltingue-Fislis, Haut-Rhin). Mais cette fragmentation n'est pas non plus systématique pour tous les dépôts, même du Bronze final (Bâle, Suisse ; Ettlingen, Kreis Karlsruhe ; Soufflenheim, Seltz, Bas-Rhin ; etc.).

Des traces de passage au feu observées sur des objets peuvent, au contraire, faire privilégier une attribution funéraire, dans un cadre chronologique cependant restreint aux ensembles datés du Bz C2 au Ha B3 (Pfaffenhofen, Bas-Rhin ; Durrenentzen, Haut-Rhin, Ha A1/A2).

Plus complexes encore à déterminer sont les ensembles datés du Bronze ancien jusqu'au Bz C1 (Logel, 2021 ; à paraître). Pour cette période, les objets métalliques sont pour l'essentiel complets quel que soit le contexte et ne sont que peu marqués (pas de passage au feu ; fragmentation limitée). Il n'y a donc pas d'éléments discriminants véritables. Quelques associations d'objets peuvent néanmoins aller dans le sens d'une attribution funéraire dans un horizon chronologique bien identifié (Offwiller, Bas-Rhin : Bz A), alors que la concentration de haches et/ou la présence de fragments de lingots évoquent davantage les caractéristiques d'un dépôt (Griesheim, Niederlautenbach, Ernolsheim-sur-Bruche, Hochfelden, Bas-Rhin ; Habsheim, le Bonhomme, Haut-Rhin). Quelques exemples de dépôts avec objets fragmentés sont observés au Bz C1 (Allschwil, Bâle-Campagne).

Pour clore cette approche, il ne faut pas sous-évaluer l'impact depuis les années 1990 de l'archéologie préventive et programmée en Alsace, qui a également permis la mise au jour de quelques dépôts sur l'ensemble du spectre de la Protohistoire ou de l'Antiquité (Hochfelden, Schieferberg, Soufflenheim, Bas-Rhin ; Durrenentzen, Soultz, Haut-Rhin), alors que les prescriptions d'opérations archéologiques sont bien plus occasionnelles en pays de Bade, notamment entre Karlsruhe et Lörrach, près de Bâle, ce qui peut contribuer à expliquer la faible quantité de dépôts identifiés.

Ces différences institutionnelles dans les pratiques de la recherche (développement de l'archéologie préventive, des fouilles programmées, des projets collectifs de recherche mais aussi dynamisme des sociétés d'histoire et coordination des réseaux de bénévoles) expliquent sans doute pour partie cette dichotomie dans la densité de dépôts entre les rives droite et gauche du Rhin, mais il peut également s'agir d'une réalité archéologique qui resterait à vérifier.

2.2. L'usage des détecteurs à métaux

Lorsque des relations de confiance s'établissent avec les prospecteurs, il y a une tendance générale à une collaboration et à la communication d'ensembles complets, avec cependant davantage d'objets peu attractifs (identification difficile, mauvais état de conservation, forte fragmentation, etc.).

Dans l'exemple du dépôt de Dünzlau (Kreis Ingolstadt), en Bavière, mis au jour par des prospecteurs auto-

risés et étudié dans le cadre d'un travail universitaire, de nombreux objets supplémentaires proviennent des alentours immédiats du site (Skolaut, en cours^[1]). Un tiers des objets récupérés proviennent en effet du démantèlement du dépôt par les labours. Une prospection élargie est donc impérative pour circonscrire le dépôt et éventuellement constater sa dislocation pour diverses raisons taphonomiques (labour, érosion, etc.). Cette méthode permet également de vérifier la présence de dépôts satellites. Par l'installation de rapports de confiance et d'échanges, une meilleure observation des conditions de découvertes est généralement constatée (à la différence de certaines découvertes anciennes, par exemple). Le dépôt d'Oltingue-Fislis a également été découvert répandu sur une pente, sans doute à la suite du démantèlement naturel de sa cache dans le calcaire de la crête rocheuse (Huth et Logel, 2017).

Dans les pays qui, comme la Grande-Bretagne avec son *Portable Antiquities Scheme*⁽²⁾, collaborent très étroitement avec les détectoristes, on constate une augmentation considérable des découvertes. Pourtant, malgré cela, la carte de répartition des dépôts du Bronze moyen et du Bronze final en Angleterre n'est que peu modifiée (Wiseman, 2018). Le résultat principal est l'accentuation de la différence dans la répartition géographique des dépôts attribués au Bronze moyen et ceux attribués au Bronze final, notamment avec l'émergence d'une forte zone de concentration des dépôts du Bronze final sur la côte sud-est de l'Angleterre.

3. RÉPARTITION ET COMPOSITION DES DÉPÔTS À FRAGMENTATION ÉLEVÉE PAR PHASE CHRONOLOGIQUE : LES FACTEURS PROTOHISTORIQUES D'ÉVALUATION

La répartition et l'importance des dépôts sont indexées sur la circulation et l'approvisionnement en métal, c'est-à-dire sur des facteurs économiques et sociaux en vigueur au cours de l'âge du Bronze. Quatre facteurs sont déterminants : la production, les échanges, la consommation et le recyclage.

- **La production** : la masse métallique totale ne peut être estimée qu'à partir des gisements cuprifères exploités. Il s'agit de volumes gigantesques qu'il reste encore à évaluer (Černych, 1996 et 1998 ; Weisgerber et Goldenberg, 2004 ; Oegg, 2009 ; Stöllner et Oegg, 2015 ; Turck *et al.*, 2019).
- **Les échanges** : de petites et grandes masses de métal transitent simultanément dans des réseaux régionaux et interrégionaux. Les chargements conservés dans les épaves de navires de commerce maritime (Salcombe, Devon ; Agde-Rochelongue, Hérault ; etc.) constituent de bons indicateurs de ces échanges à longue distance. Par contre, aucun vestige de transport fluvial n'est attesté à ce jour (Bouscaras et Hugues, 1967 ; Needham *et al.*, 2013 ; Aragon, 2020).

- **La consommation** : il s'agit des vestiges mis au jour par l'archéologie ou par des découvertes fortuites (fig. 4) : offrandes, dépôts votifs et de prestige, immersions en cours d'eau, etc. (Dumont, 2006 ; Logel, 2012 ; Testart, 2012 ; Huth, 2016b).
- **Le recyclage** : les informations sur cette pratique sont essentiellement transmises par les dépôts à fragmentation élevée, *Brucherzhorte* ou plus anciennement *Gießberhorte* (« dépôt de fondeur »).

3.1. Le recyclage du métal

3.1.1. L'apport des dépôts à fragmentation élevée (*Brucherzhorte*)

Ces dépôts étaient autrefois dénommés « dépôts de fondeur » en raison l'état de fragmentation du mobilier, comme si ces fragments étaient préparés pour être fondus dans l'atelier du bronzier (Huth, à paraître). Un autre courant de la recherche envisage davantage ces dépôts comme les vestiges d'un rituel. La fragmentation des objets serait donc un acte délibéré, à vocation religieuse ou témoignant de pratiques socio-économiques particulières (pour l'éventail des interprétations voir Hansen, 1994 ; Huth, 2008 ; Milcent, 2017).

Quelle que soit l'interprétation retenue, ces dépôts se caractérisent par leur composition récurrente :

- mélanges d'objets fragmentés et entiers en bronze ;
- lingots de cuivre (Modl, 2019) ;
- absence d'étain à l'état natif (peut-être par oxydation, pulvérulence, corrosion, etc.) ;
- absence d'outillage de métallurgiste ou de moules (hormis à de très rares exceptions, comme dans le dépôt de Larnaud, dans le Jura).

Les dépôts de Biederthal (Bz D1) et d'Oltingue-Fislis (Bz D2), dans le Haut-Rhin, sont de bons exemples de dépôts à fragmentation élevée (Piningre, 2007 ; Huth et Logel, 2017).

Pour ces deux exemples, les fragments ne présentent aucun remontage. Dans le dépôt d'Oltingue-Fislis, les 63 fragments d'objets manufacturés correspondent à un NMI de 63 objets. Ces fragments d'objets représentent une masse de 1 643 g, ce qui correspond approximativement à 15 % de leur masse métallique lorsqu'ils étaient complets. Nous estimons donc le poids initial des objets complets autour de 10 kg de métal avant fragmentation et enfouissement.

3.1.2. Méthode classique de fragmentation

Bien que la fragmentation soit une caractéristique des dépôts du Bronze final continental, les méthodes employées pour fragmenter n'ont pas encore été étudiées de manière systématique (fig. 5). On peut tout de même constater que ces méthodes dépendent du métal à traiter :

- pour le bronze : cassure, pliure, torsion (Needham, 1990 ; Gabillot et Lagarde, 2008 ; Quilliec, 2008 ; Brandherm, 2018 ; Knight, 2022) ;

- pour le cuivre : débitage (Modl, 2019).

Contrairement au cuivre, la plupart des alliages de bronze se brisent facilement par simple chauffe à 400-600 °C (Scott, 2014), mais les arêtes de la brisure sont alors coupantes. Le plus souvent, les objets ne sont que faiblement chauffés et sont brisés par torsion ou pliure. Cette pratique informe le métallurgiste de manière empirique de la qualité de l'alliage et de ses capacités plastiques (Huth, à paraître). Si l'artefact est rigide, sa composition est caractérisée par la présence de beaucoup d'étain et peu de plomb. Au contraire, si l'objet se plie aisément, cela signale au bronzier que l'artefact est composé de peu d'étain et davantage de plomb. Il existe bien sûr d'autres facteurs qui influencent les propriétés du métal, comme le martelage. Pour une première détermination de l'alliage, la fragmentation est la méthode la plus simple.

Ainsi, la qualité des alliages (part d'étain et de plomb), évaluée lors de la dislocation des objets, constitue une information importante pour la pratique métallurgique du bronzier, car cette détermination intervient dans la constitution de son nouvel alliage (Delfino, 2017).

En effet, les caractéristiques plastiques de la matière sont essentielles pour assurer la qualité de certains types d'artefacts. C'est-à-dire que l'utilisation de ces derniers impose le choix de certains alliages : il faut beaucoup d'étain pour les lames et les éléments de parure, c'est ce qui leur confère des effets de couleur argentée, et il faut davantage de plomb pour l'outillage et les objets de forme creuse (Staniaszek et Northover, 1982 ; Needham, 1990 ; Trampuž Orel, 1996 ; Trampuž Orel *et al.*, 1998).

3.1.3. La caractérisation des dépôts à fragmentation élevée

Les objets sont rassemblés sans doute de manière aléatoire au cours ou après la phase de dislocation par le métallurgiste (Delfino, 2017). Leurs dimensions et leur poids se rapportent à ce travail (Wiseman, 2018). Cela s'observe dans le corpus des objets du dépôt d'Oltingue-Fislis. Il s'agit d'un tri caractéristique du travail du métallurgiste constituant son stock de métal pour une nouvelle fonte ou une nouvelle coulée. Cependant, une fraction indéterminée de ce stock est soustraite et constitue un lot à part destiné à un dépôt. L'absence de remontage entre les fragments des dépôts confirme ces observations. Enfin, une des principales caractéristiques de ces dépôts est leur masse métallique dont la fragmentation élevée tend à annihiler toute forme et singularité des composants. La question de l'interprétation des dépôts reste ouverte et ne sera pas abordée dans cet article (Huth et Logel, 2017).

3.2. Les dépôts à fragmentation élevée : l'approche pondérale

Si on envisage ces dépôts d'un point de vue strictement pondéral, leur masse est principalement constituée de cuivre (Piningre et Grut, 2009 ; Diehm, 2013 ; Huth, à paraître).



Fig. 5 – Objets en bronze et lingots de cuivre provenant des dépôts de Dünzlau (B, C, D et F) et d’Oltingue-Fislis (A, E, G et H) avec des traces caractéristiques de fragmentation (clichés T. Logel et J.-M. Skolaut, Archäologische Staatssammlung München).
Fig. 5 – Bronze objects and copper ingots from hoards Dünzlau (B, C, D and F) and Oltingue-Fislis (A, E, G and H) with characteristic traces of fragmentation (photos T. Logel and J.-M. Skolaut, Archäologische Staatssammlung München).

En effet, de nombreux lingots, entiers ou fragmentés, constituent ces dépôts et représentent la masse principale de la plupart d'entre eux. Dans les dépôts mixtes (lingots et artefacts manufacturés), les objets en bronze, entiers et fragmentés, représentent une masse inférieure à celle des lingots de cuivre. Sur cette base pondérale, il faudrait plutôt parler de « dépôts de cuivre » que de « dépôts de bronze ». De plus, dans l'arc alpin, la présence de dépôts uniquement constitués de lingots est significative.

Le dépôt d'Oltingue-Fislis est une parfaite illustration de ce type de dépôt à fragmentation élevée, et il ne s'agit que d'un exemple parmi d'autres dans le contexte de la vallée du Rhin supérieur et du sud de l'Allemagne où ce type de dépôt constitue la norme au Bronze final.

En effet, l'étude de la composition métallurgique des dépôts du Bronze final I/IIa de cette zone géographique (Alsace, Bade-Wurtemberg, Bavière), basée sur des ensembles importants de 1 à plus de 40 kg de métal,

montre une proportion majoritaire en cuivre (fig. 6). Il y a bien entendu des variations selon les dépôts, mais il s'agit d'une tendance globale forte. Ce résultat peut être comparé à la composition métallurgique des dépôts du Jura de la même étape chronologique. Dans ce secteur, la proportion de cuivre est encore plus importante, même si les caractéristiques pondérales des dépôts sont relativement moins significatives (de 1 à plus de 8 kg de métal ; Piningre et Grut, 2009 ; Diehm, 2013).

Quant à l'étain, il représente moins de 5 % du total de la masse métallique. De plus, la présence d'étain, à l'état natif ou en lingot, n'est pas observée pas dans les sites archéologiques terrestres. C'est un métal qui s'oxyde à l'air et se délite totalement. En conséquence, il ne se conserve que dans un environnement anaérobie, situation que l'on observe principalement dans les milieux subaquatiques. À titre d'exemple, on peut citer les chargements d'épaves de Salcombe, d'Agde-Roche-

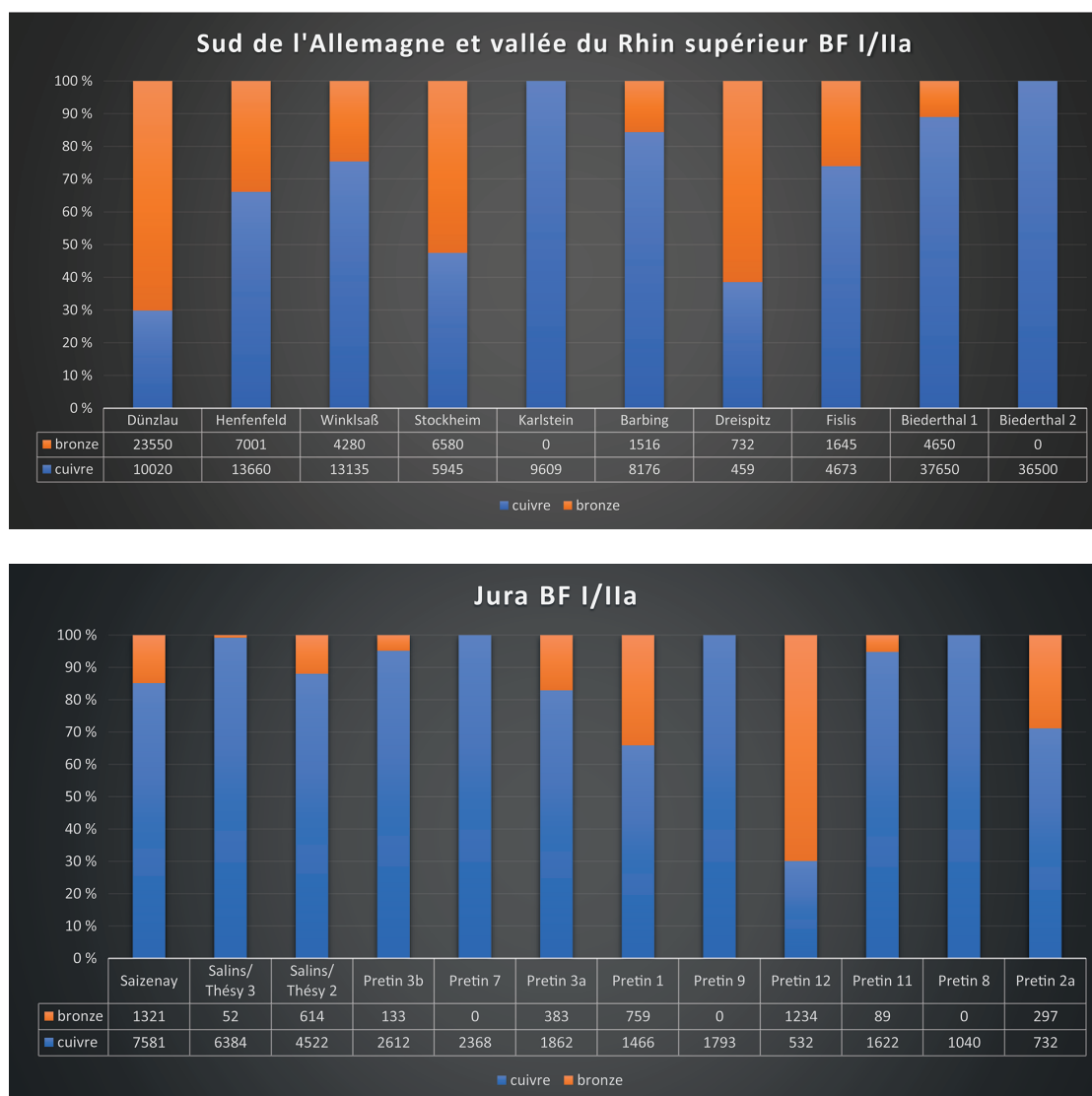


Fig. 6 – Composition métallurgique élémentaire des dépôts de l'Allemagne du sud et de la vallée du Rhin supérieur, et du Jura (Franche-Comté ; document C. Huth).

Fig. 6 – Proportion of bronze and copper in hoards from south Germany and the upper Rhine valley/French Jura (Franche-Comté; tabulated by C. Huth).

longue, d'Ulu Burun, etc. (Bouscaras et Hugues, 1967 ; Yalçin *et al.*, 2005 ; Needham *et al.*, 2013 ; Aragon, 2020).

Le site du naufrage de Salcombe est localisé dans la Manche, à proximité de la ville côtière de Salcombe, dans le sud du Devon (sud-ouest de l'Angleterre). L'épave gît à une dizaine de mètres de profondeur, à environ 300 m de distance du littoral. Son chargement était notamment composé de 259 lingots de cuivre et 27 lingots d'étain. Une épée, trois bracelets en or, quelques pierres de fronde et plus de 84 kg de métal divers complètent la cargaison. Les lingots d'étain sont caractérisés par une forme sub-sphérique et sub-ovale, par une couleur blanchâtre et une surface rugueuse composée d'étain fondu et de fragments agglomérés. En ce qui concerne la composition (principalement du cuivre pur, du bronze allié et de l'étain conservés en raison des conditions sous-marines), les cargaisons des navires présentent des caractéristiques proches des ensembles métalliques mis au jour dans les dépôts terrestres. De plus, ces cargaisons constituent un bon étalon pour caractériser les volumes de biens métallurgiques en circulation et attestent de la dynamique des échanges dans toute l'Europe.

4. CYCLES ÉCONOMIQUES DANS LE TEMPS ET DANS L'ESPACE

Les cycles économiques sont des variations de la production et de la consommation de biens, qui s'observent par l'évolution de la répartition de certains vestiges. En fait, parmi les vestiges archéologiques disponibles, ces cycles ne peuvent être observés qu'à partir des dépôts de lingots et des dépôts à taux de fragmentation élevé, car seuls ces dépôts constituent un échantillon significatif, du point de vue quantitatif, de la production économique globale. C'est particulièrement le cas au Bronze final avec la plupart des grands dépôts à fragmentation élevée (*Brucherzhorte*) qui présentent à un temps T un éventail de la production métallique, de leur circulation comme de leur consommation. Il s'agit donc des principaux indices de l'économie du métal. Mais l'ampleur de cette activité économique sera encore plus significative dès l'émergence de la métallurgie du fer (Stein, 1976 et 1979 ; Hansen, 1994 ; Huth, 1997 ; Piningre et Grut, 2009 ; Véber, 2009 ; Diehm, 2013 ; Windholz-Konrad, 2013 ; Jurietti, 2017 ; Kazek et Simon-Millot, 2019).

4.1. Les cycles économiques dans le contexte métallurgique d'Europe orientale et centrale

La répartition des dépôts au cours des trois phases cartographiées, Bz D/Ha A1, HaA2-B1 et Ha B2-B3, montre un mouvement progressif de leur concentration depuis le bassin des Carpates vers l'Europe centrale et jusqu'au nord-ouest de l'Europe (fig. 7, 8 et 9 ; pour la

région étudiée, comparez les cartes de répartition chez Hansen, 1994 et Huth, 1997). On peut comparer ce mouvement à une sorte de vague se déplaçant progressivement d'est en ouest sur une durée de plus de quatre siècles (Huth, 2000 et 2008).

Il faut cependant pondérer cette représentation cartographique des horizons Ha A2-B1 et Ha B2-B3. Les vestiges cartographiés sont strictement limités aux dépôts de métal. Dans ces conditions, l'importance de la production métallique en contexte palafittique du plateau suisse n'est pas prise en compte (Fischer, 2012).

4.2. Les pratiques de recyclage du métal au cours du Bronze final

D'après les calculs statistiques effectués par R. Wiseman (2018), 85 à 90 % de la masse métallique totale auraient été voués au recyclage. Mais l'extraction massive de cuivre se poursuit jusqu'à la fin du Bronze final (Möslein et Pernicka, 2019 ; Staudt *et al.*, 2019). De nouveaux gisements de cuivre sont constamment exploités, ce que souligne la transformation constante des signatures élémentaires (Northover, 1982 ; Rychner, 1995 ; Trampuž Orel *et al.*, 1998).

4.3. Les pratiques de recyclage du métal au cours de l'âge du Fer : un changement de paradigme ?

Au début de l'âge du Fer se développent des particularités régionales qui sont caractérisées par des dépôts regroupant des séries de haches et qui se répartissent de manière très localisée dans une grande partie de l'Europe, de l'est vers l'ouest : Albanie, nord de la Hongrie, Slovaquie, Armorique, sud-ouest de l'Angleterre, nord du Portugal (Huth, 2000).

Les dépôts de séries de haches présentent par ailleurs une composition métallurgique singulière en alliage ternaire :

- beaucoup de plomb ($\approx 25\%$), pour l'Armorique, le Portugal ;
- parfois beaucoup d'étain ($\approx 15\%$), pour le sud-ouest de l'Angleterre, le Portugal et la Slovaquie ;
- peu de cuivre ($\approx 60\%$), quels que soient les dépôts ;
- absence de lingot de cuivre dans tous ces dépôts (Huth, 2000).

4.4. La façade atlantique

Les dépôts de la façade atlantique sont caractérisés par leur regroupement de séries de haches à douille, presque toujours brutes de fonte (*inter alia* : Briard, 1965 ; Aranda *et al.*, 2013 ; Gomez de Soto, 2015 ; Milcent, 2017 ; Cabanillas de la Torre et Gomez de Soto, 2020 ; pour la Grande-Bretagne, Roberts *et al.*, 2015).

La composition chimique des bronzes des dépôts de la Manche – Trelly, Agneaux (Ha D1-D2) et Surtainville (Bronze final atlantique 3) – montre l'évolution de la part du cuivre dans la composition des haches de la

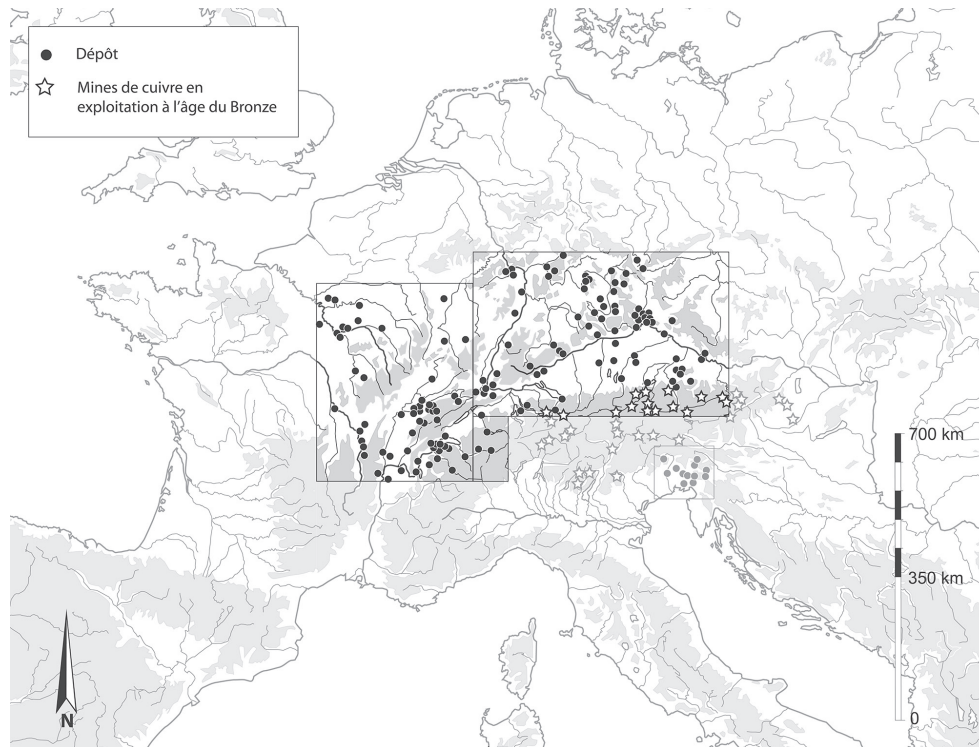


Fig. 7 – Étape ancienne du Bronze final (Bf I-IIa/Bz D-Ha A1) : répartition des dépôts et des mines d'extraction de cuivre en France orientale, en Suisse et en Europe centrale et rhénane (d'après Stein, 1979 ; Mordant, 1998 ; Piningre, 1998 ; David-Elbiali, 2000 ; Pernicka *et al.*, 2016 ; Gauthier, 2017 ; Huth et Logel, 2017 ; document C. Huth et T. Logel).

Fig. 7 – Early phase of Late Bronze Age (Bf I-IIa/Bz D-Ha A1): distribution of hoards and copper mines in eastern France, Switzerland and southern central Europe (after Stein, 1979; Mordant, 1998; Piningre, 1998; David-Elbiali, 2000; Pernicka *et al.*, 2016; Gauthier, 2017; Huth et Logel, 2017; designed by C. Huth and T. Logel).



Fig. 8 – Étape moyenne du Bronze final (Bf IIb-IIIa/Ha A2/B1) : répartition des dépôts et des mines d'extraction de cuivre en France orientale, en Suisse et en Europe centrale et rhénane (d'après Stein, 1979 ; Mordant, 1998 ; Piningre, 1998 ; David-Elbiali, 2000 ; Pernicka *et al.*, 2016 ; Gauthier, 2017 ; Huth et Logel, 2017 ; document C. Huth et T. Logel).

Fig. 8 – Middle phase of Late Bronze Age (Bf IIb-IIIa/Ha A2/B1): distribution of hoards and copper mines in eastern France, Switzerland and southern central Europe (after Stein, 1979; Mordant, 1998; Piningre, 1998; David-Elbiali, 2000; Pernicka *et al.*, 2016; Gauthier, 2017; Huth et Logel, 2017; designed by C. Huth and T. Logel).

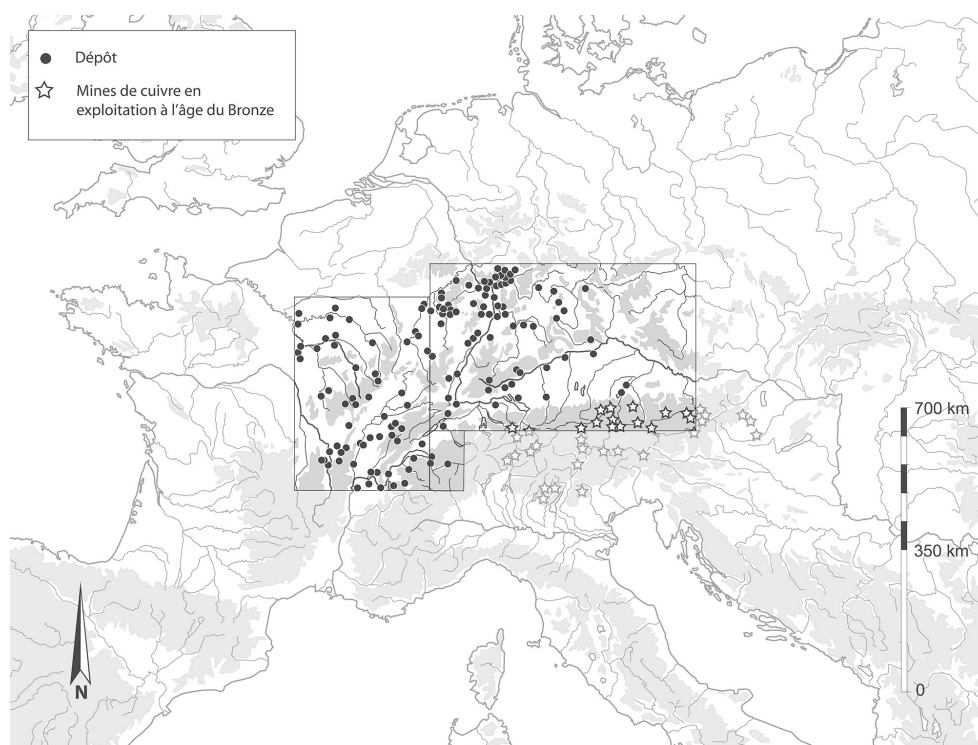


Fig. 9 – Étape récente du Bronze final (Bf IIIb/Ha B2-B3) : répartition des dépôts et des mines d'extraction de cuivre en France orientale, Suisse, Europe centrale et rhénane (d'après Stein, 1979 ; Mordant, 1998 ; Piningre, 1998 ; David-Elbiali, 2000 ; Pernicka *et al.*, 2016 ; Gauthier, 2017 ; Huth et Logel, 2017 ; document C. Huth et T. Logel).

Fig. 9 – Final phase of Late Bronze Age (Bf IIIb/Ha B2-B3): Distribution of hoards and copper mines in eastern France, Switzerland, southern central Europe (after Stein, 1979; Mordant, 1998; Piningre, 1998; David-Elbiali, 2000; Pernicka *et al.*, 2016; Gauthier, 2017; Huth et Logel, 2017; designed by C. Huth and T. Logel).

façade atlantique française. Le cuivre pur est encore bien présent au Bronze final atlantique 3 dans les haches du dépôt de Surtainville, alors que sa part est réduite dans la composition métallurgique des haches d'Agneaux et de Trelly pour le Ha D1-D2. Pour ces dernières haches, il faut mettre l'accent sur l'augmentation spectaculaire de la part du plomb (Aranda *et al.*, 2013 ; Le Carlier de Veslud *et al.*, 2018).

4.5. La Méditerranée occidentale

Quant aux dépôts launaciens du Languedoc, ils s'inscrivent davantage dans un mode traditionnel de dépôt hérité du Bronze final, avec la présence conjointe de bronzes (fragmentés ou entiers) associés à des lingots de cuivre. Il peut s'agir de séries de haches brutes de fonte, associées à des lingots de cuivre, comme dans le dépôt de Launac, à Fabrègues (Hérault ; Guilaine *et al.*, 2017).

La cargaison de l'épave d'Agde-Rochelongue (Hérault) était composée de 1 700 bronzes, 800 kg de lingots de cuivre, 36 kg de lingots d'étain, mais aussi de plomb. Cette découverte maritime comparée aux bronzes launaciens mis au jour en Sicile (Sélinonte, Agrigente, Bitalemi, etc.) confirme que les Grecs avaient établi un réseau d'échange à longue distance, singulièrement avec les côtes méridionales françaises pour y acquérir une grande quantité de métal (Verger et Pernet, 2013).

5. EN GUISE DE CONCLUSION

Si les données quantitatives provenant des mines de cuivre alpines sont exactes, il faut envisager d'énormes masses de métal, des dizaines voire plusieurs centaines de milliers de tonnes, en circulation au cours de l'âge du Bronze en Europe.

En comparaison avec cette estimation, la quantité de restes métalliques transmise par les investigations archéologiques est infinitésimale. La grande majorité du métal a vraisemblablement fait l'objet d'un recyclage (Delfino, 2017). Les dépôts à fragmentation élevée (*Brucherzhorte*) qui se généralisent dans le courant du Bronze final ne concernent qu'une toute petite partie de la masse métallique réelle (Huth, 2008). Ces dépôts sont essentiellement constitués de cuivre (nouveau métal, lingots) et de bronze (métal recyclé, fragmentation). Quelle que soit l'interprétation des dépôts de métal (culturelle, religieuse, économique, métallurgique, etc.), ces dépôts à fragmentation sont donc le reflet et les témoins d'une véritable économie de recyclage du métal à grande échelle, mais aussi des échanges.

En effet, les observations archéologiques montrent une circulation de grande ampleur des lingots, comme des productions métalliques, à travers toute l'Europe jusqu'aux fermes les plus reculées. La production métallique a donc irrigué tout le continent (Northover, 1982 ;

Needham *et al.*, 2013). La variation de la répartition des dépôts de métal au cours du Bronze final démontre également leur lien avec l'évolution des conditions socio-économiques, voire historiques. Par ailleurs, la consommation accrue de métal a nécessité l'exploitation constante de nouveaux gisements.

Au cours de l'âge du Fer, les dépôts de haches à douille, notamment en Armorique et en Normandie, mais aussi dans le sud de l'Angleterre, n'expriment plus ce système fonctionnel : il y manque le cuivre pur et les artefacts associés sont essentiellement des haches sans valeur d'usage (Huth, 2000 ; Roberts *et al.*, 2015). Ces dernières ressemblent davantage à des barres ou à des lingots éventuellement destinés aux échanges commerciaux ; cette hypothèse est privilégiée du fait de la concentration de ces dépôts en zones littorales. En Languedoc, il existe encore des dépôts à fragmentation élevée qui perpétuent le système d'économie du bronze. Cependant, les caractéristiques des haches montrent déjà des tendances similaires à celles du nord-ouest de la France. Mais la plus grande partie du métal recyclé était certainement encore livrée aux Grecs et aux autres partenaires d'échange (Verger et Pernet, 2013). Dans le reste de l'Europe, on constate, pour l'âge du Fer, un recyclage du bronze se rapprochant de la totalité de la production (à l'exception des usages ostentatoires dans les sépultures). Les dépôts à fragmentation élevée disparaissent.

NOTES

- (1) SKOLAUT J.-M. (en cours) – *Das Brucherzdepot von Dünzlau (Kr. Ingolstadt) und seine Stellung in der Spätbronzezeit Mitteleuropas*, thèse de doctorat, université de Fribourg-en-Brigau.
- (2) Voir www.finds.org.uk

Christoph HUTH

Institut für Archäologische Wissenschaften,
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Fribourg
christoph.huth@archaeologie.uni-freiburg.de

Thierry LOGEL

Éveha. Études et valorisations archéologiques
Institut für Archäologische Wissenschaften,
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Fribourg
thierry.logel@wanadoo.fr

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ARAGON E. (2020) – The Rochelongue Underwater Site and the Coastal Mobility in West Languedoc (France) during the Transit from Late Bronze Age to Early Iron Age, *Riparia*, 6, 1, <https://doi.org/10.25267/Riparia.2020.v6.01>
- ARANDA B., LE CARLIER DE VESLUD C., MARCIGNY C., LE BANNIER J.-C. (2013) – Le dépôt de haches à douille de type armoricain du Hallstatt D1-D2 de Trelly (Manche). Interprétations à partir des analyses chimiques élémentaires, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 110, 1, p. 105-119.
- BLEICHER M.G., FAUDEL C.F. (1883) – L'âge du Bronze en Alsace, Matériaux pour une étude préhistorique de l'Alsace, *Bulletin de la Société d'histoire naturelle de Colmar*, 1883-1885, p. 239-358.
- BOUSCARAS A., HUGUES C. (1967) – La cargaison des bronzes de Rochelongue (Agde, Hérault), *Rivista di Studi Liguri*, 33, 1-3, p. 173-184.
- BRANDHERM D. (2018) – Fragmentation Patterns Revisited: Ritual and Recycling in Bronze Age Depositional Practice, in D. Brandherm, E. Heymans et D. Hofmann (dir.), *Gifts, Goods and Money. Comparing Currency and Circulation Systems in past Societies*, Oxford, Archaeopress, p. 45-65.
- BRIARD J. (1965) – *Les dépôts bretons et l'âge du Bronze atlantique*, Rennes, Travaux du Laboratoire d'anthropologie préhistorique de la faculté des sciences, 352 p.
- ČERNYCH E.N. (1996) – The Dawn of Mining and Metallurgy in Eastern Europe: The New Discoveries, in B. Bagolini et F. Lo Schiavo (dir.), *The Copper Age in the Near East and Europe*, proceedings of the 13th International Congress of Prehistoric and Protohistoric Sciences (Forlì, 8-14 septembre 1996), Forlì, ABACO Edizioni, p. 85-93.
- ČERNYCH E.N. (1998) – Ancient Mining and Metallurgy in Eastern Europe, in B. Hänsel (dir.), *Mensch und Umwelt in der Bronzezeit Europas*, Kiel, Oetker-Voges Verlag, p. 129-133.
- DAVID-ELBIALI M. (2000) – *La Suisse occidentale au II^e millénaire av. J.-C., chronologie, culture, intégration européenne*, Lausanne, Cahiers d'archéologie romande (Cahiers d'archéologie romande, 80), 570 p.
- DELFINO D. (2017) – Copper and Bronzes: The Birth of Complete Recycling in The Bronze Age, in D. Gheorghiu et P. Mason. (dir.), *Working with the Past: Towards an Archaeology of Recycling*, Oxford, Archaeopress Publishing, p. 49-60.
- DIEHM M. (2013) – *Untersuchungen zur Verwendung und Fragmentierung von Bronzen aus spätbronzezeitlichen Depotfunden Bayerns*, thèse de doctorat, Julius-Maximilians-Universität, Würzburg, [en ligne] urn:nbn:de:bvb:20-opus-74659
- DUMONT A. (2006) – *Archéologie des lacs et des cours d'eau*, Paris, Errance, 166 p.
- FISCHER V. (2012) – *Les bronzes en contexte palafittique sur les rives du Léman et des Trois-Lacs (Suisse occidentale)*, Lausanne, Cahiers d'archéologie romande (Cahiers d'archéologie romande, 128), 175 p.
- GABILLOT M., LAGARDE C. (2008) – Voluntary Destructions of Objects in Middle and Late Bronze Age Hoards in France, in C. Hamon et B. Quilliec (dir.), *Hoards from the Neolithic to the Metal Ages. Technical and Codified Practices*, Oxford, Archaeopress (BAR International Serie, 1758), p. 59-65.
- GAUTHIER E. (2017) – Répartition à l'échelle régionale : le cas du quart nord-est de la France, in S. Jurietti (dir.), *Bric-à-brac pour les dieux ? Les dépôts d'objets métalliques à l'âge du Bronze*, Lons-le-Saunier, Musée archéologique du Jura, p. 104-107.
- GOLDENBERG G. (2015) – Prähistorische Kupfergewinnung aus Fahlerzen der Lagerstätte Schwaz-Brixlegg im Unterinntal, Nordtirol, in T. Stöllner et K. Oeggl (dir.), *Bergauf bergab. 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Rahden, Verlag Marie Leidorf, p. 150-163.
- GOMEZ DE SOTO J. (2015) – Les haches à douilles de type armoricain : une production strictement de l'âge du Fer. Critique des sources documentaires afférant à leur chronologie, *Bulletin de la Société préhistorique française*, 112, 1, p. 117-136.
- GUILAINE J., CAROZZA L., GARCIA D., GASCO J., JANIN T., MILLE B. (2017) – *Launac et le Launacien : dépôts de bronzes protohistoriques du sud de la Gaule*, Montpellier, Presses universitaires de la Méditerranée, 388 p.
- HANSEN S. (1994) – *Studien zu den Metalldeponierungen während der älteren Urnenfelderzeit zwischen Rhönetal und Karpatenbecken*, Bonn, Habelt (Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, 21), 613 p.
- HUTH C. (1997) – *Westeuropäische Horte der Spätbronzezeit. Fundbild und Funktion*, Regensburg-Bonn, Universitätsverlag-Habelt, 477 p.
- HUTH C. (2000) – Metal Circulation, Communication and Traditions of Craftsmanship in Late Bronze Age and Early Iron Age Europe, in C.F.E. Pare (dir.), *Metals Make the World Go Round: the Supply and Circulation of Metals in Bronze Age Europe*, Oxford, Oxbow, p. 176-193.
- HUTH C. (2008) – Horte als Geschichtsquelle, in K. Schmotz (dir.), *Vorträge des 26. Niederbayerischen Archäologentages*, Rahden, Verlag Marie Leidorf, p. 131-162.
- HUTH C. (2016a) – Metallfunde in urnenfelderzeitlichen Höhensiedlungen Mitteleuropas, in H. Baitinger (dir.), *Materielle Kultur und Identität im Spannungsfeld zwischen mediterraner Welt und Mitteleuropa*, Akten der Internationalen Tagung am Römisch-Germanischen Zentralmuseum (Mayence, 22-24 octobre 2014), Mayence, Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums (RGZM-Tagungen, 27), p. 221-237.
- HUTH C. (2016b) – Bronzezeitliche Waffendeponierungen. Überlegungen zur Ordnung und Bestimmung einer Denkmälergruppe, in A. Naso, M. Egg et R. Rollinger (dir.), *Waffen für die Götter. Waffenweihungen in Archäologie und Geschichte*, Akten der internationalen Tagung am Institut für Archäologien der Leopold-Franzens-Universität (Innsbruck, 6-8 mars 2013), Mayence, Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums (RGZM-Tagungen, 28), p. 27-45.
- HUTH C. (à paraître) – Scrap Hoards of the Late Bronze Age, in E. Borgna (dir.), *Nature and Function of Bronze Age Deposition between Europe and the Mediterranean: Hoards of the Late Bronze Age*, Scuola Interateneo di Specializzazione

- in Beni Archeologici (Aquilée, 22 mai 2021), Trieste, Università di Trieste, Udine e Venezia.
- HUTH C., LOGEL T. (2017) – Le dépôt du Bronze D2 de Fislis/Oltingue (Jura alsacien) dans le contexte de la vallée du Rhin supérieur, in T. Lachenal, C. Mordant, T. Nicolas et C. Veber (dir.), *Le Bronze moyen et l'origine du Bronze final en Europe occidentale (XVII^e-XIII^e siècle av. J.-C.)*, Strasbourg, Association pour la valorisation de l'archéologie du Grand Est (Mémoires d'archéologie du Grand Est, 1), p. 879-892.
- JURIETTI S., dir. (2017) – *Bric-à-brac pour les dieux ? Les dépôts d'objets métalliques à l'âge du Bronze*, Lons-le-Saunier, Lons-le-Saunier, Musée archéologique du Jura, 132 p.
- KAZEK K.A., SIMON-MILLOT R., dir. (2019) – *Des offrandes pour les dieux ? Les dépôts d'objets métalliques à l'âge du bronze en Sarre et Lorraine*, Milan, Silvana Editoriale, 175 p.
- KNIGHT M.G. (2022) – *Fragments of the Bronze Age. The Destruction and Deposition of Metalwork in South-West Britain and its Wider Context*, Oxford, Oxbow (Prehistoric Society Research Paper, 13), 186 p.
- KOCH WALDNER T., KLAUZNER M. (2015) – Das prähistorische Bergbaugesamt in der Region Kithbühel, in T. Stöllner et K. Oeggel (dir.), *Bergauf bergab. 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Rahden, Verlag Marie Leidorf, p. 165-173.
- LE CARLIER DE VESLUD C., LE BANNIER J.-C., MARCIGNY C. (2018) – Analyses chimiques de dépôts métalliques terrestres de la Manche (Agneaux, Hallstatt D2-D3 et Surtainville, BFa 3) : des compositions chimiques distinctes marquant deux horizons métalliques bien différenciés, in S. Boulud-Gazo et M. Melin (dir.), *Contributions à l'archéologie de l'âge du Bronze dans les espaces atlantiques et Manche-mer du Nord*, Dijon, Association pour la promotion des recherches sur l'âge du Bronze (Supplément au Bulletin de l'APRAB, 4), p. 223-238.
- LOGEL T. (2012) – Dépôts fluviaux, pratiques funéraires et paysages dans la plaine alluviale du Rhin supérieur aux II^e et I^{er} millénaires avant notre ère, in M. Honegger et C. Mordant (dir.), *L'homme au bord de l'eau. Archéologie des zones littorales du Néolithique à la Protohistoire*, actes du 135^e congrès du CTHS (Neuchâtel 2010), Paris, éditions du CTHS (Documents Préhistoriques 30) et Lausanne, Cahiers d'archéologie romande (Cahiers d'archéologie romande, 130), p. 123-139.
- LOGEL T. (2013) – Les dépôts d'objets en métal de l'âge du Bronze autour de Brumath, *Bulletin de la Société d'histoire et d'archéologie de Brumath et des environs*, 41, p. 2-8.
- LOGEL T. (2021) – La place des « tertres funéraires de la forêt de Haguenau » dans l'extension de la culture des tumulus. Définition des groupes culturels de la vallée du Rhin supérieur (Bze B- Bze D2), in C. Marcigny et C. Mordant (dir.), *Bronze 20 ans de recherches*, actes du colloque international anniversaire de l'APRAB (Bayeux, 19-22 juin 2019), Dijon, APRAB (Supplément au Bulletin de l'APRAB, 7), p. 193-219.
- LOGEL T. (à paraître) – Au-delà du Rhin, le Bronze ancien dans la vallée du Rhin supérieur et ses relations avec l'Europe atlantique (2200-1600 ± 25 BC), in S. Blanchet, T. Nicolas, B. Quilliec, B. Roberts (dir.), *Les sociétés du Bronze ancien atlantique du XXIV^e au XVII^e s. av. J.-C.*, actes de colloque (Rennes, 7-10 novembre 2018), Bordeaux, Ausonius Éditions.
- MILCENT P.-Y. (2017) – Valeurs d'usage et d'échange. La dimension prémonétaire des dépôts en Gaule atlantique du XIII^e au V^e s. av. J.-C., *Bulletin de la Société préhistorique française*, 114, 4, p. 711-773.
- MODL D. (2019) – Recording Plano-Convex Ingots (Gusskuchen) from Late Bronze Age Styria and Upper Austria. A Short Manual for the Documentation of Morphological and Technological Features from Production and Partition, in R. Turck, T. Stöllner et G. Goldenberg (dir.), *Alpine Copper II; Alpenkupfer II; Rame delle Alpi II; Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, Bochum-Rahden, Verlag Marie Leidorf, p. 373-398.
- MORDANT C. (1998) – Dépôts de bronzes et territoires à l'âge du Bronze en Bourgogne (XVII^e-IX^e siècle avant J.-C.), in C. Mordant, M. Pernot et V. Rychner (dir.), *L'atelier du bronzier en Europe du XX^e au VIII^e siècle avant notre ère*, tome 1 *Les analyses de composition du métal : leur apport à l'archéologie du Bronze*, Paris, éditions du CTHS (Documents préhistoriques, 10-1), p. 185-210.
- MÖSLEIN S., PERNICKA E. (2019) – The Metal Analyses of the SSN-Project (with catalogue), in R. Turck, T. Stöllner et G. Goldenberg (dir.), *Alpine Copper II; Alpenkupfer II; Rame delle Alpi II; Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, Bochum-Rahden, Verlag Marie Leidorf, p. 399-454.
- NAUE A.W. (1905) – *Denkmäler der vorrömischen Metallzeit im Elsass*, Strasbourg, R. Schultz, 529 p.
- NEEDHAM S. (1990) – *The Petters Late Bronze Age Metalwork*, Londres, British Museum (Occasional Paper, 70), 145 p.
- NEEDHAM S., PARHAM D., FRIEMAN C. (2013) – *Claimed by the Sea. Salcombe, Langdon Bay, and other Marine Finds of the Bronze Age*, York, Council for British Archaeology (CBA, Research Report, 173), 212 p.
- NORTHOVER P. (1982) – The Exploration of the Long-distance Movement of Bronze in Bronze and Early Iron Age Europe, *Bulletin of the Institute of Archaeology*, 19, p. 45-72.
- OEGGEL K. (2009) – *Die Geschichte des Bergbaus in Tirol und seinen angrenzenden Gebieten*, Innsbruck, Innsbruck University Press, 359 p.
- PENHALLURICK R.D. (1986) – *Tin in Antiquity. Its Mining and Trade throughout the Ancient World with Particular Reference to Cornwall*, Londres, Institute of Metal, 271 p.
- PERNICKA E., LUTZ, J., STÖLLNER T. (2016) – Bronze Age Copper Produced at Mitterberg, Austria, and its Distribution, *Archaeologia Austriaca*, 100, p. 19-55.
- PININGRE J.-F. (1998) – Les dépôts de Franche-Comté : analyse spatiale, in C. Mordant, M. Pernot et V. Rychner (dir.), *L'atelier du bronzier en Europe du XX^e au VIII^e siècle avant notre ère*, tome 1 *Les analyses de composition du métal : leur apport à l'archéologie du Bronze*, Paris, éditions du CTHS (Documents préhistoriques, 10-1), p. 211-222.
- PININGRE J.-F. (2007) – Les dépôts du début de l'âge du Bronze final de Biederthal (Haut-Rhin, F), in C. Belet-Gonda, J.-P. Mazimann, A. Richard et F. Schifferdecker, *Actes des premières journées archéologiques frontalières*

- de l'arc Jurassien. *Actualités archéologiques régionales* (Delle-Boncourt [Suisse], 21-22 octobre 2005), Besançon, Presses universitaires de France-Comté et Porrentruy, Office de la culture et Société jurassienne d'émulation, p. 175-188.
- PININGRE J.-F., GRUT H. (2009) – Dépôts et lieux de déposition de bronzes dans la région salinoise (Jura) aux XV^e-XIV^e siècles av. J.-C., in A. Richard, P. Barral, A. Daubigney, G. Kaenel, C. Mordant et J.-F. Piningre (dir.), *L'isthme européen Rhin-Saône-Rhône dans la Protohistoire. Approches nouvelles en hommage à Jacques-Pierre Millotte*, Besançon, Presses universitaires de Franche-Comté, p. 183-199.
- QUILLIEC B. (2008) – Use, Wear and Damage: Treatment of Bronze Swords before Deposition, in C. Hamon et B. Quilliec (dir.), *Hoards from the Neolithic to the Metal Ages. Technical and Codified Practices*, Oxford, Archaeopress (BAR International Serie, 1758), p. 67-78.
- RADIVOJEVIĆ M., ROBERTS B.W., PERNICKA E., STOS-GALE Z., MARTINÓN-TORRES M., REHREN T., BRAY P., BRANDHERM D., LING J., MEI J., VANDKILDE H., KRISTIANSEN K., SHENNAN St J., BROOdBANK C. (2019) – The Provenance, Use, and Circulation of Metals in the European Bronze Age: The State of Debate, *Journal of Archaeological Science*, 27, p. 131-185.
- ROBERTS B.W., BOUGHTON D., DINWIDDY M., DOSHI N., FITZPATRICK A.P., HOOK D., MEEKS N., MONGIATTI A., WOODWARD A., WOODWARD P.J. (2015) – Collapsing Commodities or Lavish Offerings? Understanding Massive Metalwork Deposition at Langton Matravers, Dorset during the Bronze Age-Iron Age Transition, *Oxford Journal of Archaeology*, 34, 4, p. 365-395.
- RYCHNER V. (1984) – De l'âge du Bronze à l'âge du Fer : le dépôt d'Echallens (canton de Vaud, Suisse), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 81, 10-12 (Études et Travaux), p. 357-370.
- RYCHNER V. (1995) – *Arsenic, nickel et antimoine. Une approche de la métallurgie du Bronze moyen et final en Suisse par l'analyse spectrométrique*, Lausanne, Cahiers d'archéologie romande (Cahiers d'archéologie romande, 63-64), 112 p.
- SCHUMACHER K. (1903) – Die Bronzezeitlichen Depotfunde Südwest-Deutschlands, *Correspondenz-Blatt der Deutschen Gesellschaft für Ethnologie und Urgeschichte*, 24^e année, 10 octobre 1903, p. 90-101
- SCOTT D.A. (2014) – Metallography and Microstructure of Metallic Artefacts, in B.W. Roberts et C.P. Thornton (dir.), *Archaeometallurgy in Global Perspective. Methods and Syntheses*, New York, Springer, p. 67-89.
- STANIASZEK B.E.P., NORTHOVER J.P. (1982) – The Properties of Leaded Bronze Alloys, in *Proceedings of the 22nd Symposium on Archaeometry University of Bradford* (Bradford, 30 mars-3 avril 1982), Bradford, Schools of Physics and Archaeological Sciences-University of Bradford, p. 262-272.
- STAUDT M., GOLDENBERG G., SCHERER-WINDISCH M., NICOLUSSI K., PICHLER T. (2019) – Late Bronze Age/Early Iron Age Fahlore Mining in the Lower Inn Valley (North Tyrol, Austria), in R. Turck, T. Stöllner et G. Goldenberg (dir.), *Alpine Copper II; Alpenkupfer II; Rame delle Alpi II; Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, Bochum-Rahden, Verlag Marie Leidorf, p. 373-398
- STEIN F. (1976) – *Bronzezeitliche Hortfunde in Süddeutschland. Beiträge zur Interpretation einer Quellengattung*, Bonn, R. Habelt (Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde, 23), 245 p.
- STEIN F. (1979) – *Katalog der vorgeschichtlichen Hortfunde in Süddeutschland*, Bonn, R. Habelt (Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde, 24), 279 p.
- STÖLLNER T., OEGGL K., dir. (2015) – *Bergauf bergab. 10.000 Jahre Bergbau in den Ostalpen*, Rahden-Westfalen, Verlag Marie Leidorf, 143 p.
- TESTART A., (2012) – *Les armes dans les eaux. Questions d'interprétation en archéologie*, Paris, Errance (Archéologie aujourd'hui), 487 p.
- TRAMPUŽ OREL N. (1996) – Spektrometrične raziskave depojskih najdb pozne bronaste dobe (Spectrometric Research of the Late Bronze Age Hoard Finds), in B. Teržan (dir.), *Depojske in posamezne kovinske najdbe bakrene in bronaste dobe na Slovenskem [Hoards and Individual Metal Finds from the Eneolithic and Bronze Ages in Slovenia]*, Ljubljana, Narodni muzej (Katalogi in monografije, 29-30), p. 165-242.
- TRAMPUŽ OREL N., HEATH D.J., HUDNIK V. (1998) – Chemical Analysis of Slovenian Bronzes from the Late Bronze Age, in C. Mordant, M. Pernot et V. Rychner (dir.), *L'atelier du bronzier en Europe du XX^e au VIII^e siècle avant notre ère, tome 1 Les analyses de composition du métal : leur apport à l'archéologie du Bronze*, Paris, éditions du CTHS (Documents préhistoriques, 10-1), p. 223-237.
- TURCK R., STÖLLNER T., GOLDENBERG G., dir. (2019) – *Alpine Copper II; Alpenkupfer II; Rame delle Alpi II; Cuivre des Alpes II. New Results and Perspectives on Prehistoric Copper Production*, Bochum-Rahden, Verlag Marie Leidorf, 457 p.
- VEBER C. (2009) – *Métallurgie des dépôts de bronzes à la fin de l'âge du Bronze final (IX^e-VIII^e av. J.-C.) dans le domaine Sarre-Lorraine. Essai de caractérisation d'une production bronzière au travers des études techniques : formage et analyses élémentaires*, Oxford, Archaeopress (BAR International Series, 2024), 340 p.
- VERGER S., PERNET L., dir. (2013) – *Une Odyssée gauloise. Parures de femmes à l'origine des premiers échanges entre la Grèce et la Gaule*, Arles, Errance, 399 p.
- WEISGERBER G., GOLDENBERG G., dir. (2004) – *Alpenkupfer. Rame delle Alpi*, Bochum, Bochum, Deutsches Bergbau Museum, 378 p.
- WERNER L.G. (1923) – Instruments de cuivre et dépôts de l'âge du Bronze en Alsace, *Bulletin archéologique*, 1923, p. 19-30.
- WINDHOLZ-KONRAD M. (2018) – *Urnenfelderzeitliche Mehrstückhorte aus dem Salzkammergut zwischen Ödensee und Hallstättersee*, Vienne, Berger, 280 p.
- WISEMAN R. (2018) – Random Accumulation and Breaking: The Formation of Bronze Age Scrap Hoards in England and Wales, *Journal of Archaeological Science*, 90, p. 39-49.
- YALÇIN Ü., PULAK C., SLOTTA R., dir. (2005) – *Das Schiff von Uluburun. Welthandel vor 3000 Jahren*, Bochum, Deutsches Bergbaumuseum, 693 p.
- ZUMSTEIN H. (1966) – *L'âge du Bronze dans le département du Haut-Rhin*, Bonn, Habelt, 172 p.

