Huit objets de cuivre et de bronze du piémont pyrénéen oriental : analyse croisée typologique et métallique

Jean GUILAINE et Florence Cattin

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/dam/5893>

DOI : 10.4000/dam.5893

ISSN : 1955-2432

Éditeur

ADAM éditions

Édition imprimée

Date de publication : 6 octobre 2015

Pagination : 15-32

ISBN : 2-908774-27-5

ISSN : 0184-1068

Référence électronique

Jean GUILAINE et Florence Cattin, « Huit objets de cuivre et de bronze du piémont pyrénéen oriental : analyse croisée typologique et métallique », *Documents d'archéologie méridionale* [En ligne], 38 | 2015, mis en ligne le 01 janvier 2017, consulté le 10 avril 2023. URL : <http://journals.openedition.org/dam/5893> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/dam.5893>

***Huit objets de cuivre et de bronze du piémont pyrénéen oriental:
analyse croisée typologique et métallique***

Résumé :

Cet article porte sur huit pièces à base de cuivre – deux haches plates et six poignards – provenant de la zone sous-pyrénéenne orientale (Corbières, Haute Vallée de l'Aude, Pays d'Olmes), dans les départements de l'Aude et de l'Ariège de l'Est (région de Lavelanet). Elles sont décrites et replacées dans leur contexte typochronologique, alors que les aspects technoéconomiques sont envisagés via la composition métallique (composition élémentaire et rapports isotopiques du plomb). Cinq objets en cuivre – deux haches et trois poignards – sont attribués au Chalcolithique. L'une des haches se rapproche des types nord-ibériques et son importation depuis cette région est suggérée par les analyses métalliques qui placent l'origine du métal dans les Monts Cantabriques. Les trois poignards restants en bronze sont plus tardifs (âge du Bronze et époque historique ?) et de configurations métalliques variées, ce qui laisse envisager un approvisionnement multiple.

Mots-clés :

Hache, poignard, cuivre, bronze, Pyrénées, typochronologie, composition élémentaire, composition isotopique du plomb.

Abstract:

This contribution presents eight copper-based artefacts – two flat axes and six daggers – originating from the eastern Subpyrenean Zone (Corbières, Haute Vallée de l'Aude, Pays d'Olmes), in the departments of Aude and Ariège (area of Lavelanet). They are described and their typochronological context is discussed. The metallic analyses (trace elements and lead isotopes) reveal the techno-economic aspects. Five artefacts made of copper – two axes and three daggers – are attributed to the Chalcolithic. One axe is of North Iberian type and metallic analyses support this origin, suggesting that the metal could come from the Cantabrian Mountains. The three remaining daggers are made of bronze and are attributed to the Bronze Age and, possibly, the Historic Period. The metallic compositions are diverse and suggest a complex material supply chain.

Keywords:

Axe, dagger, copper, bronze, Pyrenees, typochronology, trace elements, lead isotope analysis LIA.

1. Introduction

Cette note a pour objectif la présentation de huit pièces métalliques – deux haches plates et six poignards – de cuivre et de bronze provenant de la zone sous-pyrénéenne orientale (Corbières, Haute-Vallée de l'Aude, pays d'Olmes), dans les départements de l'Aude et de l'Ariège de l'Est (région de Lavelanet) (fig. 1). L'exposé se fonde sur une double analyse, typo-chronologique et métallique, de manière à contribuer à la constitution d'un référentiel régional. Sauf un cas, discuté, ces documents se rattachent au Chalcolithique et à l'âge du Bronze. Une hache provient des réserves du musée de Narbonne. Elle avait échappé à notre sagacité lorsque nous avons dressé la liste des haches plates en Languedoc oriental (Guilaine 1972, 45-46). Les autres pièces ont été mises à notre disposition par G. Rancoule que nous remercions sincèrement. Cet auteur a déjà fait connaître, dans une courte note, les deux pièces de la grotte de Crémailhou à Caunette-sur-Lauquet (Aude) (Rancoule 2009). Les autres pièces en provenance de Né-

■ 1 Localisation des sites évoqués.

- 1 - grotte de Crémailhou, Caunette-sur-Lauquet (Aude).
2 - Couiza (Aude). 3 - Forêt de Tury, Nébias (Aude).
4 - Cap de Garrigue, Ilhat (Ariège). Carte I. Carrère.

bias (Aude) et d'Ilhat (Ariège) sont inédites. Les contextes n'en sont pas connus, G. Rancoule ayant récupéré ces pièces à partir d'une collection privée.

2. Les haches plates

2.1. Hache conservée dans les réserves du musée de Narbonne (Aude).

Il s'agit d'un vestige admis anciennement dans les collections de l'établissement (fig. 2). Une étiquette indique un numéro d'entrée : 13751, dont les registres du musée n'ont pu retrouver la trace. Une autre étiquette, décollée, trouvée avec ce document, portait la mention « Couiza ». On n'écartera pas l'hypothèse selon laquelle ce vestige a pu être acquis à une époque où un agent-voyer, M. Louis Fages, récupérait systématiquement dans l'arrondissement de Limoux des haches polies et divers autres vestiges préhistoriques pour alimenter les collections du musée de Narbonne (renseignement C. Alibert). P. Tournal n'évoque pas ce document dans son Inventaire des collections du Musée de Narbonne (1864) mais il est vrai que ce chercheur ne répertorie pas toujours pièce à pièce les vestiges conservés, se contentant de les traiter en bloc par périodes ou par lots. Rappelons qu'une hache plate a également

■ 2 Hache de cuivre (Musée de Narbonne).
Origine Couiza probable. Dessin J. Coularou.

été découverte sur le territoire de la commune de Couiza (Sicard 1900, 232 ; Chardenoux, Courtois 1979, 35, n° 88). Elle se rattachait à l'ancienne collection, aujourd'hui disparue, d'I. Gabelle. Dans sa synthèse sur la Préhistoire de l'Aude, G. Sicard signale également la découverte sur cette commune de « haches de bronze » (Sicard 1900, 163). Sans être totalement sûr, on peut considérer l'origine « Couiza » de cette pièce comme vraisemblable. Il s'agit d'une hache plate de morphologie sub-rectangulaire avec léger évasement du tranchant au tracé légèrement courbe. Les bords (flancs) sont droits, la section rectangulaire.

Longueur de la pièce : 11,2 cm

Largeur au talon : 4,5 cm

Largeur près du tranchant : 5,1 cm

Épaisseur : 0,5 à 0,7 cm.

La pièce est assez mince mais, sur les deux faces, elle a été assez considérablement épaissie par des concrétions cuivreuses adhérant à la plus grande partie des surfaces ; les deux côtés du tranchant sont également affectés par ces développements secondaires. La pièce montre en plusieurs points des plages de métal rouge.

La morphologie de cette hache, en raison de ses bords sub-parallèles, tranche sur les modèles du Chalcolithique du bassin de l'Aude et, plus largement, de l'ensemble du Midi (Guilaine 1972 ; Chardenoux, Courtois 1979). En effet ceux-ci, longs ou courts, possèdent en général une forme trapézoïdale avec un talon arrondi ou droit et anguleux (Guilaine 1972, fig. 2 et 3). Aucun ne présente les petits évasements terminaux dégageant le tranchant. L'exemplaire de la grotte de la Rouquette à Saint-Hilaire-de-Brethmas (Gard) est celui qui s'en rapproche le plus (Audi-bert 1962, 24, fig. 1, n° 1). Observons que, dans le Midi, les plus grosses concentrations de haches plates se trouvent en Languedoc occidental et en Ariège. Il s'agit le plus souvent d'objets isolés trouvés fortuitement (et anciennement, donc sans observation précise). Le seul dépôt est celui de Centeilles à Siran (Hérault) qui associait, parmi les 15 pièces qui le composaient, 5 exemplaires trapézoïdaux, parfois à très légers rebords, à base carrée, et 10 ébauches, sorte de lingots peu épais (l'un d'eux n'a que 2 mm d'épaisseur), à tranchant droit ou frangé, vraisemblablement en liaison avec une métallurgie locale. Observons que dans la zone des Cévennes orientales, pourtant fournie en traces d'une importante métallurgie locale au Chalcolithique (cf. Cabrières, Ambert 1997), les haches plates sont peu nombreuses. Plus à l'Est encore, en Provence, elles sont excessivement rares (Courtin 1974 ; Lemerrier 2004). B. Chardenoux et J.-C. Courtois ne citent que deux ou trois

exemplaires : Puyméras (Vaucluse), Rognac (Bouches-du-Rhône), Saint-Rémy-de-Provence (Bouches-du-Rhône).

Analyses élémentaires et isotopes du plomb (cf. *infra*) permettent d'éliminer comme source du métal les gîtes situés sur l'arc ouest-méditerranéen, de la Toscane aux Cévennes. Par contre les meilleures confrontations orientent plutôt vers les mines des Asturies. Or, ce résultat trouve d'excellents parallèles dans le domaine typologique. On a vu en effet que la hache de Couiza / Narbonne n'avait guère de lien morphologique avec les diverses variétés de haches plates méridionales. Les meilleurs rapprochements typologiques concernent précisément des haches du Nord-Ouest de la péninsule Ibérique. On peut ainsi la rapprocher de deux haches de la province de Lugo : dolmen de Loban (Rovira Llorens *et al.* 1997, 251, fig. 21, PA6378), hache du musée de Lugo (Rovira Llorens *et al.* 1997, 251, fig. 21, PA6377). Quatre autres exemplaires de la province de Pontevedra sont aussi à citer : l'une de Roufeiro (Rovira Llorens *et al.* 1997, 293, fig. 26, PA6879), une pièce sans provenance du musée d'Outeiro (Rovira Llorens *et al.* 1997, 293, fig. 26, PA6880), une hache du site de Marxion (Villagarcía de Arosa) (Rovira Llorens *et al.* 1997, 313, fig. 28, PA6379), enfin un exemplaire de San Xurxo de Sacos (Cotobade) (Rovira Llorens *et al.* 1997, 313, fig. 28, PA6659). D'autres exemplaires sont un peu plus périphériques : Marvão (Alto Alentejo, Portugal) (Monteagudo 1977, pl. 15, n° 275), Cercal (Estrémadure) (Monteagudo 1977, pl. 15, n° 276). En définitive ce modèle à bords parallèles n'est guère présent que dans le Nord-Ouest de la péninsule Ibérique. Il constitue le type 4 B, dit « galicien » de L. Monteagudo (Monteagudo 1977, pl. 16). C'est à cette variété que l'on doit attribuer la hache de Couiza / Narbonne, probablement une importation à partir de cet Ouest péninsulaire.

2.2. Hache plate d'Ilhat (Ariège) découverte au lieu-dit « Cap de Garrigue ».

Il s'agit d'une petite herminette à talon ébréché (fig. 4, n° 1).

Longueur actuelle : 4,4 cm

Largeur maximum (au tranchant) : 2,4 cm

Épaisseur maximum : 0,6 cm.

Cette petite lame, très compacte, accuse une forme trapézoïdale à bords obliques. Le flanc droit a un tracé convexe. Il n'est pas exclu que le flanc gauche, moins régulier, ait été partiellement amputé lors d'une phase ancienne de l'objet. En coupe longitudinale, la pièce présente une nette section plano-convexe.

De telles petites lames ne sont guère connues dans le contexte régional de l'Aude-Roussillon-Ariège mis à part un exemplaire miniature, genre tranchet, du musée de Foix (Guilaine 1967, 60, pl. 15, n° 5). Dans le Midi, les formes les plus fréquentes sont trapézoïdales, à talon droit ou arrondi et tranchant plus ou moins incurvé.

En fait sur la façade méditerranéenne française peu de haches plates en cuivre ont été découvertes en claire association avec des mobiliers culturellement précis. On peut citer le cas, déjà évoqué, de la grotte de la Rouquette à Saint-Hilaire-de-Brethmas (Gard) où une hache était associée à deux alènes à section carrée, 4 perles biconiques dont deux à facettes, un disque percé, des perles rondes et un ensemble céramique fontbuxien (Gutherz 1975) (fig. 3, n° 3). De même une hache plate, volontairement brisée, a-t-elle été mise au jour dans la fosse 118 du site de la Vayssonnié (Tarn) en association avec un collier de 124 perles rondes, 12 perles biconiques longues, 6 perles biconiques courtes dont une à renflement médian, 4 pendeloques à languette, tous ces objets étant en cuivre (Coularou, Servelle 2006), dans un contexte à affinités véraziennes (Sendra, Viarouge 2006). On pourrait ajouter à ces exemples la petite hache (ou tranchet) de la grotte de la Médecine à Verrières (Aveyron) trouvée dans un horizon de la phase ancienne du groupe des Treilles (Costantini 1984, 153).

Ces trois découvertes plaident en faveur d'une métallurgie du cuivre active au cœur du III^e millénaire av. notre ère liée à l'exploitation des potentialités de la bordure méridionale du Massif central. Par contre l'association aux campaniformes, très longtemps admise quand on considérait ceux-ci comme les principaux vecteurs de la première métallurgie (Guilaine 1967), ne s'est pas confirmée par la suite. Dans le Midi la floraison métallurgique a donc précédé la diffusion des gobelets campaniformes au moins pendant toute la première moitié du III^e millénaire av. notre ère.

3. Les poignards

3.1. Poignard en cuivre de Caunette-sur-Lauquet (Aude)

Il s'agit d'une petite lame de poignard (fig. 3, n° 1). Trouvée à l'extérieur de la grotte de Crémillhou, la pièce provient de la récupération d'objets mis au jour parmi l'éboulis situé en avant de la cavité et comportant des vestiges de diverses époques, attribuables au vidage du remplissage de la grotte (Chalcolithique, âge du Bronze, premier

âge du Fer, monnaies d'Ampurias du II^e s. av. n. è, plaques de bronze médiévales) (Rancoule 2009). La composition du métal (un cuivre à antimoine) oriente vers une datation au Chalcolithique.

Longueur : 6 cm
Largeur maximum : 2,5 cm
Épaisseur : 0,2 cm

La forme générale est losangique. La lame présente deux légères nervures convergentes parallèles aux bords. Les fils du tranchant sont réguliers. Par contre les bords de la soie, plus fins que ceux de la lame, ont un tracé irrégulier, frangé. La partie proximale (soie) est légèrement torse. Cette pièce, courte, possède une languette plutôt développée en regard de la longueur limitée de la partie active.

Comme pour le poignard de Nébias (cf. *infra*) on se trouve devant un modèle à lame brève et soie sub-triangulaire plutôt développée. Cette variété existe dans le bassin de l'Aude où certains spécimens peuvent même disposer d'une soie sub-triangulaire plus longue que la lame proprement dite : dolmen de Saint-Eugène à Laure-Minervois, grotte de Festes à Tuchan (Guilaine 1967, 50, pl. 12, n° 1, 2). Appartient à une variété voisine l'exemplaire de la grotte Saint-Joseph à Sainte-Anastasie (Gard) avec de légers crans à la jonction lame / soie (Gutherz 1975, 69, fig. 30, n° 3). Assez proche morphologiquement est l'exemplaire issu de la grotte de Son Primer de Arta (Baléares) (Calvo Trias, Guerrero Ayuso 2002, 190, fig. 38, n° 1).

3.2. Poignard (?) en bronze de Caunette-sur-Lauquet (Aude)

Cette pièce (fig. 3, n° 2) comme la précédente provient des déblais issus de la caverne de Crémillhou et rejetés sur le talus externe. Elle était donc mêlée à des restes d'époques diverses correspondant à l'élimination, à une époque inconnue, du remplissage interne (Rancoule 2009).

Longueur actuelle : 7,1 cm
Largeur maximum : 2 cm
Épaisseur maximum : 0,1 à 0,2 cm.

Ce vestige se compose d'une languette plutôt allongée, à bords sub-parallèles, se terminant en palette trapézoïdale. L'amorce de la lame s'opère par un évasement de la soie décrivant un élargissement au tracé oblique. En regard du développement du pédoncule, long de 3 cm, la lame pro-

prement dite est courte. Ses bords sont très altérés, érodés, et présentent de fortes irrégularités. Ils semblent avoir été secondairement découpés, retaillés. Aussi cette lame ne semble être que la partie résiduelle d'une pièce plus allongée à l'origine.

L'interprétation de ce document fait problème. Par sa morphologie, et notamment sa longue soie, il pourrait entrer sans difficulté dans le type classique campaniforme, bien représenté notamment sur la Meseta ibérique (Garrido Pena 2000, 183, fig. 92). Toutefois les bords très frangés de la lame qui semblent indiquer des traces de découpe jettent un doute sur son ancienneté, impression accentuée par la section de la lame, très plate, sans renforcement de sa partie fonctionnelle. Enfin cette pièce est en bronze et

cette composition l'éloigne des poignards chalcolithiques, campaniformes ou autres. Trouvée dans un contexte remanié où figuraient des vestiges protohistoriques mais également du Moyen Âge, une datation d'époque historique n'est pas à exclure (Rancoule 2009).

3.3 *Lame de poignard en cuivre provenant de Nébias (Aude), Lieu-dit « Forêt de Tury »*

Longueur : 6,9 cm
Largeur maximum : 2 cm
Épaisseur maximum : 0,3 cm.

■ 3 Lames de poignards. 1 et 2 - grotte de Crémillhou, Caunette-sur-Lauquet (Aude). 3 - Forêt de Tury, Nébias (Aude).
Dessin J. Coularou.

Document sub-losangique dont la partie active se développe sur 4,5 cm, la soie accusant 2,4 cm. La pièce (fig. 3, n° 3) est « massive », à section épaisse, la partie axiale renforcée en regard des flancs plus minces, ceux-ci délimités par un moindre relief. Le tracé global de la lame est plutôt ogival, sa terminaison arrondie. Deux petites encoches sont visibles sur chaque bord à la jonction lame / soie. Une autre apparaît sur un côté de la languette. Celle-ci a un tracé globalement triangulaire, assez régulier, et se termine en pointe.

Cette variété à soie triangulaire est connue dans le Midi mais il s'agit généralement de pièces à lame allongée et soie courte : grotte du Roc du Midi à Blandas (Gard) (Gascó 1980, fig. 6, n° 23), grotte de Nizas à Fontès (Hérault) (Gascó 1980, fig. 8, n° 19), dolmen de Molentie à Saint-Étienne-de-Gourgas (Hérault) (Gascó 1980, fig. 9, n° 10d), Grotte I des Cascades à Creissels (Aveyron) (Gascó 1980, fig. 11, n° 1)¹, etc. Semblables pièces existent en Espagne méditerranéenne comme l'un des deux poignards provenant de la grotte de Rafol d'Almunia, long de 10,2 cm (Simón Garcia 1998, fig. 72, n° 2). Au contraire, la pièce de Nébias se caractérise par une lame plutôt courte en regard d'une soie assez allongée. On ne peut exclure toutefois un vestige plus développé à l'origine et raccourci par usure.

Ce type de poignard à soie triangulaire large n'entre pas dans la variété campaniforme classique à soie étroite et sans doute apparaît-il antérieurement à celui-ci, au moins en synchronie avec les exemplaires du groupe de Fontbousse. Il n'est pas exclu toutefois de le rencontrer parfois en contexte campaniforme. La pièce de Nébias pourrait trouver quelque parenté avec le poignard de la tombe 1 du Calvari d'Amposta dans la basse vallée de l'Èbre qui était associé à deux gobelets campaniformes internationaux bien que sa morphologie le rattache plutôt aux cultures autochtones antérieures (Harrison 1977, fig. 88). Même remarque pour la dague du dolmen de Torrejón (Villarmayor) (Garrido Pena 2000, 281, fig. 62, n° 18). Un document assez proche, trouvé en milieu campaniforme, provient de l'hypogée sarde de Padru Jossu (Sanluri, Cagliari) (Ugas 1998, 274, fig. 12, n° 8).

3.4. Petite lame de poignard en cuivre provenant d'Ilhat (Ariège), Lieu-dit « Cap de Garrigue »

Longueur : 5,2 cm
 Largeur maximum : 1,4 cm
 Épaisseur : 0,1 cm.

Cette pièce (fig. 4, n° 2) se présente sous la forme d'une lame triangulaire de faible largeur terminée dans sa partie distale par une morphologie en palette légèrement ogivale. Ce vestige est très plat, très peu épais et s'apparenterait presque à une tôle. De très fins reliefs parallèles aux bords semblent indiquer qu'il s'agit d'un poignard très usé dont la lame pourrait avoir subi des reprises successives. Cette pièce n'est pas sans rappeler certaines pointes de Palmela à pédoncule peu différencié de la lame comme l'exemplaire de la station de la Condamine à Monze (Aude) (Ambert 2001, 583, fig. 3, n° 4).

Ce modèle de tout petit poignard où la lame et la soie ne sont pas autonomisées n'est pas fréquent. On en connaît par contre des exemplaires de plus grande taille : Baume Latrone à Sainte-Anastasie (Gard) (Gascó 1980, fig. 7, n° 14), grotte de Label à Lauroux (Hérault) (Gascó 1980, fig. 7, n° 17). Un poignard de petite taille proche morphologiquement de celui d'Ilhat provient de la tombe sarde de Bingia e'Monti à Gonnostramatza (Oristano) (Nicolis et Mottes 1998, 298, fig. 5, n° 10).

3.5. Lame de poignard à deux rivets d'Ilhat (Ariège), Lieu-dit « Cap de Garrigue »

Longueur : 6 cm
 Largeur maximum : 2,6 cm
 Épaisseur : 0,2 cm.

La morphologie de la partie active est triangulaire tandis que la zone de fixation prend un aspect global arrondi (fig. 4, n° 3). La section est sub-plane. Les perforations pour rivets sont placées presque en limite du tracé de l'instrument. C'est sans doute le trop fin espace entre le trou et le bord de l'objet qui a entraîné le bris de la pièce à hauteur de l'une des perforations. L'objet est en bronze. Ce modèle, à deux rivets, apparaît en fait dans le Midi dès le Chalcolithique comme le montre l'exemplaire de Bouriège (Aude) (Guilaine 1972, fig. 11, n° 2) en cuivre arsénié. Il en va de même sur le versant sud des Pyrénées : Cova d'Aigues Vives (Brics, Lérída) (Rovira Llorens *et al.* 1997, 260, fig. 22, PA7657). Mais en général ce modèle à deux rivets est plus courant au Bronze ancien pour se perpétuer au Bronze moyen. Sa répartition est large : France orientale (Bois de Parancot à Mesnais, Jura) (Piningre, Ganard 2004, 209, fig. 93, n° 7), Suisse (Chamoson, Valais) (David-Elbiali 2000, pl. 8, B, n° 2), Italie du Nord (Gabbiano di Manerba, Bande di Cavriana, Ledro) (de Marinis 2005, fig. 3, nos 4, 5, 6). Dans le Midi, on retrouve cette variété au cours du Bronze ancien ou moyen : dolmen de Coulet à Saint-Maurice-de-Navacelles

■ 4 Pièces de métal provenant d'Ilhat (Ariège). 1 - herminette. 2, 3, 4 - lames de poignards.
Dessin J. Coularou.

(Hérault) (Roudil 1972, fig. 2, n° 13), grotte du Roc du Midi à Blandas (Gard) (Roudil 1972, fig. 29, n° 7), grotte de la Carrière à la Montade, Plan-de-Cuques (Bouches-du-Rhône) (Courtin 1976, fig. 1, n° 18).

La plupart des poignards à deux rivets du versant sud-pyrénéen sont en bronze comme l'exemplaire ariégeois : Cova de Can Mauri (Solsona) (Rovira Llorens *et al.* 1997, 121, fig. 9, PA7655), Cova de Grioterres (Vich) (Rovira Llo-

rens *et al.* 1997, 121, fig. 9, PA7875), Cova del Toll (Moya) (Rovira Llorens *et al.* 1997, 121, fig. 9, PA7866), Cova d'en Merla (Roda de Bera) (Rovira Llorens *et al.* 1997, 370, fig. 35, PA7865). Les nombreux exemplaires du site de Ladera de San Antón près d'Orihuela (Valence) sont datés entre le Bronze ancien et le Bronze récent (Simón Garcia 1998, fig. 6, n°s 7, 8, 9) parfois en association avec des hal-lebardes de type argarique. Cette association se retrouve sur d'autres sites valenciens (Laderas del Castillo).

3.6. *Lame de poignard d'Ilhat (Ariège)* *Lieu-dit « Cap de Garrigue (?) »*

Longueur actuelle : 10,1 cm
Largeur maximum : 2,7 cm
Épaisseur maximum : 0,4 cm.

Il s'agit d'une dague assez épaisse en raison d'un renforcement biface par une nervure axiale bien marquée se transformant dans la zone de la soie en une plage élargie (fig. 4, n°4). La pièce se décompose en une languette trapézoïdale se terminant par deux encoches latérales. La lame proprement dite s'amorce par une partie élargie allant rapidement en se rétrécissant pour donner une pièce assez étroite sur une bonne partie de son développement. La pointe est absente. La pièce se termine en effet par un arrondi, correspondant à un état secondaire, réaménagé après disparition de l'extrémité. Le document est fortement patiné.

Cette pièce en métal, robuste, n'a pas de réplique régionale étroite. En général les poignards du Bronze ancien ou moyen possèdent des rivets intégrés dans la zone d'emmanchement, ceux du Bronze récent ont quelquefois un unique rivet axial. Les soies en trapèze avec perforations pour rivets sont plutôt caractéristiques du Bronze moyen. Le rapide rétrécissement de la lame à partir de la zone la plus large est également un caractère connu au plan régional au Bronze moyen : dépôt d'Arnavé (Ariège), le Mas Grenier à Verdun-sur-Garonne (Tarn-et-Garonne), lame du musée de Narbonne (Aude) (Guilaine 1972, fig. 38, n°s 1, 3, 4). En revanche, le recours à des encoches latérales caractérise des lames généralement plus récentes. Un poignard d'Ussat (Ariège), probablement trouvé dans la cavité de Lombrives, peut être cité (Guilaine 1972, fig. 77, n° 6). Le contexte oriente vers le Bronze récent. Des parallèles pourraient être recherchés parmi les dagues du groupe de Rosnoën avec lame élargie, deux encoches et soie trapézoïdale : les Sauvageons-en-Hénon, Côtes d'Armor (Briard 1965, fig. 49, n°s 2, 3), petit poignard à encoches du musée de Nantes (Briard 1965, fig. 54, n° 4). Ces exemplaires datent du Bronze final I. Bien que la comparaison soit moins pertinente, on peut citer un poignard du dépôt de Clans à Vallon de Mounar (Alpes-Maritimes) caractérisé par une soie trapézoïdale et des encoches à l'amorce élargie de la lame ; le contexte comporte des fragments de haches à ailerons, un petit tranchet, une épingle à colerettes, un fragment d'épée, un fragment de couteau à dos courbe, plusieurs bracelets décorés ouverts, le tout attribué au Bronze final II (Lagrand 1976) mais relevant

plus vraisemblablement du Bronze final I. Des dagues un peu différentes munies d'encoches dégageant une soie sub-trapézoïdale ou en demi-lune existent encore dans le dépôt de Vénat, Charente (Coffyn, Gomez, Mohen 1981, pl. 9, n°s 41, 42). Des poignards à languette déagée par encoches et amorce de la lame plus large que la soie sont également connus dans l'Ouest ibérique : Vale de Tâmega, Portugal (Coffyn 1985, pl. XXXIX, n° 6), Castro de Pragança, Cadaval dans l'Estrémadure portugaise (Coffyn 1985, fig. 18, n°s 1, 2). On peut donc à titre d'hypothèse rapporter au Bronze final la lame ariégeoise. Sa datation, sa typologie, sa patine et sa composition métallique (cf. *infra*) nous invitent à la disjoindre des pièces d'Ilhat précédemment décrites.

4. Les analyses de la composition métallique

En complément à l'analyse typochronologique, l'examen de la composition métallique vise à préciser le contexte technologique des huit pièces considérées via les analyses élémentaires et isotopiques du plomb. Ces méthodes archéométriques permettent d'identifier les matériaux présents et de circonscrire les sources possibles des matières premières. En Europe occidentale, la métallurgie pré- et protohistorique est basée surtout sur l'utilisation de cuivre issu de la réduction de minéraux cuprifères (oxydes, sulfures, etc.), bien que l'utilisation du cuivre natif soit parfois évoquée (Rostan 2012). Ce processus implique la connaissance et la maîtrise de réactions physico-chimiques complexes. Il est actuellement connu que les éléments chimiques ne remplissent pas les conditions requises pour servir de traceurs de la source au métal de l'objet fini, en raison de la grande variabilité des teneurs au sein d'une même minéralisation et de la forte transformation de la matière au cours de la réduction, sans oublier les ajouts et mélanges éventuels au cours de la chaîne opératoire (fondants, alliages, recyclage). Néanmoins, la composition chimique élémentaire du métal est un très bon indicateur des types de minéraux exploités. Pour prendre l'exemple de la composition élémentaire d'un objet archéologique, une présence d'antimoine et d'arsenic signe la réduction de minéraux de la série tennantite-tétraédrite. Au contraire, il est attendu de la réduction de chalcoppyrite (CuFeS_2) qu'elle produise un cuivre sans arsenic ni antimoine, avec la présence possible de fer résiduel.

Les rapports isotopiques du plomb sont actuellement les traceurs qui ont fourni les résultats les plus prometteurs

dans l'identification des sources potentielles des matières premières métalliques, telles le cuivre, le plomb et l'argent. Le plomb est présent dans la quasi-totalité des substrats géologiques. On le trouve ainsi associé en quantités variables dans les minéralisations de cuivre. Il s'y trouve sous la forme de quatre isotopes (les isotopes ²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb et ²⁰⁸Pb), dont les rapports varient en fonction de l'histoire géologique de formation des minéralisations. L'analyse d'un échantillonnage représentatif d'une minéralisation permet de caractériser sa variabilité. On parle de champ isotopique. Au contraire des teneurs des différents éléments chimiques, les rapports isotopiques du plomb sont conservés au cours de la réduction et du raffinage du métal (Gale, Stos-Gale 2000). Ils se retrouvent donc à l'identique dans la source de minerai et dans le métal. Les études de provenance basées sur les isotopes du plomb reposent sur la confrontation d'un corpus géologique avec un corpus archéologique. Cette comparaison permet de mettre en évidence des compatibilités ou des incompatibilités. Plusieurs minéralisations pouvant avoir des champs isotopiques qui se recoupent partiellement, voire totalement, il s'ensuit que cette méthode permet d'écarter les minéralisations qui sont incompatibles avec les objets archéologiques, et très rarement de leur attribuer directement une provenance. Pratiquement, dans l'identification des sources de cuivre potentielles, la combinaison de plusieurs informations permet dans la plupart des cas de restreindre le nombre de minéralisations possibles : aux

signatures isotopiques s'ajoutent les types de minéraux réduits tels que suggérés par la composition chimique élémentaire, les connaissances de l'archéologie minière et le contexte économique, social et politique des populations étudiées.

4.1. Les analyses élémentaires

Les analyses élémentaires sont présentées dans le tableau de la figure 5. Deux groupes technologiques peuvent être identifiés.

A. Le premier est composé de cinq objets en cuivre non allié : la hache conservée au musée de Narbonne (pièce n° 1, fig. 2)², l'herminette d'Ilhat «Cap de Garrigue» (pièce n° 2, fig. 4, n° 1), le poignard de Caunette-sur-Lauquet (pièce n° 3, fig. 3, n° 1), le poignard de Nébias «Forêt de Tury» (pièce n° 5, fig. 3, n° 3) et la petite lame d'Ilhat «Cap de Garrigue» (pièce n° 6, fig. 4, n° 2). Plusieurs configurations métalliques sont identifiées parmi les objets en cuivre non allié :

- La lame de hache du musée de Narbonne (pièce n° 1, fig. 2) se compose d'un métal présentant de l'arsenic comme élément trace principal (As 0,02 %), les autres éléments chimiques se trouvant en dessous de la limite de détection. Cette caractéristique est partagée par les lames

Pièces étudiées	Masse de l'échantillon (g/L)	Cu %	Sn %	Ag %	Sb %	As %	Au %	Bi %	Co %	Fe %	Ni %	Pb %	Zn %
Cuivre non allié													
1. Hache du musée de Narbonne	1	(99,91)	<LD	<LD	<LD	0,02	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
2. Hache d'Ilhat « Cap de Garrigue »	1	(99,24)	<LD	0,06	0,45	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,11	0,06	<LD
3. Poignard de Caunette-sur-Lauquet	1	(98,68)	<LD	0,06	0,95	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,28	<LD
5. Poignard de Nébias « Forêt de Tury »	0,9	(92,16)	<LD	0,04	0,10	3,79	<LD	<LD	0,21	<LD	3,60	<LD	<LD
6. Poignard d'Ilhat « Cap de Garrigue »	0,6	(98,50)	<LD	0,09	1,26	0,09	<LD	<LD	<LD	<LD	0,03	<LD	<LD
Bronze													
4. Poignard (?) de Caunette-sur-Lauquet	0,4	(91,69)	7,35	0,09	0,75	0,06	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	0,03	<LD
7. Poignard d'Ilhat « Cap de Garrigue »	0,5	(92,66)	6,70	<LD	<LD	0,64	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD	<LD
8. Poignard d'Ilhat « Cap de Garrigue (?) »	0,3	(81,59)	11,50	0,07	0,19	0,07	<LD	<LD	0,02	5,26	0,86	0,48	<LD
LD			0,533	0,02	0,003	0,001	0,001	0,002	0,001	0,02	0,03	0,001	0,0001

■ 5 Teneurs élémentaires déterminées par ICP-OES, en pourcentage pondéral. Le cuivre a été calculé par différence. LD pour limite de détection. La numérotation des pièces renvoie à celle figurant dans le texte.

ibériques citées en comparaison (cf. *supra*), puisque toutes ont été produites avec un cuivre dont l'élément trace associé majoritaire est l'arsenic.

- L'herminette d'Ilhat «Cap de Garrigue» (pièce n° 2, fig. 4, n° 1) et le poignard de Caunette-sur-Lauquet (pièce n° 3, fig. 3, n° 1) présentent un cuivre à antimoine (Sb 0,45-0,95 %), avec présence de plomb (0,06-0,28 %) et d'argent (0,06 %). Cette composition (un cuivre à antimoine dominant) rappelle les productions du III^e millénaire av. notre ère sur la bordure méridionale du Massif central, ce qui n'entre pas en contradiction avec les rapprochements typologiques proposés (cf. *supra*).

- La lame de Nébias «Forêt de Tury» (pièce n° 5, fig. 3, n° 3) est formée avec un cuivre de type fahlerz avec nickel, à arsenic (3,79 %) et nickel (3,60 %) dominants, suivis par le cobalt (0,21 %), l'antimoine (0,10 %) et l'argent (0,04 %).

- La petite lame d'Ilhat «Cap de Garrigue» (pièce n° 6, fig. 4, n° 2) est produite avec un cuivre de type fahlerz avec nickel, caractérisé par des teneurs en antimoine (1,26 %) dans un rapport 1 : 14 avec l'arsenic (0,09 %) et l'argent (0,09 %). Le nickel (0,03 %) complète le cortège des éléments traces associés.

D'une manière générale, les éléments traces arsenic, antimoine et argent trahissent l'utilisation de cuivre issu de la réduction de minéraux de la série tennantite-tétraédrite (fahlerz). Ainsi, il est possible de proposer que les lames de poignard de Nébias «Forêt de Tury» (pièce n° 5, fig. 3, n° 3), d'Ilhat (pièce n° 6, fig. 4, n° 2), de Caunette-sur-Lauquet (pièce n° 3, fig. 3, n° 1), ainsi que l'herminette d'Ilhat «Cap de Garrigue» (pièce n° 2, fig. 4, n° 1) aient été produites avec du cuivre issu de la réduction de ces minéraux, lesquels ont une formule chimique extrêmement variable ; ils forment une solution solide. La formule générale peut se présenter comme $(\text{Cu}, \text{Ag})_{10}(\text{Zn}, \text{Fe}, \text{Cd}, \text{Cu}, \text{Mn}, \text{Hg})_2(\text{As}, \text{Sb}, \text{Bi})_4(\text{S}, \text{Se}, \text{Te})_{13}$. Avec une forte teneur en antimoine, on parle de tétraédrite. Si le minéral contient de l'argent, on parle de tétraédrite argentifère. Il y a une forte corrélation entre un fort taux d'argent et un fort taux d'antimoine, en raison de limitations structurales pour la substitution de l'argent dans les variétés riches en arsenic (Ixer, Patrick 2003). Dans le cas d'un taux élevé en arsenic, on désigne le minéral comme tennantite. Dans le cas des configurations métalliques du poignard d'Ilhat «Cap de Garrigue» (pièce n° 6, fig. 4, n° 2), de celui de Caunette-sur-Lauquet (pièce n° 3, fig. 3, n° 1) et de l'herminette d'Ilhat «Cap de Garrigue» (pièce n° 2, fig. 4, n° 1), pour lesquels les concentrations de l'antimoine sont supérieures

à celles l'arsenic, elles traduisent la réduction majoritaire de tétraédrite. Au contraire, pour la lame de Nébias «Forêt de Tury», c'est l'arsenic qui est prépondérant, reflétant un héritage de minéraux de type tennantite. D'autres minéraux ajoutés à la charge de minerais, au cours de la réduction, peuvent apporter également de l'arsenic : l'énargite (Cu_3AsS_4) par exemple combine naturellement du cuivre et de l'arsenic ; l'arsénopyrite FeAsS peut être rencontrée en association avec des minéraux de cuivre à l'échelle du gisement. Dans le cas de la lame de Nébias, la teneur en arsenic supérieure à 2 % conférerait vraisemblablement au métal une plus grande dureté et une couleur argentée (Merkl 2011). La question de l'alliage intentionnel ou non de l'arsenic est encore débattue. La teneur en arsenic du cuivre de la lame de hache du musée de Narbonne (pièce n° 1, fig. 2) est plutôt en accord avec un processus naturel, tel que décrit ci-dessus.

B. Le second groupe comprend trois objets en bronze, qui est un alliage intentionnel de cuivre et d'étain : le poignard (?) de Caunette-sur-Lauquet (pièce n° 4, fig. 3, n° 2) et les deux lames de poignard d'Ilhat «Cap de Garrigue», l'une à deux rivets (pièce n° 7, fig. 4, n° 3), l'autre décrite comme une dague épaisse (pièce n° 8, fig. 4, n° 4). Les teneurs en étain sont variables et couvrent l'intervalle 6,7 à 11,5 %. Les teneurs en zinc (inférieures à la limite de détection) et en plomb (en dessous de la limite de détection à un maximum de 0,48 %) ne plaident pas en faveur d'ajouts complémentaires. En Europe centrale, on considère en général que l'alliage à l'étain est une pratique postérieure à 2000 av. notre ère, ce qui fournit un *terminus post-quem* à cette technologie, bien que des indications antérieures soient mentionnées en France et dans les îles Britanniques (Dufraigne *et al.* 2003 ; Pare 2000). Dans la péninsule Ibérique, la transition est plus étendue dans le temps, puisqu'elle n'est documentée qu'à partir du Bronze moyen dans le sud-ouest de l'Espagne (Fernandez-Miranda *et al.* 1995).

Les trois objets en bronze présentent des configurations métalliques distinctes. La lame de poignard à deux rivets d'Ilhat (pièce n° 7, fig. 4, n° 3) est un bronze avec de l'arsenic, seul élément présent au-dessus de la limite de détection, outre l'étain. La lame de poignard de Caunette-sur-Lauquet (pièce n° 4, fig. 3, n° 2) est un cuivre de type fahlerz sans nickel comme l'indiquent les éléments antimoine (0,75 %), argent (0,09 %) et arsenic (0,06 %), avec présence de plomb (0,03 %). La dague d'Ilhat (pièce n° 8, fig. 4, n° 4) présente des teneurs généralement élevées, avec du fer à plus de 5 %. Cette concentration est surprenante dans le contexte de l'âge du Bronze, mais néanmoins pas

unique. Par exemple, une lame de hache à ailerons supérieurs sans anneau, datée du BzA2 et déposée au Musée National Suisse à Zurich (n° inv. 1242) présente une configuration métallique similaire (Rychner, Kläntschi 1995).

4.2. Les analyses isotopiques du plomb

Les analyses isotopiques du plomb, détaillées dans le tableau de la figure 6 et représentées graphiquement sur la figure 7, permettent d'assurer qu'aucun des huit objets analysés n'a été produit avec du cuivre issu de la même fonte de métal, ni du même lingot, ni de la même opération de réduction du minerai. Ce sont à chaque fois des cuivres différents qui ont été utilisés pour réaliser chacun des huit objets.

Sur la figure 7 b, les analyses apparaissent toutes au-dessus de la ligne de la jeune croûte supérieure, selon le modèle de Kramers et Tolstikhin (1997). Ce modèle, qui constitue une aide complémentaire à l'interprétation des analyses isotopiques du plomb, permet d'identifier la source des fluides minéralisateurs (manteau, jeune/ancienne croûte inférieure/supérieure), la contribution éventuelle de la roche-mère, les événements minéralisateurs et, avec toute la précaution nécessaire, leur âge (Kramers, Tolstikhin 1997). Ainsi, la superposition du modèle d'évolution du plomb aux analyses des objets archéologiques permet une interprétation des données dans un contexte géologique plus large.

Les analyses révèlent que les rapports isotopiques du plomb de la hache du musée de Narbonne (pièce n° 1, fig. 2) sont

distincts de ceux des autres objets. Elle présente une signature particulièrement radiogénique, sans doute due à la présence de minéraux urogéniques dans le minerai source. Parmi les autres analyses, une différenciation peut être mise en évidence sur la figure 7 c, où la lame de poignard en bronze de Caunette-sur-Lauquet (pièce n° 4, fig. 3, n° 2) – dont la datation pourrait être historique – apparaît isolée, alors que les objets d'Ilhat (l'herminette en cuivre – la pièce n° 2, fig. 4, n° 1 – et les deux lames en bronze – la pièce n° 7, fig. 4, n° 3 et la pièce n° 8, fig. 4, n° 4) d'une part, et les lames de poignard en cuivre de Caunette-sur-Lauquet (pièce n° 3, fig. 3, n° 1), de Nébias «Forêt de Tury» (pièce n° 5, fig. 3, n° 3) et d'Ilhat (pièce n° 6, fig. 4, n° 2) d'autre part, présentent des rapports isotopiques du plomb les faisant apparaître dans des zones distinctes du graphique au vu du modèle d'évolution du plomb de Kramers et Tolstikhin (1997).

Selon toute vraisemblance, ce lot a été produit avec du cuivre issu d'au moins cinq origines de cuivre différentes.

4.3. La comparaison avec des corpus archéologiques et géologiques

Dans cette étude, les données sont comparées en premier lieu avec une sélection de mines préhistoriques connues : El Aramo, El Milagro (Asturies) et La Profunda (León) dans les monts Cantabriques, Espagne (Huelga-Suarez *et al.* 2012, 2014a, 2014b), Libiola et Monte Loreto en Ligurie, Italie (Artioli *et al.* 2009), Saint-Véran dans les Hautes-Alpes, France (Artioli *et al.* 2009; Cattin *et al.* 2010) et

Pièces étudiées	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$		$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$		$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	
Cuivre non allié										
1. Hache du musée de Narbonne	38,775	±0,11	15,707	±0,06	19,452	±0,04	1,99299	±0,00064	0,80760	±0,00014
2. Hache d'Ilhat « Cap de Garrigue »	38,348	±0,07	15,673	±0,02	18,309	±0,03	2,09443	±0,00042	0,85600	±0,00010
3. Poignard de Caunette-sur-Lauquet	38,409	±0,07	15,682	±0,02	18,464	±0,03	2,08025	±0,00042	0,84932	±0,00010
5. Poignard de Nébias « Forêt de Tury »	38,784	±0,07	15,683	±0,02	18,724	±0,03	2,07138	±0,00043	0,83762	±0,00010
6. Poignard d'Ilhat « Cap de Garrigue »	38,660	±0,08	15,690	±0,02	18,633	±0,03	2,07488	±0,00043	0,84211	±0,00010
Bronze										
4. Poignard (?) de Caunette-sur-Lauquet	38,961	±0,08	15,723	±0,02	18,548	±0,03	2,10065	±0,00043	0,84771	±0,00010
7. Poignard d'Ilhat « Cap de Garrigue »	38,476	±0,13	15,652	±0,05	18,387	±0,06	2,09242	±0,00043	0,85124	±0,00010
8. Poignard d'Ilhat « Cap de Garrigue (?) »	38,444	±0,07	15,652	±0,02	18,361	±0,03	2,09382	±0,00042	0,85247	±0,00010

■ 6 Rapports isotopiques du plomb obtenus par MC-ICP-MS. L'écart-type est signalé à 2σ .

■ 7 Représentation sous forme de diagramme des analyses isotopiques du plomb.

a : rapports $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ versus $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$.

b : rapports $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$.

c : rapports $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ versus $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, avec le modèle d'évolution du plomb de Kramers et Tolstikhin (1997).

Les numéros renvoient à la numérotation figurant dans le texte et les tableaux.

Cabrières dans l'Hérault, France (Prange, Ambert 2005 ; Prange, communication personnelle 2008). Sont ajoutées également les minéralisations de la Toscane méridionale (Stos-Gale *et al.* 1995), qui seraient exploitées au Bronze ancien déjà (Cattin *et al.* 2011).

Les rapports isotopiques du plomb de la hache du musée de Narbonne sont incompatibles avec ceux des minéralisations de Libiola, Monte Loreto, Saint-Véran, Cabrières et la Toscane méridionale, alors qu'ils montrent une meilleure adéquation avec les minéralisations cantabriques, en particulier la mine de El Milagro (fig. 8 a, b). Cette minéralisation a fourni du minerai dont les caractéristiques sont compatibles avec le métal de la lame de hache du musée de Narbonne. En effet, cette dernière ne contient que très peu d'éléments traces associés, le seul élément détecté étant l'arsenic à 0,02 %. Cette configuration métallique est en accord avec les sulfures, les minéraux de la série tennantite-tétraédrite et les carbonates identifiés dans cette mine, qui documente un riche éventail d'outils de mineurs en bois de cerf et en matériaux lithiques. Les datations radiocarbone obtenues sur différents outils en bois de cerf indiquent une exploitation couvrant la seconde moitié du III^e millénaire et la première moitié du II^e millénaire av. notre ère. Si la mine espagnole de El Milagro combine les avantages de proximité, de datation et de compatibilité minéralogique et isotopique, il ne faut pas oublier que d'autres minéralisations en Europe ne peuvent pas être écartées comme sources possibles. Par exemple, c'est le cas de la mine de Great Orme à Llandudno (nord du Pays de Galles), dont l'exploitation remonte principalement au début du Bronze ancien et dont la composition minéralogique a pu produire du cuivre semblable, les principaux éléments traces associés étant l'arsenic, le nickel et le plomb (Rohl, Needham 1998 ; Timberlake 2002). Néanmoins, grâce aux parallèles typologiques exposés *supra*, l'origine cantabrique semble assurée pour le métal de la hache du musée de Narbonne.

Les sept objets restants sont incompatibles avec les mines cantabriques, ligures et toscanes considérées (fig. 8 a, b). Si la mine de Saint-Véran ne peut pas être complètement écartée sur la base des rapports isotopiques du plomb, la minéralogie à sulfures de cuivre (principalement bornite) et cuivre natif, avec absence de minéraux à arsenic et antimoine, l'exclut comme provenance possible. En l'absence d'une meilleure caractérisation du district minier de Cabrières par les rapports isotopiques du plomb, il est difficile de statuer sur une possible filiation du cuivre qui y était produit et celui utilisé pour les sept objets considérés. À l'heure actuelle, seule la petite lame en cuivre d'Ilhat

■ 8 Comparaison sous forme de diagramme des analyses isotopiques du plomb des objets archéologiques étudiés avec une sélection de mines de cuivre préhistoriques (a), districts miniers (b) et minerais géologiques pyrénéens (c et d, avec le modèle d'évolution du plomb de Kramers et Tolstikhin 1997). Les références des données utilisées pour comparaison se trouvent dans le texte.

(pièce n° 6, fig. 4, n° 2) est incluse dans le champ isotopique (fig. 8 b). Sa composition élémentaire – un cuivre à antimoine > argent et arsenic – n'est pas en contradiction avec une telle provenance. D'une manière générale, la bordure méridionale du Massif central étant riche en minéralisations de type tennantite-tétraédrite (Espérou 1992), cette lame, ainsi que celle de Caunette (pièce n° 3, fig. 3, n° 1) et l'herminette d'Ilhat (pièce n° 2, fig. 4, n° 1) pourraient être issues d'ateliers situés dans cette aire géographique.

D'autres mines de cuivre très anciennes sont présentes dans les Pyrénées, à proximité des lieux de provenance des objets étudiés. Il est possible de mentionner la mine de Causiat (vallée d'Aspe), datée de 2580 et 2340 av. notre ère, laquelle ne bénéficie pas encore de caractérisation par les isotopes du plomb (Beyrié, Kammenthaler 2008). Marcoux (1986) a réalisé un nombre important d'analyses sur des minéraux variés dans une perspective géologique. La comparaison avec les données pyrénéennes ne parle pas

en faveur d'un approvisionnement local pour le cuivre des huit objets considérés (fig. 8 c, d).

Afin de mieux cerner les flux de métal du Néolithique à l'âge du Bronze, il conviendrait de rapporter les analyses métalliques réalisées à un corpus d'objets et de témoins de la chaîne opératoire issus du Sud de la France. Cependant, le corpus étant actuellement en cours de constitution (entre autres, Vital *et al.* 2014; Labaune *et al.*, en préparation; Cattin *et al.*, en préparation), il est prématuré de dresser des comparaisons.

5. Conclusion

Dans cette étude, huit objets métalliques à base cuivre sont étudiés pour leur insertion typochronologique, ainsi que

pour leur composition élémentaire et isotopique du plomb. Au-delà de la simple description, l'interprétation d'une collection d'objets isolés, sans contextes bien définis, n'est pas une chose aisée. Néanmoins, cette étude a permis de faire avancer les connaissances sur plusieurs plans.

Le lot étudié se compose de deux ensembles technologiques distincts : l'un en cuivre, l'autre en bronze. Sachant que la technologie du bronze apparaît vers la fin du III^e millénaire av. notre ère, sa présence permet d'estimer, avec toute la précaution nécessaire, quels sont les objets qui peuvent être datés antérieurement ou postérieurement. Ainsi, il est envisageable que le poignard de Caunette-sur-Lauquet (pièce n° 4, fig. 3, n° 2) et les lames d'Ilhat (pièce n° 7, fig. 4, n° 3 et pièce n° 8, fig. 4, n° 4) soient les plus récents du lot, ce que confirme l'examen typochronologique.

Au vu du mode de constitution du lot, il n'est pas surprenant d'y découvrir des types et des compositions métalliques variés. Ces dernières laissent envisager un approvisionnement multiple, d'au moins cinq ou six sources de cuivre distinctes.

Les minéralisations pyrénéennes ne semblent pas avoir fourni le cuivre utilisé pour produire les huit objets étudiés. Les provenances possibles orientent plutôt vers les mines préhistoriques connues dans les monts Cantabriques pour la lame de hache du musée de Narbonne, et aussi dans le sud du Massif central (peut-être Cabrières, Hérault), par exemple pour la lame d'Ilhat «Cap de Garrigue» (pièce n° 6, fig. 4, n° 2).

Si ces mines de cuivre sont compatibles, il convient de garder à l'esprit qu'il existe d'autres minéralisations présentant des caractéristiques similaires, mais dont les recherches n'ont pas encore démontré leur exploitation à époque pré/protohistorique. Une autre limitation dans l'identification des provenances possibles réside dans la constitution de la base de données de correspondance. En effet, certaines

mines dont l'exploitation ancienne est reconnue – comme la mine de Causiat (vallée d'Aspe) dans les Pyrénées, déjà mentionnée – ne bénéficient pas encore d'une caractérisation géochimique et géoisotopique. Ainsi, à l'avenir, grâce à la constitution collective d'une base de données plus complète et représentative, il sera possible de préciser, d'affirmer ou d'infirmer les propositions de provenance envisagées et fournir de nouvelles pistes de réflexion sur les flux de métal dans le Sud de la France au Néolithique final et à l'âge du Bronze.

Remerciements

Nous tenons à remercier vivement Jacques Coularou (UMR 5608 Traces, Université Toulouse II-EHESS, Maison de la Recherche, à Toulouse) pour sa contribution à cette étude en effectuant les prélèvements et les dessins, ainsi qu'Isabelle Carrère (UMR 5608 Traces, Université Toulouse II-EHESS, Maison de la Recherche, à Toulouse) qui a réalisé la carte. Nous tenons aussi à adresser notre profonde gratitude à Estelle Camizuli et Matthieu Labaune (Laboratoire ArTeHiS UMR 6298, Université de Bourgogne, à Dijon) pour leur aide à la préparation des échantillons, à Fabrice Monna (Laboratoire ArTeHiS UMR 6298, Université de Bourgogne, à Dijon) pour la mise à disposition des échantillons de référence, à Danièle Perrey (Laboratoire interdisciplinaire Carnot de Bourgogne UMR 6303, CNRS, Université de Bourgogne, à Dijon) pour la conduite des analyses chimiques et Igor M. Villa (Laboratoire de géologie isotopique de l'Université de Berne) pour son support lors des analyses isotopiques du plomb.

JEAN GUILAINE

Collège de France, 11, place Marcelin-Berthelot, 75005 Paris.
jguilaine@wanadoo.fr

FLORENCE CATTIN

Laboratoire ArTeHiS, UMR 6298,
Université de Bourgogne – Franche-Comté - CNRS -
Ministère de la Culture et de la Communication,
6 Bd Gabriel, Bât. Sciences Gabriel, 21000 Dijon.
florence.cattin@u-bourgogne.fr

 Annexes

Méthodes analytiques

Pour cette étude, deux types d'analyses métalliques ont été menées, visant à déterminer d'une part la composition élémentaire et d'autre part la composition isotopique du plomb.

Pour la composition élémentaire, c'est la spectrométrie d'émission optique par plasma avec couplage inductif (ICP-OES) qui a été employée. Elle a été conduite au Laboratoire interdisciplinaire Carnot de Bourgogne (UMR 6303), CNRS, Université de Bourgogne à Dijon, en collaboration avec Danièle Perrey.

Les rapports isotopiques du plomb ont été mesurés sur un spectromètre de masse multicollecteur avec une ionisation par plasma (MC-ICP-MS) au laboratoire de géologie isotopique de l'Université de Berne, en collaboration avec le Professeur Igor M. Villa.

Des copeaux de métal ont été prélevés par Jacques Coularou (UMR 5608 Traces) et conditionnés dans des tubes à échantillon. Subséquemment, un tri a été effectué sous une loupe binoculaire, afin de débarrasser les copeaux de métal sain des éventuelles particules de corrosion.

Les analyses élémentaires par ICP-OES

Les copeaux de métal (3-10 mg) ont été placés dans des récipients en téflon avec 300 µL d'eau régale. Les solutions ont été chauffées à 100°C pendant quelques heures jusqu'à dissolution complète. Elles ont été ensuite transférées dans des tubes à analyses, puis diluées dans 10 mL d'eau ultra-pure. Les solutions ont été analysées avec un Varian Vista-Pro ICP-OES équipé d'une chambre cyclonique à plasma (flux de 15 L/min Ar) combinée à un nébuliseur Meinhardt. Bien que cet appareillage permette l'analyse simultanée d'un large spectre de raies, les raies choisies pour l'arsenic et l'étain, inférieures à 200 nm, ont été mesurées en surpression de gaz (polyboost). Un rinçage à l'acide nitrique HNO₃ à 23 % a été effectué entre chaque mesure.

Les courbes de calibration ont été obtenues sur la base de solutions d'eau régale diluées dans les mêmes proportions que les échantillons et contenant des teneurs variables pour les éléments investigués, dans une matrice de cuivre. Une incertitude allant jusqu'à 5 % au maximum a été admise pour leur établissement. Les teneurs ont été calculées sur la base de six répliques par analyse. Les valeurs s'écartant de la valeur moyenne de plus de 1 % ont été rejetées, conduisant dans quelques cas seulement à un résultat analytique reposant sur la moyenne de trois répliques. Les limites de détection ont été déterminées sur trois blancs de procédure et calculées comme trois fois leur écart-type (méthode des trois sigma).

Pour valider les mesures, des matériaux de référence certifiés ont été inclus à la série d'analyses : NIST SRM 871, MBH 39X 17868, SUS rc 12-10 (Techlab), BS 938-1 (Techlab). Le tableau (fig. 9) collecte les valeurs mesurées et certifiées. Pour des solutions ayant une concentration à 1 g/L, la reproductibilité pour les teneurs élevées est inférieure à 5 %, alors que pour les éléments traces, les valeurs certifiées correspondent aux valeurs mesurées ± les incertitudes (écart-type à 2 sigma), sauf pour l'antimoine, où les déviations sont plus élevées. Il convient de mentionner que, pour les échantillons ne présentant pas suffisamment de matière prélevée pour atteindre 1 g/L, une incertitude plus grande doit être prise en compte.

Les analyses isotopiques du plomb par MC-ICP-MS

Au Laboratoire de géologie isotopique de l'Université de Berne, les échantillons ont été traités selon le protocole décrit par Villa (2009). Après une procédure de séparation et de concentration du plomb menée sur les colonnes avec une résine Sr-Spec à échange de cations, le résidu de plomb a été mesuré sur un spectromètre de masse multicollecteur MC-ICP-MS de marque Nu InstrumentsTM. Tous les échantillons ont été dopés au thallium NIST NBS 997 pour la correction des biais de masses. Une fois obtenus, les résultats ont été corrigés pour les interférences au mercure (rapport ²⁰²Hg/²⁰⁴Hg = 0,230) et les biais de masse (équation de Russell *et al.* 1978). La reproductibilité externe est assurée par quatre mesures répétées du standard NIST SRM 981 (incertitudes à 2 sigma, ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb = 16,938 ± 0,002, ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb = 15,493 ± 0,003, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb = 36,707 ± 0,001, ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb = 0,91469 ± 0,00006, ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb = 2,16717 ± 0,00036), qui a également servi à calibrer la machine sur les valeurs obtenues par Galer et Abouchami (1998). L'incertitude des données analytiques cumule l'erreur individuelle sur l'échantillon et l'erreur analytique pour la journée d'analyse.

Matériel certifié de référence		Ag %	As %	Co %	Fe %	Ni %	Pb %	Sb %	Sn %	Zn %
NIST SRM 871	Valeur mesurée 1								8,078	0,022
	Valeur mesurée 2								7,433	0,001
	Moyenne								7,755	0,011
	Ecart-type à 2 sigma								0,913	0,029
	Valeur certifiée								8,140	0,025
MBH 39X 17868	Valeur mesurée 1	0,021		0,030	0,032	0,045	0,047	0,023	0,207	0,040
	Valeur mesurée 2	0,016		0,023	0,026	0,038	0,036	0,017	0,098	0,015
	Moyenne	0,019		0,026	0,029	0,041	0,042	0,020	0,152	0,028
	Ecart-type à 2 sigma	0,007		0,010	0,009	0,010	0,016	0,009	0,155	0,036
	Valeur certifiée	0,018		0,035	0,030	0,040	0,043	0,013	0,040	0,037
SUS rc 12-10 (Techlab)	Valeur mesurée 1	0,061	0,100	0,042	0,109	0,057	0,087	0,078	0,306	0,238
	Valeur mesurée 2	0,054	0,089	0,037	0,118	0,055	0,074	0,077	0,229	0,116
	Moyenne	0,057	0,094	0,040	0,114	0,056	0,081	0,077	0,267	0,177
	Ecart-type à 2 sigma	0,010	0,014	0,008	0,013	0,002	0,017	0,002	0,109	0,172
	Valeur certifiée	0,050	env. 0,09	0,040	0,100	0,060	0,090	0,050	0,200	0,200
BS 938-1 (Techlab)	Valeur mesurée 1				0,011	0,458	14,189	0,043	6,704	0,233
	Valeur mesurée 2				0,015	0,488	13,999	0,043	5,909	0,125
	Moyenne				0,013	0,473	14,094	0,043	6,306	0,179
	Ecart-type à 2 sigma				0,005	0,043	0,268	0,000	1,124	0,152
	Valeur certifiée				0,015	0,490	14,800	0,033	7,160	0,260

■ 9 Comparaison des mesures de matériaux de référence avec les valeurs certifiées.

Notes de commentaire

1. Suite à des erreurs identifiées dans les légendes des figures 11 et 12 de Gascó 1980, la figure 11, n° 1 correspond bien au poignard de la Grotte I des Cascades (cf. Costantini 1968, fig. 2, n° 1).
2. Les numéros retenus respectent l'ordre choisi pour la description typochronologique des pièces.

Références bibliographiques

Ambert 1997 : AMBERT (P.) dir. – *Mines et métallurgies de la Préhistoire au Moyen Âge en Languedoc-Roussillon et régions périphériques*. Fédération Archéologique de l'Hérault, 21, 1997.

Ambert 2001 : AMBERT (P.) – La place de la métallurgie campaniforme dans la première métallurgie française. In : NICOLIS (F.) dir. – *Bell Beakers Today*. Trento, 2001, p. 577-588.

Artioli et al. 2009 : ARTIOLI (G.), ANGELINI (I.), GIUNTI (I.), OMENETTO (P.), VILLA (I. M.) – La provenienza del metallo degli oggetti di Monte Cavanero: considerazioni basate sugli isotopi del Pb e sulla geochimica delle mineralizzazioni cuprifere limitrofe. In : VENTURINO (M.), GAMBARI (M.) eds. – *Il ripostiglio del Monte Cavanero di Chiusa di Pesio (Cuneo)*. Alessandria, Line-Lab.Edizioni, 2009, p. 167-178.

Audibert 1962 : AUDIBERT (J.) – *La Civilisation chalcolithique en Languedoc oriental*. Montpellier – Bordighera, Institut International d'Études Ligures, 1962.

Beyrié, Kammenthaler 2008 : BEYRIÉ (A.), KAMMENTHALER (E.) – Aux origines de l'activité minière dans les Pyrénées occidentales. L'exploitation du cuivre, du fer, de l'or et de l'argent. *Archéopages*, 22, 2008, p. 28-31.

Briard 1965 : BRIARD (J.) – *Les dépôts bretons et l'Âge du bronze atlantique*, Travaux du Laboratoire d'Anthropologie Préhistorique de la Faculté des Sciences de Rennes, 1965.

Calvo Trias, Guerrero Ayuso 2002 : CALVO TRIAS (M.), GUERRERO AYUSO (V.) – *Los inicios de la metalurgia en Baleares. El Calcolítico (c. 2500-1700 cal BC)*. Palma de Mallorca, El Toll, 2002.

Cattin et al. en préparation : CATTIN (F.), LABAUNE (M.), CAMIZULI (E.), CONVERTINI (F.), FURESTIER (R.), PERREY (D.), VILLA (I. M.) – Copper Supply During the Third Millennium BC (Late Neolithic) from the Pyrénées to the Western Alps, en préparation.

Cattin et al. 2010 : CATTIN (F.), GUÉNETTE-BECK (B.), VILLA (I. M.), BARGE (H.), ANSERMET (S.), MEISSER (N.), BESSE (M.) – Sourcing prehistoric copper mining areas in the Alps: a lead isotope analysis on the ores from the Valais Region (Switzerland). In : ANREITER (P.), GOLDENGERG (G.), et al., eds. – *Mining in European History and its Impact on Environment and Human Societies*. Proceedings for the 1st Mining in European History-Conference of the SFB-HIMAT (Innsbruck, 12.–15. November 2009), 2010, p. 123-127.

Cattin et al. 2011 : CATTIN (F.), GUÉNETTE-BECK (B.), CURDY (P.), MEISSER (N.), ANSERMET (S.), HOFMANN (B.), KÜNDIG (R.), HUBERT (V.), WÖRLE (M.), HAMETNER (K.), GÜNTHER (D.), WICHSER (A.), ULRICH (A.), VILLA (I. M.), BESSE (M.) – Provenance of Early Bronze Age metal artefacts in Western Switzerland using elemental and lead isotopic compositions and their possible relation with copper minerals of the nearby Valais. *Journal of Archaeological Science*, 38, 2011, p. 1221-1233.

- Chardenoux, Courtois 1979** : CHARDENOUX (B.), COURTOIS (J.-C.) – *Les haches de la France méridionale*. München, C. H. Beck, 1979, (Prähistorische Bronzefunde, IX, 11).
- Coffyn 1985** : COFFYN (A.) – *Le Bronze final atlantique dans la péninsule Ibérique*. Publications du Centre Pierre Paris. Paris, de Boccard, 1985.
- Coffyn et al. 1981** : COFFYN (A.), GOMEZ (J.), MOHEN (J.-P.) – *L'apogée du Bronze atlantique. Le dépôt de Vénat*. Paris, Picard, 1981.
- Costantini 1968** : COSTANTINI (G.) – Le Rodézien. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 65, 2, 1968, p. 575-590.
- Costantini 1984** : COSTANTINI (G.) – Le Néolithique et le Chalcolithique des Grands Causses. *Gallia-Préhistoire*, 27, 1, 1984, p. 121-210.
- Coularou, Servelle 2006** : COULAROU (J.), SERVELLE (C.) – Le dépôt d'objets de cuivre. In : TCHEREMISSINOFF (Y.) – «*La Vayssonnée*» et «*La Salaberdie*», deux occupations de l'Âge du cuivre dans le Ségala (Tarn, France). Castres, Centre archéologique départemental, 2006, p. 93-107 (Monographie d'Archéologie Tarnaise I).
- Courtin 1974** : COURTIN (J.) – *Le Néolithique de la Provence*. Paris, Klincksieck, 1974 (*Mémoires de la Société Préhistorique Française* 11).
- Courtin 1976** : COURTIN (J.) – Les civilisations de l'âge du Bronze en Provence : le Bronze ancien et le Bronze moyen. In : GUILAINE (J.) – *La Préhistoire française*, Tome 2 : *Les civilisations néolithiques et protohistoriques de la France*. Paris, CNRS, p. 445-451.
- David-Elbiali 2000** : DAVID-ELBIALI (M.) – *La Suisse occidentale au II^e millénaire avant J.-C. Chronologie, Culture, Intégration européenne*, Lausanne. Cahiers d'Archéologie Romande 80, 2000.
- De Marinis 2005** : de MARINIS (R.) – Évolution et variations de la composition chimique des objets en métal aux Âges du Cuivre et du Bronze ancien dans l'Italie septentrionale. In : AMBERT (P.), VAQUER (J.) dir. – *La première métallurgie en France et dans les pays limitrophes*. Paris, Société Préhistorique Française, 2005, p. 249-264 (*Mémoire XXXVII*).
- Dufraigne et al. 2003** : DUFRAIGNE (J.-J.), GUILLET (E.), JALLET (F.) – Les Pins (Aubais, Gard). Un établissement du début du Bronze ancien. In : *Pirineus i veïns al 3r milleni AC. De la fi del Neolitic a l'edat del Bronze entre l'Ebre i la Garona*. Homenatge al Prof. Dr. Domènec Campillo. XII Colloqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà, novembre 2000. Puigcerdà, Insitut d'Estudis Ceretans, 2003, p. 245-260.
- Espérou 1992** : ESPÉROU (J.-L.) – Cabrières, et les cuivres à Sb/Ag du Sud de la France. *Bulletin de la société préhistorique française*, 89,1, 1992, p. 26-31.
- Fernandez-Miranda et al. 1995** : FERNANDEZ-MIRANDA (M.), MONTE-RO RUIZ (I.), ROVIRA LLORENS (S.) – Los primeros objetos de bronce en el Occidente de Europa. *Trabajos de Prehistoria*, 52, 1, 1995, p. 57-69.
- Gale, Stos-Gale 2000** : GALE (N. H.), STOS-GALE (Z. A.) – Lead isotope analyses applied to provenance studies. In : CILIBERTO (E.), SPOTO (G.) ed. – *Modern analytical methods in art and archaeology*. New York, Wiley, 2000, p. 503-584.
- Galer, Abouchami 1998** : GALER (S. J. G.), ABOUCHAMI (G.) – Practical application of lead triple spiking for correction of instrumental mass discrimination. *Mineralogical magazine*, 62A, 1998, p. 491-492.
- Garrido Pena 2000** : GARRIDO PENA (R.) – *El Campaniforme en la Meseta central de la Península Ibérica (c. 2500-2000 AC)*. Oxford, Archaeopress, 2000 (BAR International Series, 892).
- Gascó 1980** : GASCÓ (J.) – Les poignards en cuivre du Midi languedocien. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 77, n° 10-12, 1980, p. 397-415.
- Guilaine 1967** : GUILAINE (J.) – *La Civilisation du vase campaniforme dans les Pyrénées françaises*. Carcassonne, Gabelle, 1967.
- Guilaine 1972** : GUILAINE (J.) – *L'Âge du bronze en Languedoc occidental*, Roussillon, Ariège. Paris, Klincksieck, 1972 (*Mémoires de la Société Préhistorique Française* 9).
- Gutherz 1975** : GUTHERZ (X.) – *La culture de Fontbouisse. Recherche sur le Chalcolithique en Languedoc oriental*. Caveirac, ARALO, 1975.
- Harrison 1977** : HARRISON (R. J.) – *The Bell Beaker Cultures of Spain and Portugal*. American School of Prehistoric Research, Harvard University, 1977.
- Huelga-Suarez et al. 2012** : HUELGA-SUAREZ (G.), MOLDOVAN (M.), SUAREZ-FERNANDEZ (M.), de BLAS CORTINA (M.A.), VANHAECKE (F.), GARCIA ALONSO (J. I.) – Lead isotopic analysis of copper ores from the Sierra El Aramo (Asturias, Spain). *Archaeometry*, 54, 2012, p. 685-697.
- Huelga-Suarez et al. 2014a** : HUELGA-SUAREZ (G.), MOLDOVAN (M.), SUAREZ-FERNANDEZ (M.), de BLAS CORTINA (M.A.), GARCIA ALONSO (J. I.), IGNACIO (J.) – Defining the lead isotopic fingerprint of copper ores from north-west Spain : the El Milagro mine (Asturias). *Archaeometry*, 56, 2014, p. 86-101.
- Huelga-Suarez et al. 2014b** : HUELGA-SUAREZ (G.), MOLDOVAN (M.), SUAREZ-FERNANDEZ (M.), de BLAS CORTINA (M.A.), GARCIA ALONSO (J. I.) – Isotopic composition of lead in copper ores and a copper artefact from the La Profunda mine (Leon, Spain), *Archaeometry*, 56, 2014, p. 651-664.
- Ixer, Patrick 2003** : IXER (R. A.), PATTRICK (R. A. D.) – Copper-arsenic ores and Bronze Age mining and metallurgy with special reference to the British Isles. In : CRADDOCK (P. T.), LANG (J.) éd. – *Mining and metal production through the ages*. London, The British Museum Press, 2003, p. 9-20.
- Kramers, Tolstikhin 1997** : KRAMERS (I.), TOLSTIKHIN (I. N.) – Two terrestrial lead isotope paradoxes, forward transport modelling, ore formation and the history of the continental crust. *Chemical geology*, 139, 1997, p. 75-110.
- Labauve et al., en préparation** : LABAUVE (M.), CATTIN (F.), CAMIZULI (E.), PERREY (D.), VILLA (I. M.) – Les objets en métal. In : FURESTIER (R.) éd. – *Le site du Vignaud à Langlade (Gard)*, en préparation.
- Lagrand 1976** : LAGRANDE (C.) – Le Bronze final en Provence. In : GUILAINE (J.) dir. – *La Préhistoire Française II, Civilisations néolithiques et protohistoriques*. Paris, CNRS, 1976, p. 452-458.
- Lemerrier 2004** : LEMERCIER (O.) – *Les Campaniformes dans le sud-est de la France*. Lattes, Éd. ADAL, 2004, 515 p. (Monographies d'Archéologie Méditerranéenne, 18).
- Marcoux 1986** : MARCOUX (E.) – *Isotopes du plomb et paragenèses métalliques, traceurs de l'histoire des gîtes minéraux. Illustration des concepts de sources, d'héritage et de régionalisme dans les gîtes français, application en recherche minière*. Thèse d'état, Université de Clermont-Ferrand (Document du BRGM 117).
- Merkel 2011** : MERKL (M.) – *Bell Beaker copper use in Central Europe*. Oxford, Archaeopress, 2011 (BAR Int. ser. 2267).
- Monteagudo 1977** : MONTEAGUDO (L.) – *Die Beile auf der Iberischen Halbinsel*, 6. München, C. H. Beck, 1977 (*Prähistorische Bronzefunde*, IX).
- Nicolis, Mottes 1998** : NICOLIS (F.), MOTTES (E.) éd. – *Simbolo ed enigma. Il bicchiere campaniforme e l'Italia nella preistoria europea del III millennio a.C.* Trento, Provincia autonoma di Trento Servizio beni culturali Ufficio beni archeologici, 1998.

- Pare 2000:** PARE (C.) – Bronze and the Bronze Age. In: PARE (C.) ed. – *Metals make the world go round, The supply and circulation of metals in Bronze Age Europe*. Oxford, Oxbow Books, Park End Place, 2000, p. 1-38.
- Piningre, Ganard 2004:** PININGRE (J.-F.), GANARD (V.) – *Les nécropoles proto-historiques des Moidons et le site princier du Camp du Château à Salins (Jura)*. Paris, Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, 2004.
- Prange, Ambert 2005:** PRANGE (M.), AMBERT (P.) – Caractérisation géochimique et isotopique des minerais et des métaux base cuivre de Cabrières (Hérault). In: AMBERT (P.), VAQUER (J.) ed. – *La première métallurgie en France et dans les pays limitrophes*. Paris, Société Préhistorique Française, 2005, p. 71-81.
- Rancoule 2009:** RANCOULE (G.) – La Caunette-sur-Lauquet. Crémillhou, Notes d'archéologie. *Bulletin de la Société d'Études Scientifiques de l'Aude*, CIX, 2009, p. 193.
- Rohl, Needham 1998:** ROHL (B.), NEEDHAM (S.) – *The circulation of metal in the British Bronze Age: the application of lead isotope analysis*. London, British Museum, 1998 (*British Museum Occasional Paper* 102).
- Rostan 2012:** ROSTAN (P.) – Révision des occurrences de cuivre natif de la mine des Clausis (Saint-Véran, Hautes-Alpes). *Riviera Scientifique*, 96, 2012, p. 71-78.
- Roudil 1972:** ROUDIL (J.-L.) – *L'Âge du bronze en Languedoc oriental*. Paris, Klincksieck, 1972 (*Mémoires de la Société Préhistorique Française* 10).
- Rovira Llorens et al. 1997:** ROVIRA LLORENS (S.), MONTERO RUIZ (I.), CONSUEGRA RODRIGUEZ (S.) – *Las primeras etapas metalúrgicas en la Península Ibérica. I. Análisis de materiales*. Madrid, Fundación José Ortega y Gasset, 2 tomes, 1997.
- Russel et al. 1978:** RUSSELL (A. D.), PAPANASTASSIOU (D. A.), TOMBORELLO (T. A.) – Ca isotope fractionation on the earth and other solar system materials. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42, 1978, p. 1075-1090.
- Rychner, Kläntsch 1995:** RYCHNER (V.), KLÄNTSCHI (N.) – *Arsenic, nickel et antimoine*. Lausanne, Cahiers d'Archéologie Romande 63-64, 1995.
- Sendra, Viarouge 2006:** SENDRA (B.), VIAROUGE (M.) – Le mobilier en terre cuite de «La Vayssonnè». In: TCHEREMISSINOFF (Y.) – «La Vayssonnè» et «La Salaberdie», deux occupations domestiques de l'Âge du cuivre dans le Ségala (Tarn, France). Castres, Centre archéologique départemental, 2006, p. 57-78 (*Monographie d'Archéologie Tarnaise* 1).
- Sicard 1900:** SICARD (G.) – L'Aude préhistorique, *Bulletin de la Société d'Études Scientifiques de l'Aude*, XI, 1900, p. 135-234.
- Simón Garcia 1998:** SIMÓN GARCIA (J. L.) – *La metalurgia prehistórica valenciana*. Valencia, Servicio de Investigación Prehistórica, 1998.
- Stos-Gale et al. 1995:** STOS-GALE (Z.), GALE (N. H.), HOUGHTON (J.), SPEAKMAN (R.) – Lead isotope data from the Isotrache Laboratory, Oxford: archaeometry data base 1, ores from the western Mediterranean. *Archaeometry*, 37, 1995, p. 407-415.
- Timberlake 2002:** TIMBERLAKE (S.) – Ancient prospection for metals and modern prospection for ancient mines: the evidence for Bronze Age mining within the British Isles. In: BARTELHEIM (M.), PERNICKA (E.), KRAUSE (R.) ed. – *Die Anfänge der Metallurgie in der alten Welt. The beginnings of metallurgy in the old world*. Rahden/Westf., M. Leidorf, 2002, p. 327-357.
- Ugas 1998:** UGAS (G.) – Facies campaniforme dell'ipogeo di Padru Jossu (Sanluri, Cagliari). In: NICOLIS (F.), MOTTES (E.) dir. – *Simbolo ed enigma. Il bicchiere campaniforme e l'Italia nella preistoria europea dell'III^e millennio a.C.* Trento, Provincia autonoma di Trento Servizio beni culturali Ufficio beni archeologici, 1998, p. 261-280.
- Villa 2009:** VILLA (I. M.) – Lead isotopic measurements in archeological objects. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 1, 2009, p. 149-153.
- Vital et al. 2014:** VITAL (J.), CATTIN (F.), LETTERLÉ (F.), DEGRYSE (P.) – Un dépôt d'épées courtes du Bronze ancien: la Rouvière à Chusclan (Gard). *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 111, 2014, p. 75-100.