Forges gallo-romaines à l'Est de la Saône

Cadre et outils pour une étude régionale synthétique

Rémy JEANNOT

INRAP-Bourgogne-Franche-Comté - IRAMAT-LMC, UMR7065 - Chrono-environnement, UMR 6249

DOI : https ://doi.org/10.17184/eac.9856

Résumé : Devant l'augmentation constante des données ponctuelles, notamment issues de l'archéologie préventive, la création d'outils permettant leur interrogation croisée et la formulation de synthèses apparaît comme un enjeu majeur. En parallèle, la complexité de l'information archéologique, qui présente de forts contrastes tant en qualité qu'en représentativité, rend difficile l'élaboration de modèles synthétiques sans recourir à des simplifications excessives de cette complexité. La présente contribution propose un cadre de travail permettant l'articulation de ces données pour l'étude des dynamiques de l'organisation de la production sidérurgique. Cette démarche est illustrée ici à travers l'étude des activités de forge de quelques agglomérations gallo-romaines situées à l'est de la Saône.

Abstract: With the recent increase of data produced, notably through commercial or preventive archaeology, it has become primordial to design tools that allow their synthetic exploitation. The complexity fund in archaeological data, that shows large contrasts in its quality and representativeness, makes this task especially difficult without the use of excessive simplifications. We present here a framework aiming to organize and exploit these data concerning the transformation of iron, specifically for the post-reduction processes in Roman towns east of the Saône river.

1 Les enjeux d'une synthèse des activités de forge en Bourgogne-Franche-Comté dans l'antiquité : comprendre l'organisation de l'économie du fer post-réduction et ses évolutions

Depuis la généralisation progressive de son utilisation à la fin de la protohistoire, le fer apparaît être un enjeu majeur des économies anciennes, comme le suggère le contraste manifeste entre son omniprésence et les investissements en temps et en ressources combustibles particulièrement importants nécessaires à sa production (Crew 2013). Par ailleurs, les chaînes opératoires qui mènent du produit brut de réduction à l'objet fini (Mangin 2004) présentent une large diversité, que ce soit dans les modes de division des étapes de travail ou dans les opérations techniques adoptées : certains

sites présentent ainsi une forte standardisation dans leurs activités, concernant la place des travaux dans la chaîne opératoire ou dans le type de productions visées (Berranger 2014), quand d'autres montrent des travaux particulièrement variés (ex. Pagès *et al.* 2009), incluant parfois des réparations, recyclages ou opérations de polymétallurgie.

Ces opérations post-réduction s'organisent en systèmes complexes (Bauvais & Fluzin 2014) prompts à se transformer (Berranger & Bauvais 2020), en interaction avec de nombreux paramètres environnementaux (accès aux ressources : ex. Paradis-Grenouillet *et al.* 2014) ou culturels (savoir-faire techniques, organisations économiques ou politiques : ex. Young 2014). De fait, appréhender ces organisations et démêler ces interactions apparaissent comme nécessaire pour mieux comprendre le fonctionnement des sociétés anciennes et leurs transformations. Ces constats sont d'autant plus valables dans le contexte de la région Bourgogne-Franche-Comté, où de longs efforts de recherches ont amené à discerner des contrastes régionaux et chronologiques particulièrement nets dans l'organisation de la production primaire (Berranger *et al.* 2023).

2 Entre incertitudes documentaires et complexité croissante des informations : créer des cadres pour permettre une modélisation synthétique des phénomènes historiques

Les témoignages qui permettent de restituer ces systèmes sont, de par leur nature, variés dans leurs types, leur précision et leur représentativité. En effet, les informations archéologiques, souvent difficiles à interpréter ou lacunaires, ne prennent généralement de sens que dans leur multiplicité. De fait, considérant de surcroît l'importance des vestiges de forge fouillés par le passé et aujourd'hui détruits, il est utile d'inclure toutes les informations accessibles, quelle que soit leur origine, des fouilles anciennes aux dernières approches archéométriques. Il est, de même, utile d'éviter de recourir à de trop fortes simplifications des données par le biais d'interprétations successives, afin de n'en perdre aucune précision. En parallèle, la multiplication croissante des informations ponctuelles apportées par les fouilles, notamment motivées par des démarches d'archéologie préventive, rend d'autant plus difficiles des approches par la discussion de synthèse. Entre l'intérêt démontré de mieux comprendre les mécanismes de l'organisation de la production sidérurgique et les difficultés inhérentes à l'hétérogénéité de l'information archéologique, il apparaît primordial de trouver des cadres de travail et des outils permettant une exploitation synthétique reproductible, quels que soient le type, la quantité et la complexité des données appréhendées.

Pour répondre à ces contraintes, il est possible de reprendre les cadres utilisés pour la modélisation des phénomènes diachroniques en archéologie urbaine : des auteurs (Rodier & Saligny 2010) ont ainsi proposé de décomposer chacune des dimensions « Temps », « Espace » et « Fonction » constituant des « Objets historiques » (« *Oh* », éléments documentés) en unités contextuelles minimales. Chaque *Oh* est alors décrit par un assemblage d'unités indivisibles qu'il est possible d'interroger indépendamment dans chaque dimension. À titre d'exemple, un espace géographique sera divisé en de multiples unités topologiques sans superposition qui, sélectionnées par groupes,

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

permettront de recomposer toutes les divisions successives de l'espace présentes dans la documentation. Avec un nombre minimal d'unités, il est ainsi possible de faire des interrogations complexes, soit partant de l'*Oh* (ex. assiette d'un bâtiment), soit partant des unités elles-mêmes (ex. nombre d'*Oh* se succédant à un emplacement-unité).

Ce cadre permet non seulement de faire aisément des interrogations en croisant plusieurs dimensions tout en s'affranchissant du passage par l'*Oh* (ex. somme des assiettes des *Oh* en fonction du *Temps*), mais aussi d'interroger les dimensions en conservant la complexité individuelle de chaque *Oh* (ex. assiette des *Oh* pondérée par leur surface réelle, si connue, pour refléter l'incertitude de leur emplacement).

Les paragraphes suivants s'attachent à décrire, par dimensions (« Fonction », « Espace », « Temps »), l'application de ce cadre de travail sur la donnée archéologique concernant l'organisation de la production sidérurgique dans quelques agglomérations antiques de Bourgogne-Franche-Comté (liste des sites inclus et description des données en Tableau 1 ; études de l'auteur). La discussion amènera à proposer un modèle de *base de données* applicable pour le traitement des informations concernant la sidérurgie ancienne, ainsi que des outils pour la formulation de synthèses sur le sujet.

Tab. 1 : Description des opérations archéologiques du corpus et nombre d'entités enregistrées par table dans la base de données.

Opération	Année	Commune	Responsable	Rapport	US	Culots	Mobiliers
BRANDT90	1990	Mathay	MOUGIN Pierre	SRA BFC	1	48	
CDC98a	1998	Mandeure	MAZIMANN Jean-Pierre, MOUGIN Pierre	SRA BFC	1	33	
CDI84	1984	Mathay	LAME Michel, MAZIMANN Jean-Pierre	SRA BFC	1	29	
CDI87	1987	Mathay	MOUGIN Pierre	SRA BFC	14	26	
CDI88	1988	Mathay	LAME Michel, MAZIMANN Jean-Pierre	SRA BFC	1	20	
CDI91	1991	Mathay	MAZIMANN Jean-Pierre	SRA BFC	24	196	
CHA2020	2020	Chalon-sur-Saone	PANSIOT Romain	SRA BFC	254	383	319
Chalon21_StCroix	2021	Chalon-sur-Saone	PANSIOT Romain	SRA BFC	272	103	
ES91	1991	Mathay	ND	SRA BFC	2	47	
FI85	1985	Mathay	MOUGIN Pierre	SRA BFC	2	16	
LUX15	2015	Luxeuil	BULLY Sebastien	SRA BFC	3	187	
MONT12	2012	Mandeure	CARD Christophe	SRA BFC	226	11	
SHUNT	1997	Mathay	MOUGIN Pierre	SRA BFC	1	13	
THO2019	2019	Thonon-les-Bains	LANDRY Christophe	SRA ARA	322	555	312

3 Mettre en relation les témoins archéologiques : la dimension « Fonction »

Sur les trois dimensions énoncées plus haut, la plus complexe est sans nul doute la dimension « Fonction », car elle inclut toutes les observations possibles hors des considérations temporelles et spatiales, en rassemblant des éléments de natures très différentes. Dans le cas des données archéologiques, ces éléments vont d'observations faites sur chaque élément mobilier considéré individuellement à des conceptions interprétatives concernant les sites dans leur ensemble. Isoler cette dimension permet de mettre en évidence les relations entre ces différents éléments, ainsi qu'entre échelles d'observation ou niveaux d'interprétation.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

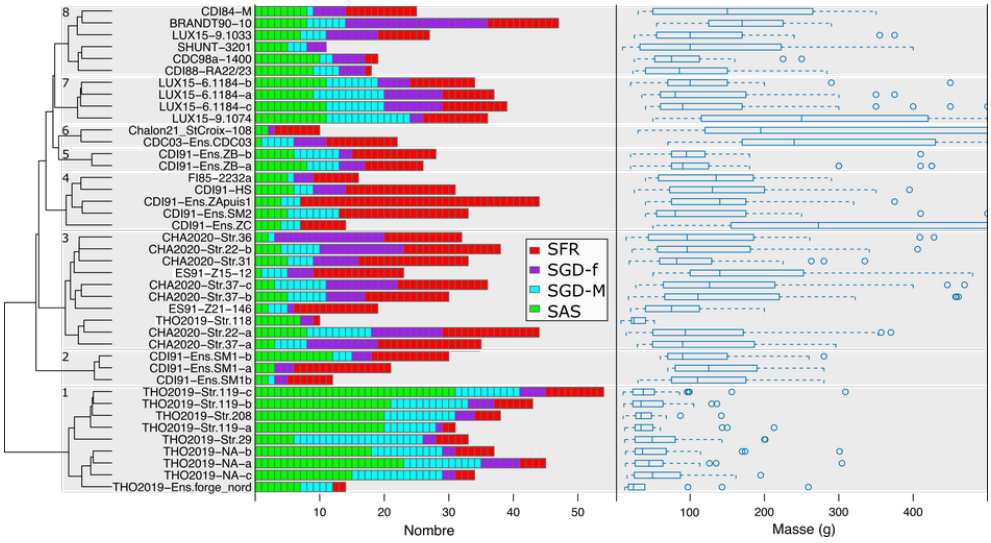


Fig. 1 : Classification, composition en types et en masses des ensembles de culots étudiés.

La Figure 1 présente une synthèse des observations réalisées sur les lots de scories de forge issus des opérations du corpus. Ces lots sont organisés selon une classification ascendante hiérarchique (Figure 1, à gauche) menée sur les caractères des culots présents (méthode détaillée dans Jeannot *et al.*, soumis) afin de les rassembler en « types d'assemblages ». Les compositions des lots par types (Figure 1, au centre) sont définies par l'observation des caractères macroscopiques de chaque culot de forge selon une méthode largement utilisée (Perret & Serneels 2003 ; Le Carlier *et al.* 2007 ; Berranger 2014) ; les culots sont ici séparés en quatre types, « Scories Argilo-Sableuses » (SAS), « Scories grises Denses Mixtes » (SGD-M), « Scories Grises Denses ferreuses » (SGD-f) et « Scories Ferreuses Rouillées » (SFR). La ventilation des masses des culots est présentée en regard de leur composition sous forme de *boites à moustaches* (Figure 1, à droite). Il est ainsi possible de montrer qu'il existe des assemblages de culots très différents selon les sites du corpus, tant du point de vue de leurs masses que de leurs compositions. De plus, dans la mesure où les lots se trouvent rassemblés par site, il est possible de montrer que chacun présente des spécificités propres : par exemple, certains sites présentent une forte part de scories riches en fer (ex. CHA2020, CDI91), quand d'autres sont largement dominés par de très petits culots peu ferreux (ex. THO2019).

Cette représentation met ainsi en relation différents éléments composant la dimension « Fonction », quoi qu'issus dans cet exemple d'un seul type de mobilier. Des représen-

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

tations similaires peuvent toutefois permettre d'articuler des paramètres variés (ex. assemblages de scories et assemblages anthracologiques, ou structures présentes et rôle interprété du site). Les acquis de ce niveau d'analyse peuvent alors être consolidés avec un minimum d'interprétations subjectives sous une forme synthétisée, propre à être exprimée en fonction des autres dimensions documentées (« Espace » et « Temps »).

4 Modéliser les organisations intra- et extrasites : la dimension « Espace »

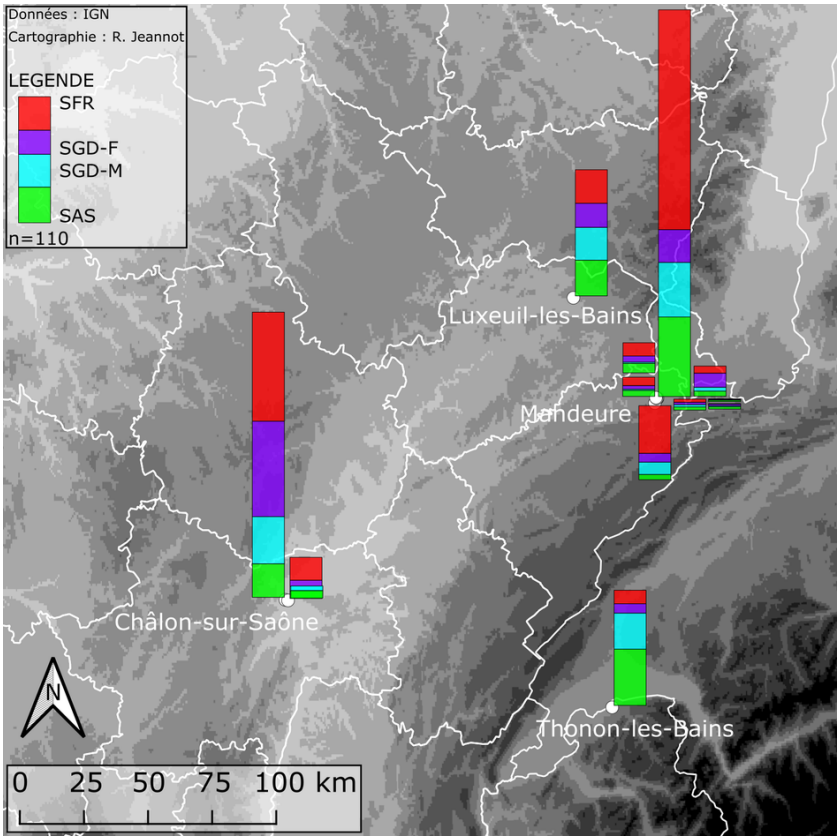


Fig. 2 : Composition des ensembles de culots sur la carte des sites étudiés.

La dimension « Espace » se présente sous une forme plus standardisée ; sa spécificité principale est de pouvoir exprimer des phénomènes très différents selon l'échelle à laquelle elle est appréhendée. Elle peut ainsi servir tant comme paramètre à interroger, afin de mettre en évidence des organisations et relations avec d'autres phénomènes géographiques, que comme variable de regroupement, pour simplifier les représentations.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

La Figure 2 présente la composition des assemblages des types de culots de forge sur les sites du corpus à l'échelle de la région. Elle met ainsi en évidence des contrastes similaires à ceux pointés par l'analyse fonctionnelle, en montrant des assemblages très différents selon l'agglomération antique considérée.

5 Comprendre les dynamiques et transformations de la production : la dimension « Temps »

La dimension « Temps » a la spécificité d'englober des éléments relativement différents (Desachy 2015), notamment datations par mesures physiques (^{14}C, thermoluminescence, paléomagnétisme, etc), datations culturelles (céramique, structures, etc) et datations relatives. Les deux premières peuvent toutefois être assimilées à des intervalles de probabilités continus ou non, exprimés de manière absolue (ex. [-50, 100]), éventuellement en ajoutant des valeurs de durée minimale et d'imprécision. Les datations relatives peuvent être incluses dans les représentations sous forme de bornes ordonnées non chiffrées, placées arbitrairement entre des bornes numériques. Le *Temps* peut alors être découpé en intervalles indivisibles selon les bornes documentées, chaque unité servant d'entrée à l'analyse. Cette approche se prête à l'utilisation d'une exploitation proche de la démarche aoristique (Johnson 2003 ; Crema 2012), pondérant chaque observation par sa possibilité d'exister dans un intervalle déterminé. Par la multiplication des points d'observation et des datations, elle permet ainsi de modéliser des phénomènes chronologiques complexes en donnant plus de poids à ce qui est le mieux connu et en diluant petit à petit les observations les moins liées à un phénomène chronologique partagé par tout le corpus.

La Figure 3 présente, pour chaque intervalle temporel, la proportion de culots de chaque type (en bas) et le nombre de culots documenté par an et par opération (en haut) sur la période étudiée. Cette figure met en évidence une forte régularité des proportions des types représentés, possiblement avec une légère augmentation de la représentation des scories « SFR » dans le courant du deuxième siècle. Ce mouvement, observable sur un intervalle documenté par environ quatre culots par an répartis sur un relativement faible nombre d'opérations, reste toutefois à manipuler avec précautions.

Ce type de représentation permet d'exprimer les variations de la dimension « Fonction » dans le temps, dans un format qui minimise la simplification de l'information inhérente à la définition de « phases » (intervalles arbitraires) plus larges. Il est ainsi plus aisé de faire une comparaison fine avec des phénomènes ponctuels (évènements) ou avec des tendances documentées via d'autres proxys (ex. palynologie).

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

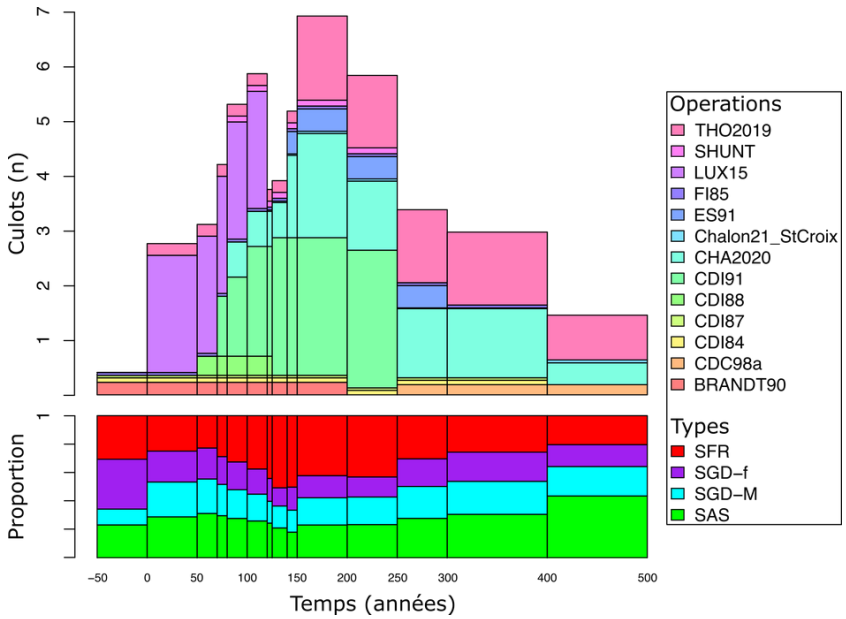


Fig. 3 : Représentation de l'évolution de la proportion des types de culots documentés (en nombre) et de leur abondance par opération sur la période étudiée (nombre/an).

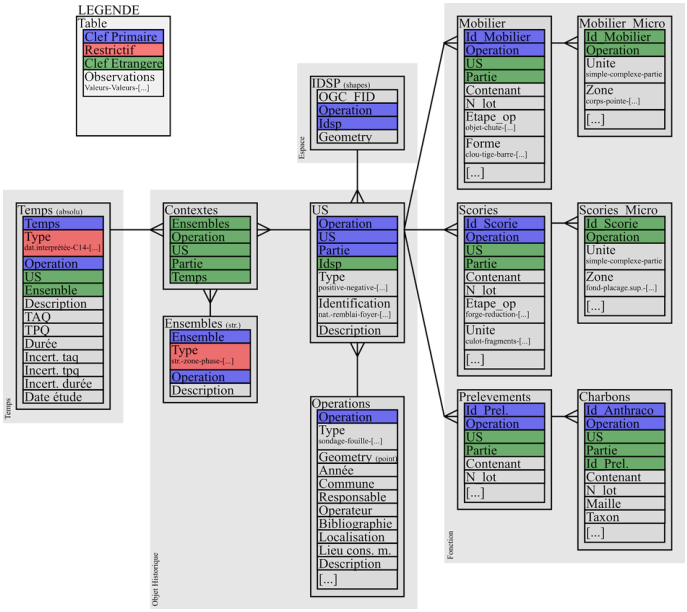


Fig. 4 : Structure de la base de données utilisée (MLD).

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

6 Un cadre flexible pour articuler la donnée archéologique

Afin de concilier cette exploitation par *Oh* et la structure de la documentation archéologique, la *base de données* rassemblant ces informations prend une forme aussi flexible que possible. Elle est en effet destinée à recevoir des jeux de données de natures très différentes et les rendre compatibles. La Figure 4 présente sa structure sous forme de *Modèle Logique de Données* (MLD) : elle se centre autour de l'unité de base de la documentation archéologique (US) pour mettre en relation chaque élément qui peut s'y référer. Les cadres grisés mettent ici en évidence les dimensions isolées dans ce propos, l'*Oh* et ses paramètres de groupements, *Fonction*, *Espace* et *Temps*.

Cette structure permet une exploitation facilitée par les outils statistiques qui ont servi à créer les représentations utilisées plus haut ; elle est aussi entièrement compatible avec d'autres démarches de synthèses, visant notamment à attribuer directement un lot de caractères interprétatifs à chaque atelier/*Ensemble* (Bauvais *et al.* 2018). Dans ce sens, le travail de synthèse des activités sidérurgiques post-réduction à l'échelle de la Bourgogne-Franche-Comté reste à poursuivre en multipliant les sites étudiés et intégrés à ce format. Les quelques conclusions déjà entrevues sont amenées ici avant tout pour illustrer le propos méthodologique et sont plus détaillées ailleurs (Jeannot *et al.* 2017).

A terme, ce cadre de travail a vocation à servir de point d'appui pour l'organisation des données produites sur cette thématique dans la région, cela afin de mener progressivement vers une synthèse qui puisse s'articuler avec d'autres travaux, en particulier concernant la production sidérurgique primaire, l'organisation des territoires et diverses données paléoenvironnementales. Par ailleurs, en tentant d'apporter des outils pour aider à la manipulation de données hétérogènes et en constante multiplication liées à la sidérurgie ancienne, il espère pouvoir constituer une contribution aux efforts menés sur le formatage et le partage des données en archéologie.

Bibliographie

Bauvais, S., Fluzin, Ph., 2014. Organization of Forging Activities in Northern Paris Basin Agglomerations (France) during the Final La Tène. In Cech B., Rehen Th. (eds). *Early Iron in Europe, Monographies Instrumentum 50*, Montagnac.

Bauvais, S., Disser, A., Dillmann Ph., 2018. La métallurgie du fer à l'âge du Fer dans le bassin versant du Crould : organisation des productions et étude de provenance. *in* Touquet Laporte-Cassagne C. "Les sites ruraux du second âge du Fer dans le bassin versant du Crould en Val-d'Oise et ses marges", *Revue Archéologique d'Ile-de-France* : 453-506.

Berranger, M., Bauvais, S., 2020. "Changements sociétaux et évolution de l'économie du fer du Hallstatt D à La Tène D dans le Nord-Est de la France". *Bulletin de la Société préhistorique française*, 117, 4 : 641-671.

Berranger, M., 2014. *Le fer, entre matière première et moyen d'échange, en France du Vile au ler s. av. J.-C. Approches interdisciplinaires.* Éditions Universitaires de Dijon, Dijon.

Berranger, M., Leroy, M., Laurent, H. avec la collaboration de Jeannot R., Piétak J.-P., Girardclos, O., 2023. Les zones de production du fer en Bourgogne-Franche-Comté : une approche sur la longue durée par le radiocarbone. *Gallia - Archéologie des Gaules*, CNRS Editions.

Crema, E. R., 2012. Modelling Temporal Uncertainty in Archaeological Analysis. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 19 :440-461.

Crew, P., 2013. Twenty-five years of bloomery experiments : perspectives and prospects. in Dungworth D., Doonan R. C. P. (eds). *Accidental and Experimental Archaeometallurgy*, London.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984

Desachy, B., 2015. A Simple Way to Formalize the Dating of Stratigraphic Units. *in* Giligny F., Djindjian F., Costa L. CAA2014 : *21st Century Archaeology : Concepts, Methods and Tools. Proceedings of the 42nd Annual Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology.* Archaeopress Archaeology.

Jeannot R., Berranger, M., Nouvel, P., 2017. La métallurgie du fer dans l'agglomération antique d'Epomanduodurum (Mandeure-Mathay, 25). Archéologie et Archéométrie. *Bulletin de la Société d'Émulation de Montbéliard* N° 140, Montbéliard.

Jeannot R., et al. (soumis). The study of smithing slags cakes macroscopic variability through multivariate analysis : a tool to assess and compare productions activities. *Historical Metallurgy.*

Johnson, I., 2003. Aoristic Analysis : seeds of a new approach to mapping archaeological distributions through time. *In* K. F. Ausserer, W. Börner, M. Goriany, L. Karlhuber-Vöckl (eds.) *[Enter the Past] The E-way into the Four Dimensions of Cultural Heritage : CAA2003*, Vienna. BAR International Series.

Le Carlier, C., Leroy, M., Merluzzo, P., 2007. L'apport de l'analyse morphologique, microscopique et chimique des scories en forme de culot à la restitution des activités de forge. *ArcheoSciences. Revue d'archéométrie*, nº 31 : 23-35.

Mangin, M. (dir.), Dabosi, F., Domergue, C., Fluzin, P., Leroy, M., Merluzzo, P., Ploquin, A., Serneels, V., 2004. *Le fer.* Paris, Errance.

Pagès, G., Fluzin, P., Mangin, M. 2009. L'évolution d'une forge routière vers un atelier de typ "villageois" in Fiches J.-L. (dir.) *Une maison des l'agglomération routière d'Ambrussum (Villetalle, Hérault), Fouille de la zone 9 (1995-1999).* Monographies d'archéologie méditerranéenne, 26.

Paradis-Grenouillet, S., Allée, Ph., Servera Vives, G., Ploquin, A., 2014. Sustainable management of metallurgical forest on Mont Lozère (France) during the Early Middle Ages. *Environmental archaeology*, 20-2.

Perret, S., Serneels, V., 2003. Quantification of smithing activities based on the investigation of slag and other materials remains. in Associazione Italiana di Metalluria. *International Conference Archaeometallurgy in Europe, Proceedings Vol.1*, Milan.

Rodier, X., Saligny, L., 2010. Modélisation des objets historiques selon la fonction, l'espace et le temps pour l'étude des dynamiques urbaines dans la longue durée. *Cybergeo : European Journal of Geography, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques.* Document 502.

Young, T., 2014. Roman military control in Iron-making in South Wales. in Cech B., Rehen Th. (eds). *Early Iron in Europe, Monographies Instrumentum 50*, Montagnac.

Published in : BERRANGER, Marion ; SARAH, Guillaume ; TÉREYGEOL, Florian (dir.), *Paléométallurgie, archéométrie et archéologie. Recueil en hommage à Philippe Fluzin*, Editions des archives contemporaines, ISBN : 9782813005984, doi : 10.17184/eac.9782813005984