



**HAL**  
open science

# Changements sociétaux et évolution de l'économie du fer du Hallstatt D à La Tène D dans le Nord-Est de la France

Marion Berranger, Sylvain Bauvais

► **To cite this version:**

Marion Berranger, Sylvain Bauvais. 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, 2020, 117 (4). hal-03080161

**HAL Id: hal-03080161**

**<https://hal.science/hal-03080161>**

Submitted on 15 Feb 2022

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

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

Changements sociétaux et évolution de « l'Économie du fer » du Hallstatt D à La Tène D  
dans le nord-est de la France

Societal changes and the evolution of the "Iron Economy" from Hallstatt D to La Tène D in  
north-eastern France

Marion BERRANGER, Sylvain BAUVAIS

Résumé :

Les âges du Fer en Europe nord-occidentale voient la diffusion et l'adoption progressive du fer, puis une succession d'innovations majeures dans les techniques de sa production. Les procédés de fabrication d'objet se démocratisent, tandis que la consommation des objets s'intensifie et gagne l'ensemble des strates sociales. La maîtrise des productions métallurgiques est considérée de manière récurrente comme moteur de l'émergence des centres de pouvoirs. Nous proposons d'analyser ce postulat à l'aune d'un bilan renouvelé de nos connaissances sur la métallurgie du fer d'un large espace nord-est de la France. Cela inclut les zones où se manifestent de manière ostentatoire les élites du premier et du début du second âge du Fer, puis l'armement et l'art celtique florissant de La Tène moyenne. Pour la fin de l'âge du Fer, cet espace est également caractérisé par l'émergence des premières manifestations urbaines.

À travers une grille de lecture structurée, composée de critères descriptifs issus de la littérature (Brun *et al.*, 2006 ; Roux, 2000 ; Costin, 1991), nous proposons d'étudier les formes d'organisation des productions sidérurgiques et leur évolution au cours des âges du Fer. Il est ainsi possible de constater les trajectoires conjointes et parallèles suivies par les activités de réduction et de forgeage tout au long de cette période. Elles se développent durant le Hallstatt D – La Tène A dans un cadre de « corvée » soumise au contrôle des élites. Cela mobilise en réduction des savoir-faire simples, alors que les productions en forge documentent au contraire la maîtrise de techniques complexes. À la fin des âges du Fer, les élites conservent leur emprise sur les moyens de production de centres de réduction fortement structurés, alors qu'à l'inverse, en forge, l'élargissement de la gamme des savoir-faire et la multiplicité des modes d'organisation permettent de reconnaître un artisanat maître de ses débouchés.

Abstract:

The Iron Ages in north-western Europe saw the gradual spread and adoption of iron, followed by a succession of major innovations in its production techniques. Object manufacturing processes became more democratic, while the consumption of objects intensified and reached all social strata. The control of metallurgical production is repeatedly seen as the driving force behind the emergence of centres of power. We propose to analyse this postulate in the light of a renewed assessment of our knowledge of the iron metallurgy of a large area in north-eastern France. This includes the areas where the elites of the late Hallstatt and early La Tène, then the armament and the flourishing Celtic art of middle La Tène period, manifest themselves in an ostentatious manner. For the end of the Iron Age, this area is also characterized by the emergence of the proto-state phenomenon and the first urban demonstrations.

In smelting process, during Hallstatt D - La Tène A, the most numerous workshops can be classified according to very variable levels of production intensity. Their characteristics are close to the activities documented by ethnography, ranging from seasonal production, practised

by farmer-ironmakers to meet specific needs, to large-scale production intended to supply medium- or long-distance markets. Several major production areas are identified for this period: in the Mancelle region, in Puisaye and in the Berry region around Meunet-Planches (Indre).

In contrast to the activity of reducing iron ore, it is to be expected that the activity of processing the metal into objects will be more broadly and homogeneously distributed. However, during Hallstatt D / La Tène A, a very surprising effect of symmetry is visible between smelting and forging activities. The smelting is located at the western edge of the north alpine area and in the western peripheral regions. However, forging activities are mostly present in the north-alpine area. This feeling of particularity about Hallstatt D - La Tène A is reinforced by the fact that until the Roman period and even afterwards, the distribution of forging sites seems to be uniform throughout northern France.

The collapse of the princely residences and the societal reorganization into simple chieftaincies does not seem to have led to a reorganization, archaeologically perceptible, of the conditions of raw metal production. Series of smelting workshops continue to exist and develop in the same sectors, indicating the continuation of the old exchange networks. Nevertheless, sporadic small-scale production is decreasing or even disappearing. In forging activities, the development of "craft farms" and open agglomerations is accompanied by a strong increase in the intensity of production.

It is during La Tène D that major changes take place. Smelting activities seem to be grouped together in centers adopting a new smelting technique. At the same time, work units are becoming more structured and standardized, while there is little or no evidence of one-off production. The advent of the *Oppida* and their artisanal districts marks a new intensification in the volumes of objects produced. Forging activities are systematic, standardized and the quantity of waste is becoming considerable. The functional interdependence between workshops on the same site is repeatedly highlighted. Indeed, the fact that some workshops acquire raw masses of metal while others work with well-purified metal implies that the former provide the latter with at least a part of their raw material.

Based on this thematic and chronological review, we propose to study the forms of organization of iron and steel production and their evolution during the Iron Ages through a structured reading grid, composed of descriptive criteria taken from the literature. It is thus possible to observe the conjoint and parallel trajectories followed by the smelting and forging activities throughout this period. They develop during the Hallstatt D - La Tène A in a framework of "corvée" subject to elite control. However, the know-how mastered in smelting is simple, whereas the productions attested in forging document the proficiency of complex to expert techniques. This may be one of the possible explanations for the symmetrical spatial distribution of forging and smelting activities during Hallstatt D - La Tène A. Forging activities, which required much more know-how at this period than smelting, were more directly controlled and monopolized by the elites, who derived greater glory and wealth from them. The raw metal is then controlled through the mastership of exchange networks. During La Tène D, the production context evolves in a clearly different way between smelting and forging. The control over the means of production remained predominantly in smelting, which led to increased specialization and a regrouping of workshops, probably under the control of the Gallic cities. Conversely, in forging, the broadening of the range of skills and the multiplicity of organizational modes (ranging from "dispersed workshop" to "community specialization" and less commonly "retained workshop") made it possible to recognize a craft that was mostly master of its outlets.

Mots-clés : âges du fer, métallurgie du fer, organisation des productions, spécialisation artisanale, nord-est de la France.

Key words: Iron Ages, Iron metallurgy, Organisation of productions, craft specialization, North-Eastern France.

## 1. Introduction

Cet article se propose d'étudier les coévolutions qui existent entre les changements sociaux et l'évolution de « l'Économie du fer » durant les âges du Fer. D'un point de vue de la complexité des formes d'organisations sociétales, cette époque se caractérise par une évolution en « dent de scie » (Brun, 2015, fig. 7) entre des entités politiques de type chefferies complexes, puis des chefferies simples politiquement autonomes jusqu'à une intégration politique de type état archaïque. Cette évolution des formes d'organisation socio-politiques n'implique pas, comme nous le verrons, une perte de technicité ni même un déclin des formes d'innovation, bien au contraire (Buchsenschutz *et al.*, 2012). En métallurgie du fer, cette période voit l'adoption progressive des techniques sidérurgiques sur les territoires étudiés, puis une série d'innovations majeures dans les techniques de production. La production d'objet se démocratise également, ainsi que les pratiques d'entretien, en lien avec l'augmentation de la consommation des objets et leur lente diffusion au sein de l'ensemble des strates sociales.

Depuis V. G. Childe on considère l'importance des phénomènes économiques dans les changements sociaux. La maîtrise des productions métallurgiques est en particulier considérée de manière récurrente comme ayant joué un rôle clef dans l'émergence de centres de pouvoirs.

Nous proposons d'analyser ce postulat à l'aune d'un bilan renouvelé de nos connaissances en métallurgie du fer, à l'échelle d'un large nord-est de la France. Il s'agit d'un espace incluant les zones où se manifestent de manière ostentatoire les élites du premier et du début du second âge du Fer, puis où se développent de manière florissante l'art et l'armement celtique à La Tène moyenne. Pour la fin de l'âge du Fer, cet espace est caractérisé par l'émergence du phénomène proto-étatique. L'ensemble de la chaîne opératoire sidérurgique sera abordé, d'abord par les étapes de transformation à l'état solide du minerai en métal (réduction) puis avec celles de mises en forme en objet fini (post-réduction). Nous dresserons enfin un bilan des formes d'organisation des productions et de leur évolution au cours des âges du Fer en proposant une grille de lecture structurée, composée des critères descriptifs issus de la littérature (Brun *et al.*, 2006 ; Roux, 2000 ; Costin, 1991) et en les adaptant à la métallurgie du fer de l'âge du Fer européen.

## 2. L'évolution diachronique de la consommation du fer

Afin de replacer la production du fer et celle des objets en fer dans une évolution générale de « l'Économie du fer » dans le nord de la France, il semble au préalable nécessaire de dresser un bilan de la consommation de ce matériau. Cette consommation peut être décrite par deux critères : qui consomme et en quelle quantité ? Le premier critère correspond au degré d'intégration du métal dans la société. Ce concept prend comme pré-supposé qu'un matériau traverse différentes sphères sociales depuis son invention et son acceptation jusqu'à une complète diffusion dans l'ensemble de la société (Bauvais, 2007). Le second critère, la quantité, reste plus délicat à préciser, et il ne peut être abordé que de façon relative à travers une approche diachronique.

L'apparition des premiers objets en fer et particulièrement des épées dès le Ha B2/B3 et à la période de Gündlingen montre une première et unique consommation de ce matériau par des élites guerrières. La seconde partie du Ha C, qui débute vers 730 av. J.-C., ne voit guère d'évolution, ne serait-ce que d'ordre quantitatif (Brun *et al.*, 2009).

Au cours de la période allant du Hallstatt D1 à La Tène A1, le fer se caractérise également par un très faible degré d'intégration dans la société. Il est encore principalement consommé par les élites mais cette fois le matériau gagne d'autres domaines sous la forme de biens et d'équipements illustrant leur statut élevé (Bauvais, 2008). Les travaux d'Émilie Dubreucq ont pu montrer une évolution de cette consommation du Hallstatt D1 à La Tène A1 au sein des sites hiérarchiquement les plus élevés (Dubreucq, 2013). Au cours de la période allant du Hallstatt D1 à La Tène A1, la proportion entre le mobilier illustrant le statut élevé des élites et le mobilier lié à l'artisanat évolue, montrant une véritable évolution dans les pratiques de consommation du fer, plus douce et graduelle que la vision initialement proposée (Dubreucq, 2013, p. 295-297). Si l'on regarde également le type de contexte d'où nous sont parvenus les différents objets en fer produits et consommés à ces périodes, une évolution est également visible. Au Hallstatt D1, en nombre d'individus, les objets en fer proviennent à plus de 95% du domaine funéraire (Tremblay Cormier, 2016). Cette proportion passe à 82% de funéraire et 15% d'habitat au Ha D2-D3 et la tendance se confirme à La Tène A1. Pour donner un ordre d'idée des quantités de métal en circulation, seulement 20 kg de fer ont été retrouvés dans 13 des habitats les plus riches de la période en France et dans le sud de l'Allemagne (Dubreucq, 2013). Pour les contextes funéraires, les bandages de roue représentent à eux-seuls près d'une tonne de métal. Enfin, les dépôts de demi-produits bipyramidaux représentent une masse de plus de 2 tonnes (Berranger, 2014).

Dans les nécropoles, jusqu'au III<sup>e</sup> siècle, le fer est quasi-exclusivement destiné aux dépôts d'armement et de pièces de char, et seulement présent dans les tombes de l'élite. D'autres ustensiles sont également connus, comme les couteaux et les haches (que l'on peut aussi assimiler parfois à l'armement), des ustensiles de toilette comme les rasoirs, les pinces à épiler, les *scalptorium* et les cure-oreilles, ou même les parures et les fibules, mais ces éléments restent marginaux et se partagent avec d'autres en différents matériaux dont le bronze, beaucoup plus fréquents. À partir de la seconde moitié du IV<sup>e</sup> siècle et du début du III<sup>e</sup> s. av. notre ère la proportion des fibules en bronze devient minoritaire par rapport à celles en fer dans les nécropoles de Champagne et du bassin parisien, et connaissent un net appauvrissement de leurs décors (Charpy, 1997 ; Baray, 1991 ; Duval, 1976). Les fibules sont alors davantage associées avec de l'armement ou avec des parures qui caractérisent les sépultures les plus riches (Marion *et al.*, 2005). Ainsi, la présence de fer dans les sépultures est, avant le début du III<sup>e</sup> s. av. notre ère, non seulement un marqueur de richesse dans l'ensemble de la société, mais il l'est également à l'intérieur des groupes les plus riches. Ce phénomène semble en très grande partie commun à l'ensemble de l'Europe celtique car il est également remarqué en Bavière (Geselowitz, 1993, p. 338) comme en Grande-Bretagne (Ehrenreich, 1991).

Pour les activités agricoles, l'apparition de nouveaux outils et de nouvelles techniques est couramment interprétée comme le principal élément permettant de dégager suffisamment de surplus pour rendre possible l'apparition des premières agglomérations ouvertes de La Tène C et de leur développement, par la suite, en systèmes urbains et étatiques. Il est ici très délicat de donner un *terminus ante quem* à l'introduction de ces objets dans les fermes de l'âge du Fer, toutefois, nous pouvons remarquer que leur découverte est croissante dans les sites d'habitat, depuis La Tène ancienne jusqu'à La Tène finale.

En premier lieu, les outils de déboisement permettent l'installation de nouveaux espaces de culture. Les haches en fer sont les outils les plus courants et sont attestés dès le VI<sup>e</sup> s. av. notre ère dans certaines tombes du Bassin parisien (Baray, 2003). Les socs métalliques sont rarement

attestés avant la Tène C (Lambot, 2006) et le début de la Tène D, et principalement dans des dépôts « votifs » et dans les sanctuaires, tandis que les houes sont encore plus rares et ne sont pas connues avant La Tène D dans le nord de la France (Bouvet, 1989).

L'accroissement de la taille des faucilles tout au long de la Tène, et l'apparition de la faux, à partir du II<sup>e</sup> s. av. notre ère traduisent à nouveau un changement dans les techniques de culture et d'élevage. Ainsi, la fin de La Tène moyenne semble marquée par une modification à la fois des pratiques agricoles mais aussi de la consommation du fer, ces outils réclamant une masse métallique plus importante.

Enfin, l'utilisation du clou pour la charpente est un indice important de l'intégration du fer dans les consommations. Il reste excessivement rare avant le milieu de La Tène moyenne, puis se rencontre de plus en plus fréquemment jusqu'à devenir l'élément en fer le plus couramment retrouvé en habitat à la fin de La Tène finale et à l'époque gallo-romaine. Ce constat est le même pour les crampons et agrafes en fer ainsi qu'une grande partie de la quincaillerie.

### 3. Les activités de réduction et de forge durant les âges du Fer

#### 3.1. La réduction du minerai en métal brut

Les vingt dernières années ont vu un accroissement considérable de nos connaissances concernant les activités de réduction. Les fouilles préventives et notamment l'aménagement de grands tracés linéaires ont permis la mise au jour et l'étude détaillée de concentrations d'ensembles de productions inédits (A5 – Dunikowski et Cabboi, 1995 ; A77 – Rébiscoul, 2003 ; A28 – Cabboi *et al.*, 2007 ; LGV17 – N. Zaour dans Langlois, 2015).

Parallèlement, des programmes de recherches thématiques (Beck *et al.*, 2008 ; Dumasy *et al.*, 2010 ; Leroy *et al.*, 2015 ; Leroy et Cabboï, 2019 ; Programme SIDEROM en Champagne <sup>(1)</sup> ; PCR sidérurgie en Bourgogne-Franche-Comté <sup>(2)</sup>) et des thèses ont étudié et étudient l'organisation et la nature des activités de réduction à l'échelle d'espaces régionaux cohérents (Sarreste, 2011 ; Saint-Didier, 2017 ; Disser, 2014 ; Zaour, en cours).

Plusieurs milliers de sites de réduction, sont ainsi actuellement identifiés à partir des amas de déchets qu'ils ont produits. Parmi ces derniers, les sites datés des âges du Fer sont encore certainement sous-évalués en raison de leur discrétion. En effet, ils n'ont généralement pas conduit à la constitution de volumes de déchets importants. La méthode radiocarbone, particulièrement adaptée pour les contextes sidérurgiques, riches en charbon de bois, mais livrant rarement du matériel datant, mériterait d'être utilisée plus systématiquement, notamment en prospections, afin de mieux établir la chronologie des sites de réduction.

Dans la zone retenue, sur les 69 sites livrant des indices de réduction datés des âges du Fer (inventaire récent dans Berranger, Zaour *et al.*, 2017, actualisé pour le présent article), une cinquantaine (46) sont des ateliers de réduction. Trente-quatre sites délivrent des scories de réduction datées des âges du Fer, sans bas fourneau contemporain associé. Il s'agit le plus souvent de scories rejetées en habitats, permettant d'identifier une activité de réduction proche bien que non précisément localisée.

Les données disponibles permettent d'analyser l'évolution chronologique des types de bas fourneau utilisés, l'organisation de la production intra-sites et l'organisation régionale des productions.

##### 3.1.1. La typologie des bas fourneaux

Les fouilles réalisées sur les ateliers des Clérimois « Les Fouetteries » dans l'Yonne, ainsi que sur le tracé de l'A28 dans la Sarthe ont permis de proposer une typologie des bas fourneaux en fonction du mode d'évacuation de la scorie et de la possibilité ou non de leur réutilisation

(Cabboi *et al.*, 2007). Nous rappellerons brièvement ici les grandes caractéristiques de ces fours (fig. 1). Quel que soit le type, les grands principes architecturaux restent identiques. Ils se composent d'une superstructure d'argile dans laquelle sont introduits, durant l'opération de réduction, le minerai et le charbon. À la base de la superstructure se situe un système de ventilation (forcée ou naturelle) au débouché duquel se forme, à l'état solide, pendant la réduction, la masse de métal brute. Dans la partie basse du four une partie excavée sert de réceptacle pour les déchets évacués sous forme de scorie liquide.

Un premier type de four est caractérisé par l'absence d'évacuation de la scorie hors du bas fourneau et par un usage unique (fig. 1.a). Seule la fosse réceptacle, creusée dans le sol, est généralement conservée avec sa scorie en place. La superstructure d'argile cuite est détruite et/ou déplacée afin d'être utilisée sur un autre four. Les fragments de parois retrouvés sont généralement minces (10 à 40 cm), avec des épaisseurs de vitrification faibles, et sans traces de réfection. Différents types de ventilations, avec entrée d'air unique ou multiple ont été constatés.

Le deuxième type correspond à une évolution du système à scorie piégée en un four qui devient réutilisable (fig. 1.b). Une excavation associée à la fosse réceptacle de la scorie permet d'évacuer la charge du bas fourneau à l'issue de la réduction, et ainsi de réutiliser le four. Les traces de rechapages systématiques observées sur les parois finement préparées du four, indiquent une utilisation répétée. La bonne conservation des fours de l'A28 a permis de mettre en évidence un système de ventilation multiple associant quatre entrées d'air percées dans la cheminée, au niveau du sol, et un système de porte perforée permettant une ventilation à partir de la fosse d'accès.

Le dernier type de four est également réutilisable (fig. 1.c). Un canal aménagé à l'avant du four permet cette fois l'évacuation de la scorie hors d'une cuve constituée d'une sole et de parois construites. La morphologie de ces fours présente des variations importantes d'un site à l'autre et les systèmes de ventilations peuvent également être très différents. En forme de sablier aux Clérimois dans l'Yonne (Dunikowski et Cabboi, 1995), les cuves adoptent un plan tréflé correspondant aux négatifs de cinq arrivées d'air en région Mancelle, sur les sites de l'A28 et de la LGV17 (Cabboi *et al.*, 2007 ; Zaour in Langlois, 2015). Les traces de rechapage témoignent d'un grand nombre de séquences d'utilisation et de restauration.

La prise en compte des datations radiocarbone<sup>(3)</sup> disponibles pour 87 bas fourneaux permet d'appréhender la chronologie de ces différents types (fig. 2). La grande majorité des fours datés (près de 80%) se situent dans la région du Mans, et sont connus à partir des fouilles de l'A28 et de la LGV17. D'autres sites tels Meunet-Planches « Les îles » (Indre – Dieudonné-Glad, 2017) et Les Clérimois « Les Fouetteries » (Yonne – Dunikowski et Cabboi, 1995) ont fourni des dates pour 5 à 10 fours. Quelques couples de fours ou des bas fourneaux isolés, mis au jour à Saclay « RD36 » (Essonne – Lorquet, Bauvais in Dupéré, 2016), Guichainville « Long Buisson » (Eure – Marcigny, 2006), Guichainville « Saint-Laurent » (Eure) et Chavigny Bailleul « La Mutrelle » (Eure – Honoré *et al.*, 2007), La Bussière « Les Ferrys » (Loiret – Rébiscoul, 2003) ont également été pris en compte.

La dispersion des dates radiocarbone permet une distinction en trois phases : entre 800 et 400 cal. BC (période correspondant au plateau dit du « Hallstatt »), entre 400 et 200 cal. BC et après 200 cal. BC. Les bas fourneaux datés après notre ère n'ont pas été retenus.

La figure 2 présente le nombre de fours, par type et par période (les fours datés à cheval sur deux périodes ont été comptés deux fois). Deux grandes tendances sont perceptibles. La prédominance des fours à scories piégées et utilisation unique pour la phase la plus ancienne (800 à 400 cal. BC), et la prépondérance des fours à scories écoulées pour la phase récente (post 200 cal. BC).

Le plus grand nombre de dates concernant des fours à scories piégées et utilisation unique s'explique par leur durée d'utilisation courte et leur multiplication en un même endroit (comme dans la Sarthe à Aigné « Touzeau » ou Changé « Beauvais » où plusieurs dizaines de fours ont été installés dans un même secteur). Il s'agit donc d'une surreprésentation artificielle par rapport aux autres types, dont la chronologie est appréhendée à partir d'une seule date, bien qu'ils aient été utilisés à de nombreuses reprises.

Il faut garder cette caractéristique en mémoire afin d'analyser la représentation des types de fours durant la période intermédiaire (400 à 200 cal. BC). Les bas fourneaux à scories piégées et utilisation multiple sont un peu plus nombreux que ceux à usage unique, mais ils ont aussi donné lieu à un plus grand nombre de réductions. La courbe de calibration du radiocarbone, relativement plate entre -800 et -400, ne permet cependant pas d'appréhender avec précision la période d'apparition des fours à scories piégées et utilisations multiples.

### 3.1.2. L'organisation des productions à l'échelle intra-site

L'usage de différents types de fours va de pair avec une évolution dans l'organisation des activités sidérurgiques à l'échelle de l'unité de production et du site. Les bas fourneaux à scories piégées et utilisation unique se trouvent le plus souvent en regroupements de plus d'une dizaine d'exemplaires. Ils témoignent de la perdurance d'une activité en un même emplacement, avec une juxtaposition des fourneaux en fonction d'impératifs pratiques. Au sein d'un même atelier les formes et volumes des fours et des scories peuvent être très variables, ce qui indique des conduites d'opérations possiblement différentes.

La réutilisation des fours à scories piégées s'accompagne d'une nouvelle organisation de la production en petites unités. Ils adoptent un même standard morphologique et métrologique à l'échelle de l'unité de production. Des bâtiments, identifiés par leurs trous de poteaux, sont aménagés afin de protéger les aires de travail. Le charbonnage et la préparation du minerai sont généralement effectués sur place. L'association des activités de réduction avec celles de forge est également récurrente et permet d'envisager l'épuration de la masse de métal brute de réduction, voire la mise en forme d'objets. Sur les sites au nord du Mans, dans l'Eure, ou à Meunet-Planches « Les îles » (Indre), les forges sont associées aux activités de réduction. À Guichainville « Saint Laurent » (Eure), elle est implantée dans l'habitat distant d'environ 300 m.

Les bas fourneaux à scorie écoulee fonctionnent au sein d'ateliers très structurés, dont l'aménagement semble résulter d'une planification comme à Houdouard « La Châtaigneraie » (Sarthe – LGV17 - Zaour in Langlois, 2015). Ils peuvent fonctionner de manière isolée ou en batteries. Les fours sont protégés par un bâtiment et les zones de préparation de la matière première et de dépotoirs sont clairement séparées. Pour ces périodes, les activités de forgeage sont absentes des sites de réduction.

### 3.1.3. L'organisation régionale des productions

L'organisation des productions a été appréhendée en analysant, par grandes périodes, d'une part le nombre de sites livrant des indices d'activités de réduction (fig. 3), et d'autre part leur répartition géographique (fig. 4 à 7). Même si cet état des lieux est un reflet direct de l'état de la recherche, il permet de constater des tendances propres aux différentes périodes étudiées.

La période du Hallstatt D - La Tène A est celle qui livre le plus grand nombre de sites (43 inventoriés, dont 27 livrant des bas fourneaux ou des amas de déchets, fig. 4). Ces derniers connaissent une répartition assez lâche sur la zone étudiée et traduisent des échelles de production différenciées. Elle semble ponctuelle dans un grand nombre de cas, notamment dans les habitats livrant des rejets isolés, dans l'Aisne à Tergnier ou à Travecy par exemple, ou sur les sites livrant de très faibles concentrations de déchets de réduction, vers Besançon (travaux

H. Laurent <sup>(4)</sup>) ou encore dans les ateliers identifiés à partir de bas fourneaux isolés comme autour d'Évreux. D'autres sites témoignent d'une activité de plus grande intensité. La cartographie de ces derniers, sélectionnés par la présence de plus de 2 bas fourneaux ou par leur identification à partir d'amas de déchets sidérurgiques, met en évidence des zones de production beaucoup plus resserrées géographiquement (fig. 5). Des concentrations d'ateliers permettent de distinguer des ensembles productifs. La région au nord du Mans a déjà été mentionnée à plusieurs reprises et constitue un ensemble sidérurgique majeur pour cette période. Les ateliers de Meunet-Planches « Les îles » (Indre) traduisent également l'existence d'une production d'ampleur, avec au moins treize secteurs d'ateliers livrant plusieurs bas fourneaux (Dieudonné-Glad, 2017, p. 367). Situés dans une région concentrant un grand nombre d'amas non datés (Dieudonné-Glad, 1991), il est possible qu'ils s'intègrent à un ensemble sidérurgique bien plus important, encore non identifié étant donné la discrétion de ces sites anciens.

Une autre zone de concentration d'importance correspond à la Puisaye – Pays d'Othe. Un atelier a été fouillé aux Clérimois « Les Fouetteries » (Dunikowski et Cabboi, 1995), et des travaux en cours <sup>(5)</sup> permettent d'attribuer des séries d'amas de déchets aux âges du Fer et dont les plus anciens sont datés du Hallstatt D – La Tène A.

Durant La Tène B/C, le nombre de sites inventoriés est comparable à celui de la période précédente (44 sites dont 32 livrant des fours ou d'importants amas de déchets) mais leur dispersion est moindre. La plupart ont tendance à se situer dans les secteurs concernés, dès la période précédente, par une plus forte concentration de la production : dans la région du Mans et en Puisaye-Pays d'Othe (fig. 6). C'est d'ailleurs dans ce dernier secteur que se concentrent la plupart des découvertes de scories de réduction en habitats. Le secteur de Meunet-Planches est dépourvu d'ateliers postérieurs au IV<sup>e</sup> s. av. notre ère, mais rappelons que nombre d'amas restent en attente de datations. Une nouvelle zone de production significative est identifiée en Champagne, à partir de deux grands amas de scories coulées, les recherches en cours <sup>(6)</sup> permettront de mieux déterminer son importance exacte. Les indices d'une production plus ponctuelle sont toujours perçus en Franche-Comté et dans l'Eure (certains de ces sites sont néanmoins datés entre La Tène A et La Tène B / C), mais aussi dans la Vienne.

Une rupture intervient durant les deux derniers siècles de notre ère. On constate alors une diminution de près de 30% du nombre de sites de réduction (24 sites dont 19 correspondent à des zones d'ateliers connues par des fours ou des amas de déchets). Le phénomène de concentration des ateliers, déjà perçu précédemment, s'intensifie au sein de la région Mancelle et du secteur Puisaye-Pays d'Othe (fig. 7). Les indices d'une production ponctuelle sont alors quasiment absents.

#### 3.1.4. L'évolution chronologique des activités de réduction

Le présent bilan met en évidence une évolution continue sur toute la période considérée tant dans la technologie des fours utilisés que dans les modes d'organisation de la production. Une certaine concomitance des différents modes d'organisation est visible, même si la documentation archéologique, et notamment l'imprécision de la méthode de datation radiocarbone, ne permet que difficilement de la caractériser. Il apparaît en effet que l'usage des bas fourneaux à scories piégées à usage unique et multiple a pu être contemporain, comme l'utilisation de ces derniers et des bas fourneaux à scories écoulées. Néanmoins, une tendance générale est visible avec une prépondérance des fours à scories piégées et usage unique pendant le Hallstatt D et La Tène A. On constate par la suite, une tendance tout aussi notable au développement des fours à utilisation multiples ainsi qu'une diminution du nombre de fours à utilisation unique. Enfin, un remplacement complet des deux derniers types de fours par ceux à scorie écoulee se met en place à la conquête romaine.

Changement de technologie n'est pas forcément synonyme d'amélioration technique, cette dernière se devant d'être appréhendée à partir d'une approche multicritère prenant en compte le rendement, mais aussi des critères sociaux et culturels dont nous ne disposons pas forcément. L'efficacité de la conduite de l'opération de réduction est déterminée notamment à partir de l'étude archéométrique des déchets, mais il s'agit de données rarement disponibles pour les sites pris en compte.

Une première approche a néanmoins été tentée en prenant en compte une information facilement accessible et qui peut être indirectement corrélée au volume de la charge (ce volume dépendant également directement de la durée de la réduction). La figure 8 présente les dimensions des cuves des bas fourneaux, tous types confondus, par période. Un accroissement est nettement perceptible au cours du temps, et peut probablement être corrélé avec une augmentation des capacités de production. Cette conclusion paraît d'autant plus crédible qu'elle s'accompagne également d'une normalisation des bas fourneaux et d'une structuration accrue des espaces de travail, indiquant une rationalisation croissante de l'activité de réduction.

Durant le Hallstatt D - La Tène A, les ateliers plus nombreux peuvent être classés en fonction de niveaux d'intensité de production très variables. Leurs caractéristiques sont proches des activités documentées par l'ethnographie (Robion-Brunner *et al.*, 2013), s'échelonnant de la production saisonnière, pratiquée par des fermiers-sidérurgistes afin de répondre à des demandes ponctuelles, jusqu'aux productions d'ampleur destinées à alimenter des marchés à moyenne ou longue distance. Plusieurs ensembles de production majeurs sont identifiés pour cette période (fig. 4) : en région Mancelle, en Puisaye et dans la région de Meunet-Planches (Indre).

Les ateliers de Meunet-Planches sont les seuls à se localiser dans la sphère territoriale d'une résidence aristocratique (fig. 5), pôle de productions artisanales et d'échanges, celle de Bourges, dont le rayon d'influence est estimé à une cinquantaine de kilomètres (Milcent, 2007, p. 266-267). Une situation comparable pourrait être reconnue pour les sites de Velaine-en-Haye « Zac des Herbues » et Gondreville « Au Loup » (Leroy et Cabboï, 2019, p. 42-47), localisés non loin de la résidence de Messein (Meurthe-et-Moselle). Cependant, la faible quantité de déchets de réduction retrouvés ne permet pas de préciser leur importance. Ces sites restent néanmoins isolés alors que la région fait l'objet de recherches intensives sur la métallurgie du fer depuis plusieurs décennies et que la minette lorraine, minerai local très abondant, ne semble pas exploitée avant le haut Moyen âge (Leroy et Cabboï, 2019).

Les ateliers de la région du Mans, se situent bien à l'écart des limites du complexe nord-alpin des VI<sup>e</sup>-V<sup>e</sup> s. av. notre ère où s'exprime, de manière ostentatoire, une certaine centralisation du pouvoir au sein de chefferies complexes. La Puisaye est également en marge de ce phénomène, mais non loin de tombes aristocratiques livrant des importations méditerranéennes.

Il ne faut néanmoins pas forcément envisager un contrôle direct des élites sur les ateliers de réduction situés quasi majoritairement à l'écart des habitats princiers de ces périodes. La puissance des princes ne tient pas forcément à la possession directe de biens rares mais « bien plus à leur capacité à organiser des réseaux d'échange fructueux » (Demoule, 1999).

La disparition des résidences princières et la réorganisation sociétale en chefferies simples ne semble pas avoir conduit à une réorganisation, perceptible archéologiquement, des conditions de production du métal brut. Des séries d'ateliers de réduction perdurent et se développent dans les mêmes secteurs du Mans et du Pays d'Othe-Puisaye, indiquant le maintien des anciens réseaux d'échanges. Les techniques de réduction restent basées sur l'usage de bas fourneaux, éventuellement réutilisables, dont la scorie s'évacue dans une fosse aménagée sous le four, ce qui traduit une claire continuité technique avec la période précédente. Néanmoins, les petites productions sporadiques diminuent, voire disparaissent, comme en Lorraine ou dans l'Aisne.

C'est dans le courant de La Tène D qu'interviennent des changements majeurs. Les activités de réduction semblent alors rassemblées au sein de centres adoptant une nouvelle technique de réduction. Celle-ci permet l'augmentation des capacités de production et, grâce à l'évacuation de la scorie hors de la cuve, un accroissement des durées d'opérations. Parallèlement, les unités de travail présentent une structuration et une normalisation accrue, alors que les indices d'une production ponctuelle sont rares voire absents.

La concentration de l'activité de réduction implique une régularité et une sécurisation tant des flux d'approvisionnement (bois, argile, eau, minerai) que des débouchés, dont les garants n'ont pu être, dans le contexte inégalitaire de la fin de l'âge du Fer, que les élites aristocratiques, voire les cités gauloises. La pérennité des centres sidérurgiques majeurs depuis les périodes d'apparition de la métallurgie est un fait notable, qui dépasse les possibilités d'un simple accaparement individuel de la production.

Comme sur toute la durée des âges du Fer, les ateliers de réduction se situent systématiquement hors des zones d'habitat groupé pour des raisons évidentes de gestion de déchets et d'approvisionnement en matière première. Dans les zones où le fer brut est produit à grande échelle, on constate parallèlement une tendance au regroupement du métal brut au sein de grandes agglomérations jouant le rôle de centres de redistribution (Bauvais et Fluzin, 2014 ; Berranger, 2014, p. 206-207 ; Berranger et Fluzin, 2012 ; Bauvais, 2007, p. 531-533).

### 3.2. La forge du métal brut à l'objet

Ces 30 dernières années, la recherche sur les activités de forge a connu des avancées majeures. Jusqu'à la fin des années 80, les déchets typiques des activités de forge (les scories en culot) n'étaient pas encore interprétés et l'identification de la post-réduction était impossible. Depuis, des programmes d'étude systématique de certains secteurs géographiques et la multiplication des découvertes d'archéologie préventive ont permis de dresser une carte des espaces de production et de renouveler l'image de cette activité dans les périodes anciennes (Berranger, 2014 ; Bauvais, 2007 ; Orenge, 2003 ; Leroy, 1997 ; Serneels, 1993).

Aujourd'hui, l'inventaire et les études pluridisciplinaires des sites de post-réduction datant de l'âge du Fer dans le nord de la France sont, dans le cadre de la chaîne opératoire du fer, peut-être les plus aboutis, ou du moins, les plus développés. Ils permettent à présent d'appréhender ces activités sur une large portion du nord de la France en termes de répartition spatiale, d'organisation des productions, de savoir-faire et d'échelle de production, dans une perspective diachronique, du Hallstatt D à la conquête romaine.

#### 3.2.1. La localisation des activités

Contrairement aux activités de réduction du minerai de fer, on est en droit de s'attendre à ce que l'activité de transformation du métal en objet présente une répartition plus large et plus homogène. En effet, cette activité n'est plus sujette à des impératifs environnementaux mais intègre des réseaux d'échange de la matière première sous la forme de demi-produits (Berranger, 2014 ; Bauvais et Fluzin, 2006 ; Bauvais, 2007).

Toutefois, au Hallstatt D / La Tène A, un effet très étonnant de symétrie est visible entre les activités de réduction et les activités de forge (fig. 9). La réduction, comme nous l'avons fait remarquer précédemment, se localise en bordure ouest de l'espace nord-alpin et dans les régions périphériques de l'ouest. Or les activités de forge sont davantage présentes dans l'espace nord-alpin. Ce constat, même si la connaissance et le nombre global de sites d'habitats dans l'ouest fait défaut par rapport aux sites du Bassin parisien ou de l'est de la France, repose tout de même sur une réalité factuelle qu'il est encore complexe d'interpréter.

Cette sensation de particularisme du Hallstatt D - La Tène A est renforcée par le fait que jusqu'à l'époque romaine et même ensuite, la répartition des sites de forge semble s'uniformiser à l'échelle du nord de la France (fig. 10 et 11). Cet état de fait semble retranscrire une forme d'organisation particulière de la production du fer dans les premiers temps de son essor, organisation qu'il faudra interroger par la suite.

Tout au long de l'âge du Fer, les activités de forge se localisent dans les sites les plus opulents, ceux qui livrent les indices de richesse et de rang sociaux élevés.

Pour le Hallstatt D et La Tène A (43 sites), les activités de forge se localisent au sein des sites possédant une architecture monumentale tels que les habitats de hauteur fortifiés, les candidats à ce qui est couramment appelé les résidences princières, mais aussi les autres sites recelant des importations méditerranéennes, montrant leur place privilégiée dans un réseau d'échange et de relation politico-commercial régional, voire continental (fig. 9). C'est également le cas des agglomérations qui se développent aux pieds des pôles princiers (Bourges par exemple – Filippini, 2015) et parfois en fond de vallée, le long d'axes de communication et de commerce importants (Bragny-sur-Saône – Flouest, 1995 ; Modarressi-Tehrani, 2009 ; Talant – Labeaune, 2014 ; Labeaune *et al.*, 2017). Enfin, les activités de forge se localisent également dans de riches installations agricoles livrant de larges espaces de stockage de denrées céréalières (concentration de silos).

À La Tène B/C, les activités de forge se diffusent davantage (fig. 10 – 91 sites). Toutefois, elles se localisent toujours au sein des sites les plus riches. Il s'agit principalement des agglomérations ouvertes qui commencent, dès La Tène C1, à centraliser une grande partie des productions artisanales. De façon non-exhaustive, il est possible de citer Levroux (Indre – Berranger et Fluzin, 2009), Verdun-sur-le-Doubs (Saône-et-Loire – Barral et Lallemand, 2014), Bayonvilliers (Somme – Prodeo, 2000), Montmartin (Somme – Brunaux et Méniel, 1997), ou Bobigny (Seine-Saint-Denis – Bauvais Disser *et al.*, 2018 ; Bauvais, 2007). En parallèle, certaines fermes semblent se spécialiser elles aussi dans des activités allant au-delà des activités agropastorales. Au sein de ces fermes, que l'on peut qualifier « d'artisanales », des ateliers de forge se développent aux côtés d'autres productions (Bauvais, 2007). Ces sites révèlent également une certaine opulence, ils sont enclos et présentent généralement des indices d'architecture monumentale (larges fossés, portes monumentales, bâtiments imposants). Il s'agit, pour exemples, des sites de Croixrault l'Aérodrome » (Oise – Bauvais *et al.*, 2007), de Dourges « Les Marais de Dourges » (Nord-Pas-de-Calais – Blancquaert, 2013 ; Bauvais, 2007), de Glisy « Terres de ville » (Somme – Gaudefroy, 2011 ; Bauvais, 2007), de Ronchères « Le Bois de la Forge » (Aisne – Malrain *et al.*, 2010) ou de Varennes-sur-Seine « Marais des Colombiers » (Seine-et-Marne – Séguier *et al.*, 2008). Toutefois, d'autres sites, en apparence moins riches, commencent à livrer des indices, encore faibles, d'activités de forge.

Enfin, à La Tène D1 (fig. 11), les activités de forge deviennent omniprésentes mais le développement des *Oppida* marque une rupture dans la répartition régionale des productions (116 sites). Ils concentrent et partagent une très forte partie des productions avec certaines agglomérations ouvertes. Les fermes les plus riches restent productrices mais l'ensemble des fermes livre alors des activités de forge, même ténues.

Afin de mieux comprendre cette répartition particulière des activités au sein des différentes formes d'habitat à chacune des périodes de l'âge du Fer, il est important d'introduire une réflexion sur les savoir-faire, les échelles de production et l'organisation intra-site des activités.

### 3.2.2. L'organisation des productions à l'échelle intra-site

Les ateliers de forge et leur organisation varient beaucoup tout au long de l'âge du Fer, en parallèle avec l'évolution des formes d'organisation socio-politiques et bien sûr suivant les régions.

Il est globalement possible de décrire quatre grands contextes de découvertes des activités de forge :

- des rejets en fosse ou en fossé, sans indices directs de la localisation de l'activité. C'est le cas de figure le plus courant ;
- un ensemble de rejets en fosse ou fossés associés à un foyer de forge, sans superstructures, isolé ;
- des rejets en fosse et fossé associés à un atelier de forge bien délimité dans un bâtiment ;
- un ensemble de déchets et bâtiments regroupés en quartier artisanal.

Le premier cas de figure est le plus délicat à interpréter. Il peut s'agir d'activités momentanées ayant eu lieu sur le site et n'ayant laissé que quelques restes scoriacés rejetés après la production. L'activité a également pu avoir lieu à quelque distance, voire hors emprise de l'espace fouillé. Enfin, ces restes peuvent être les seuls éléments encore décelables d'un site dont le sol a été fortement érodé par les activités agricoles postérieures. Sur ce point, le degré de fragmentation des scories est un argument de poids, ainsi que la composition des assemblages. Les restes mobiliers illustrent-ils un rejet de mobilier complet, représentant l'ensemble des déchets produits, y compris ceux les plus fragiles et microscopiques, ou représentent-ils une sélection des éléments les plus pondéreux ? Pour exemple, la ferme de « La Zac du Mont-Blanc » à Savigny-le-Temple (Seine-et-Marne – Bauvais, 2007), datée de La Tène D2, a livré 7,8 kg de scorie dont 21 culots, sur une portion de fossé d'une quinzaine de mètres et dans un même niveau de rejet. Le taux de fragmentation est très bas et l'ensemble des éléments est préservé. De plus, l'étude des déchets métalliques et scoriacés montre une grande maîtrise des procédés. Cette configuration est caractéristique d'une activité s'étant déroulée sur une durée courte, dont les déchets engendrés ont été rejetés rapidement, et en une unique phase. Il semble ainsi que l'activité de forge ayant eu lieu sur ce site soit l'œuvre d'un artisan compétent et expérimenté, ayant séjourné au sein du site pour une durée courte, certainement le temps d'une commande.

Le deuxième cas, comportant un foyer de forge sans superstructure révèle une activité non pérenne, dont l'emplacement n'est pas destiné à être conservé. Il s'agit donc d'une activité momentanée. Pour les deux autres cas de figure, il s'agit de véritables ateliers de forge ou de quartier artisanaux spécialisés, marqueurs de la présence d'artisans à demeure.

Contrairement aux activités de réduction, les structures de combustion en lien avec des activités de forge ne présentent pas une évolution typo-chronologique. En effet, la variété des formes de spécialisation des productions, de leurs intensités mais aussi des pratiques culturelles et des savoir-faire font qu'au sein d'une même région, à une même période, les foyers de forge peuvent fortement varier. À Talant, au Hallstatt D, au sein d'un même bâtiment, deux foyers de forge différents sont présents, l'un formé d'une simple sole et l'autre d'une sole aménagée et d'un petit muret. Toutefois, dans un autre bâtiment, un troisième foyer comporte également une sole aménagée et un muret (fig. 12.a). La présence de deux foyers au sein d'un atelier est toutefois assez courante comme à Ronchères « Le Bois de la Forge » (Aisne – Malrain *et al.*, 2010) (fig. 12.c). C'est également le cas à Palaiseau « Les Trois mares » (Essonne), où deux foyers sont présents dans un même bâtiment (Bauvais dans Giorgi, 2016) (fig. 12.b). Ces deux foyers sont d'un type très particulier et démontrent à quel point l'innovation et les particularités locales sont encore importantes au début de La Tène finale. Autant les foyers de Ronchères et de Palaiseau sont des foyers polyvalents, dans lesquels toutes les activités de forge peuvent

avoir lieu, autant les petits foyers de la porte de l'*Oppidum* de Vernon (Eure) sont très spécialisés dans le travail de très petits objets (Bauvais, 2007)

En ce qui concerne les ateliers et leur organisation, des récurrences peuvent être mises en évidence, tant dans leur localisation au sein des habitats que dans leur structuration interne. À ce sujet, depuis la découverte de l'atelier de forge de Sévaz-Tudinges (Suisse – Mauvilly *et al.*, 1998, 2007), des ateliers de forge semi-enterrés sont découverts fréquemment dans le nord de la France pour des datations du Hallstatt D et de La Tène ancienne. Toutefois, il semble y avoir là un mélange entre deux phénomènes importants : la présence réelle de ce type d'atelier en fosse et la présence très récurrente de rejets de matériaux pondéreux de forge dans le comblement des silos, au sein des grands ensembles de stockage de La Tène A.

A La Tène finale, les activités de forge dans les *Oppida* répondent également à une forte standardisation. En effet, certaines récurrences sont visibles dans la localisation des ateliers le long des axes de communication et particulièrement aux alentours des portes de fortification. C'est le cas à la porte du Rebut à Bibracte (Nièvre - Duval *et al.*, 2014) et à Vernon (Eure – Bauvais, 2007 ; Bauvais et Fluzin, 2014) mais cela est également pressenti à Villeneuve-Saint-Germain (Aisne – Bauvais, 2007 ; Bauvais et Fluzin, 2014). Ce phénomène est également mis en évidence jusqu'en Bohême à Zavist, Hrazany et Stradonice (Drda et Rybova, 1997).

C'est également à La Tène finale que l'on voit apparaître les formes d'organisation les plus complexes au sein de quartiers artisanaux en *Oppidum* ou en agglomération ouverte. Cette fois, c'est l'interdépendance fonctionnelle entre les ateliers d'un même site qui est mise en évidence. Le fait qu'à Villeneuve-Saint-Germain, Condé-sur-Suippe, Bibracte et Varennes-sur-Seine, certains ateliers acquièrent des masses brutes alors que d'autres travaillent un métal bien épuré implique que les premiers fournissent aux seconds au moins une part de leur matière première (fig. 13) (Bauvais et Fluzin, 2014 ; Bauvais, 2014 ; Berranger, 2014 ; Berranger et Fluzin, 2012 ; Bauvais, 2007, 2000).

### 3.2.3. Les savoir-faire

L'étude des savoir-faire est un point crucial dans l'interprétation des activités de forge ayant lieu dans un site et dans l'interprétation de l'organisation régionale d'une production de forge.

Dès le Hallstatt D il est possible de mettre en évidence qu'une grande majorité des techniques de forge sont connues et employées. Le travail d'épuration des masses brutes de taille importante est couramment pratiqué, en attestent les dépôts de demi-produits bipyramidés (Berranger *et al.*, 2019 ; Berranger Zaour *et al.*, 2017). Sur le site de Weyersheim « Les Hauts de la Zorn » (Bas-Rhin – Michler *et al.*, 2018) au Hallstatt D – La Tène A par exemple, le travail des aciers est couramment pratiqué, ainsi que les soudures complexes et le corroyage du métal (fig. 14). La trempe des lames et des outils est également proposée dès La Tène A à Bourges, comme la cémentation (Filippini, 2015). Ce constat de grande maîtrise précoce des procédés de forge est en soi très intéressant, d'autant que pour la fin du premier et le début du second âge du Fer, seuls des objets de grande qualité sont en circulation. Cela semble indiquer qu'aux premiers temps du développement de la métallurgie du fer dans le nord de la France, seuls des artisans spécialisés et très compétents se partagent les productions. Ainsi, ce n'est que lorsque les pratiques de forge se diffusent dans la société que l'on voit des productions de moindre qualité, réalisées par des individus qui maîtrisent une gamme de savoir-faire plus limitée.

L'évolution des savoir-faire passe également par le perfectionnement fonctionnel des objets, par la complexité des chaînes-opératoires et des enchaînements de processus techniques. Cette évolution des savoir-faire est alors particulièrement visible dans la typologie des objets produits au cours de l'âge du Fer. Les premiers objets en circulation en France aux X<sup>e</sup>-IX<sup>e</sup> s. av. notre ère ne résultent pas d'une technicité très développée. Il s'agit d'épaisse tôles martelées (pointes

de flèches de type Le Bourget), de petits rivets intégrés à des objets en alliage cuivreux ou des décors incrustés (épée de Vierzon – Cordier et Bourhis, 1996). Pour cette période, les éléments en fer semblent produits par les artisans bronziers, avec des techniques issues de la métallurgie des alliages cuivreux. Par la suite, la qualité et la complexité des objets en fer augmentent, notamment celles des épées à partir du Hallstatt B2/3 et durant la période de Gündlingen (Hallstatt C ancien). Une plus large panoplie d'objets apparaît dans les tombes avec essentiellement une association entre l'épée et le couteau mais aussi avec le char équipé d'éléments en fer tels que les bandages de roues, les appliques décoratives et les clavettes (Brun *et al.*, 2009). Au Hallstatt D, les savoir-faire se perfectionnent et les pièces métalliques gagnent en qualité. Cette évolution est très bien illustrée par celle des bandages de roues. Les premiers se composent d'une tôle de fer épaisse sur laquelle sont fixés de très gros clous placés en continu sur la surface du bandage, de sorte que le char circulait sur la tête des clous comme pour ceux de Marainville-sur-Madon (Vosges – Bargain *et al.*, 1993). Entre le Hallstatt C et La Tène A, le nombre et la taille des clous diminuent régulièrement jusqu'à aboutir à la technique, connue encore aujourd'hui, de réalisation d'un cerclage par rétractation thermique sans clou à La Tène finale, c'est le cas pour les bandages des tombes de Boé (Lot-et-Garonne – Schönfelder, 2000) et de Warq (Ardennes – Millet *et al.*, 2019). Cette évolution et le perfectionnement des pièces métalliques sont aussi particulièrement visibles dans les successions typologiques des chaînes de suspension des fourreaux d'épée entre le V<sup>e</sup> et le II<sup>e</sup> s. av. notre ère (Rapin, 1996, 1991).

Au cours de La Tène A, la production de tôle fine est également un élément marquant de l'évolution des techniques vers une plus grande diffusion des procédés complexes (Labeaune *et al.*, 2017 ; Filippini, 2015). Ces tôles se retrouvent principalement dans les éléments de décoration de chars et dans certains fourreaux de poignards dès le Hallstatt D1 (Dhennequin, 2005 ; Chaume et Rapin, 1999 ; Sievers, 1982). L'emploi de la tôle dans l'armement voit son apogée à La Tène moyenne et finale avec la systématisation de ces fourreaux et les décors dont ils sont recouverts. C'est en effet un autre aspect important du développement des savoir-faire des forgerons gaulois dans un contexte d'innovation artistique et de création de nouveaux styles décoratifs (Lejars, 2015). Les décors complexes, initialement possibles pour les métaux non ferreux grâce à la coulée, sont reproduits, à la forge, sur des objets en fer (fibules de Conflans – Kruta, 1975 ; couteau au manche anthropomorphe de Tonnerre – Malrain et Pinard, 2006). La production de tels décors sur les objets en fer est une prouesse remarquable et implique une spécialisation forte d'une partie des artisans aux IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> s. av. notre ère (Buchsenschutz *et al.*, 2012).

Enfin, les fantastiques objets polymétalliques des tombes les plus riches de La Tène, notamment à Lavau (Aube – Dubuis, 2018), montrent également à quel niveau de maîtrise certains artisans peuvent arriver, très tôt, dans des productions destinées aux élites (cf. le couteau et son fourreau en fer, cuir, étain et alliage cuivreux et le couvre-chef d'apparat en fer, corail, argent et or de la tombe de Lavau).

#### 3.2.4. Les échelles de production

L'évolution des productions d'objets en fer de l'âge du Fer n'est pas seulement qualitative. L'échelle des productions change également de façon très prononcée entre le Hallstatt D et La Tène D.

Bien sûr, certains ateliers hors-normes existent dès le Hallstatt D - La Tène A, comme sur le site de Bragny-sur-Saône, qui livre plus de 1000 kg de scories de forge (Flouest, 2007), masse qui resterait même exceptionnelle pour la fin de La Tène. Mais de manière générale, pour ces périodes anciennes, la norme est à la sobriété. Les sites considérés comme spécialisés dans l'artisanat et la transformation du métal, en particulier au cours de La Tène A, n'ont pas livré plus de 96 kg à La Celle-sur-Loire (Orengo *et al.*, 2000), 67 kg à Weyersheim (Michler *et al.*,

2018) et 14 kg à Bourges, tous secteurs confondus (Filippini, 2015 ; Milcent, 2007). Dans les sites ayant livré moins de déchets mais dans lesquels des activités de forge semblent s'être déroulées à demeure, la masse de scories varie entre 1 et 5 kg (Tab. I). D'autres ne livrent que quelques grammes de déchets et correspondent au premier type de contexte de découverte décrit précédemment (cf. § 3.2.2. L'organisation des productions à l'échelle intra-site) et peuvent représenter de petites activités momentanées. Bien sûr, ces quantités sont conditionnées par l'ampleur des fouilles réalisées et par l'état de conservation des sites, mais ils apportent toutefois un critère objectif de comparaison entre périodes. Pour le Hallstatt D et de La Tène A, il est également important de noter les faibles quantités de déchets de production retrouvées au sein des candidats au titre de résidence princière. En effet, si l'on exclut les bourgades artisanales qui se développent autour des acropoles, les traces d'activité au sein de ces dernières semblent davantage à interpréter comme des activités de forge momentanées, répondant à des commandes destinées aux élites.

Jusqu'à La Tène C, les échelles de production ne semblent pas énormément changer au sein des sites d'élaboration d'objets en fer. Comme pour le Hallstatt D et La Tène A, la masse de déchets retrouvée se fixe le plus souvent aux alentours de 1 à 5 kg, mais le nombre de sites qui en livrent augmente (118 pour La Tène B/C contre 47 pour le Hallstatt D et La Tène A). Le développement des fermes à vocation artisanale et des agglomérations ouvertes s'accompagne d'un fort accroissement de l'intensité de la production. Les fermes comme Ronchères « Le Bois de la Forge » (Aisne – Malrain *et al.*, 2010) ou Croixrault « L'Aérodrome » (Bauvais *et al.*, 2007) commencent à livrer des quantités supérieures de déchets de production de forge. Ce sont néanmoins les agglomérations ouvertes qui traduisent une réelle différence quantitative avec les périodes antérieures. Bobigny (Seine-Saint-Denis – Bauvais Disser *et al.*, 2018 ; Bauvais, 2007), entre La Tène C et D1a livre une soixantaine de kilogrammes de scorie de forge dans un contexte d'habitat dense, s'étendant sur une superficie réduite de 13000 m<sup>2</sup>. A Levroux (Indre – Berranger et Fluzin, 2009) en revanche, la quantité est extraordinairement plus élevée. 1,5 t. de scories ont ainsi été mises au jour sur une superficie de 30000 m<sup>2</sup> et une durée d'occupation d'un siècle circonscrite entre le début du II<sup>e</sup> et le début du I<sup>er</sup> s. av. notre ère.

L'avènement des *Oppida* et de leurs quartiers artisanaux marque une nouvelle accélération dans les volumes de productions. Les activités de forge y sont systématiques et la quantité de déchets devient remarquable : plus de 50 kg proviennent de Condé-sur-Suipe (Bauvais et Fluzin, 2014 ; Bauvais, 2014, 2007, 2000) pour une superficie fouillée de 2,1 hectares, et plus d'une tonne provient des quelques milliers de mètres carrés fouillés à Bibracte, alors même que les prélèvements de déchets n'ont pas été exhaustifs, surtout lors des fouilles anciennes (Berranger, 2014).

#### 4. Les formes d'organisation des productions

Ce n'est que récemment que l'étude des pratiques métallurgiques s'est développée sous l'angle de l'analyse de la structure de ses modes d'organisation. En effet, pendant longtemps la métallurgie était considérée, intrinsèquement, comme un artisanat spécialisé. Les travaux récents, centrés sur la hiérarchisation des activités de forgeage, mettent en évidence l'existence d'une large gamme de savoir-faire et ont également montré tout l'intérêt des apports de l'adoption d'une grille de lecture structurée (Bauvais Disser *et al.*, 2018 ; Dubreucq, 2013 ; Berranger, 2014 ; Bauvais, 2007).

Nous nous sommes appuyés sur les travaux menés par plusieurs chercheurs (Costin, 1991 ; Roux, 2000 ; Brun *et al.*, 2006) afin d'analyser les formes de structuration et d'organisation de la production métallurgique. En se basant sur les résultats de ces différents travaux, qui se recoupent partiellement, il est ainsi possible de préciser certains critères davantage étudiés par les uns ou les autres. Cette analyse a été tentée en prenant en compte l'ensemble de la chaîne

opératoire, à savoir la réduction et la post-réduction afin de mieux mettre en évidence la structure de ces activités et le contexte de leur développement en fonction des catégories proposées par C. Costin (Costin, 1991) (fig. 15).

#### 4.1. Les critères de description

##### 4.1.1. L'unité de production

Le premier critère retenu concerne les modes de constitution de l'unité de production, distingués en fonction de trois catégories, et repose sur l'analyse spatiale et les volumes de production. La production de la maisonnée est réalisée par une personne seule ou aidée de ses enfants ; l'atelier implique une personne entourée d'apprentis ou collaborateurs ; la manufacture intègre au moins une dizaine de travailleurs (Brun *et al.*, 2006).

En réduction, plusieurs modes de production semblent exister durant les périodes du Hallstatt D à La Tène B/C. Bien que l'activité pratiquée dans une sphère limitée à la maisonnée paraisse peu favorable étant donné les nécessités d'accès à des volumes importants de matières premières différentes (argile, charbon, minerai) et la technicité requise, l'association entre déchets de réduction et occupations domestiques est parfois constatée. Cependant cette proximité pourrait plus probablement témoigner du voisinage dans l'implantation des aires de vie et de petites unités de production. On constate également de manière récurrente l'existence de fours isolés, pour lesquels la notion d'ateliers ne peut être exclue. Ils auraient pu être mis en œuvre par des artisans, peut être itinérants, officiant au sein d'une sphère villageoise plutôt que seulement familiale. Parallèlement, des ateliers pérennes sont bien documentés durant le Hallstatt D – La Tène A, à partir de regroupements de séries de fours et dès La Tène B/C autour d'ensembles structurés de batteries de four. Durant La Tène D la production apparaît uniquement réalisée au sein de centres que l'on peut clairement qualifier d'ateliers voire de manufactures. Cette concentration de l'unité productive s'accompagne d'une structuration renforcée ainsi que de très forts volumes de production.

En forge, cette évolution est plus nuancée et il est nécessaire de présenter des tendances et des proportions entre les modes de constitution des unités de production. Au Hallstatt D - La Tène A, il semblerait que de rares cas permettent d'attester de véritables manufactures, à Bragny-sur-Saône notamment. À Bourges, Lyon et dans les autres complexes artisanaux se développant au pied des résidences aristocratiques hallstattiennes, il n'est pas toujours simple de différencier une juxtaposition d'ateliers et une manufacture. Il en est de même pour les sites de La Celle-sur-Loire et de Sévaz. Pour ce qui est des autres activités retrouvées dans les habitats ruraux et les petites bourgades comme Talant, dont l'activité se développe à demeure (excluant les interventions d'artisans pour une commande momentanée), la petite production à l'échelle familiale semble exclue. En effet, la faible diffusion du matériau dans la société et la grande technicité nécessaire ne sont pas compatibles avec la pratique d'individus isolés, aux productions restreintes. Ce cas de figure est en revanche davantage envisageable dès lors que le métal est consommé pour les activités agricoles et toutes celles de la vie quotidienne. Ainsi, les sites de La Tène C, en contexte rural de ferme, semblent pouvoir se placer davantage dans un contexte de production familiale. En revanche, les agglomérations ouvertes, ainsi que les fermes aux productions artisanales importantes qui se développent durant cette même période perpétuent l'organisation en ateliers des principales agglomérations de la période précédente. Enfin, ces grandes concentrations d'ateliers perdurent avec l'avènement des *Oppida* à La Tène D sans que l'on puisse pour autant parler de véritables manufactures. En effet, pour les secteurs ayant livré une organisation restituable, il semblerait davantage qu'il s'agisse de quartiers artisanaux constitués d'une juxtaposition d'ateliers indépendants. Seul un site comme Varennes-sur-Seine pourrait être un candidat à ce mode de constitution d'unité de production (Bauvais Cabboi *et al.*, 2018 ; Dunikowski *et al.*, 2007). En effet, sur ce site, c'est plus d'1

tonne de scorie qui a été récoltée sur une surface d'1,5 hectare et une durée d'occupation d'une quarantaine d'années. L'espace décapé montre une structuration en rues et une division spatiale des activités. De plus, le site semble faire converger dans ses forges les masses brutes produites dans le secteur avoisinant (Le Sénonais). À cette même période, la consommation du fer est telle que de nombreuses fermes se dotent d'une unité de production ou d'entretien des objets en fer à une échelle familiale.

#### 4.1.2. Le niveau de technicité

En ce qui concerne le niveau de technicité, nous avons souhaité reprendre les critères définis par V. Roux (Roux, 2000) reposant sur deux notions essentielles dans l'étude des techniques : le temps investi dans l'apprentissage et la périodicité nécessaire à la pratique de son art pour ne pas perdre son savoir. Il est ainsi schématiquement possible de distinguer des techniques simples, qui ne demandent qu'un temps d'apprentissage réduit et peu de pratiques. Celles, complexes, qui nécessitent un apprentissage spécifique et se suffisent d'une pratique irrégulière. Et enfin, celles d'experts, qui, en plus d'un temps d'apprentissage long, requièrent une pratique régulière pour ne pas perdre les acquis.

En réduction, appréhender le niveau de technicité ne peut reposer que sur des sources indirectes, étant donné la quasi-absence de masses brutes connues pour ces périodes. Ce critère est donc documenté essentiellement à partir de l'architecture des bas fourneaux qui, nous l'avons vu, connaissent une claire évolution chronologique.

Durant le Hallstatt D - La Tène A, malgré des modes d'organisation distincts, d'une part en concentrations d'ateliers et d'autre part à partir de fours isolés, l'usage unique des fours et le faible degré de standardisation dont témoignent les déchets retrouvés sont autant d'indices n'indiquant pas une reproductibilité des conditions de réduction. Il est probable que leur fonctionnement ne nécessitait que peu de pratique. Il faut néanmoins souligner que la réduction nécessite d'acquérir une expérience certaine afin de produire du métal. Les expérimentations réalisées de nos jours montrent clairement que ne s'improvise par artisan réducteur qui veut. Durant La Tène B/C, l'utilisation de fours standardisés et réutilisables, organisés en unités structurées, permet de qualifier un niveau de technicité supérieur se rattachant au moins à la catégorie des savoir-faire complexes. Pour La Tène D, le changement de technique de réduction et surtout l'accroissement de la taille des fours induisent une complexité accrue dans l'utilisation de ces derniers, permettant de qualifier d'expertes certaines de ces productions.

En forge, ce niveau de technicité est plus facilement abordable, ne serait-ce qu'à travers les objets en circulation. En effet, au Hallstatt D - La Tène A, les objets produits sont réalisés majoritairement pour des élites et pour des destinations fonctionnelles spécifiques comme la guerre, la parure et la vie quotidienne des privilégiés (toilette, cuisine...). Il s'agit d'objets généralement de forme plutôt complexe et investis de décors. Pour les outils artisanaux, plus que l'investissement dans l'esthétique, c'est l'investissement dans la fonctionnalité et la qualité du matériau qui est recherché. Ainsi, peu, voire aucun objet de qualité technique réduite n'est en circulation à cette période. Une grande majorité peut être qualifiée d'objets produits par un artisan maîtrisant des techniques complexes, et certains objets exceptionnels peuvent être qualifiés de travail d'experts.

C'est la plus grande diffusion des objets en fer dans la société qui engendre une production moins investie en temps et en savoir-faire. La généralisation de la consommation des ferrures, des agrafes et des clous dans toutes les habitations à La Tène D en est un excellent exemple. De plus, la généralisation du fer fait basculer la proportion d'objets entre fonction non-utilitaire et utilitaire. En effet, le fer est de plus en plus utilisé pour la fabrication d'outils et de moins en moins pour celle de parures ou d'ustensiles. Ainsi, la part de la réfection des outils en raison de

l'usure engendrée par leur utilisation prend de plus en plus d'importance dans les activités de forge. Cette dernière ne réclame que peu d'apprentissage et peu de régularité dans les pratiques.

Pour ce qui est des productions non-utilitaires de parure et de certaines pièces d'armements de l'élite fortement investie stylistiquement, le caractère d'expertise technique est très visible. De plus, que ce soit les fibules à timbale au Hallstatt D - La Tène A (Carrara *et al.*, 2013) ou les fourreaux d'épée de La Tène B/C le partage de caractères stylistiques sur de larges étendues de territoire implique également l'appartenance à des réseaux d'artisans travaillant pour une minorité d'oligarques et potentats guerriers.

#### 4.1.3. L'intensité de la production

Un troisième critère à prendre en compte est ce que C. Costin appelle « l'intensité » de la production et qui se rapporte au temps consacré par les artisans à leur tâche par rapport à d'autres activités, notamment vivrières. Il recouvre ainsi les notions de périodicité et de niveau de dépendance vivrière présentés par P. Brun (Brun *et al.*, 2006). Une subdivision en trois classes peut être proposée. Une activité de faible intensité relève ainsi d'opportunités d'approvisionnement ou de besoins imprévus, alors que l'artisan produit la majorité de ses ressources alimentaires. Une activité d'intensité moyenne s'inscrit dans une régularité cyclique et induit un approvisionnement en denrées artisanales ou alimentaires majoritairement externes. L'intensité élevée relève d'une activité exercée presque quotidiennement, ce qui implique une dépendance totale de l'artisan auprès d'approvisionnements extérieurs.

En réduction on constate un accroissement progressif de l'intensité de la production, dont témoignent tant les caractéristiques des bas fourneaux et des ateliers, que les quantités croissantes d'objets en fer en circulation. Les périodes les plus anciennes sont caractérisées par une plus grande diversité des formes d'intensité. Ainsi pour le Hallstatt D - La Tène A, et La Tène B/C, les bas fourneaux isolés illustrent une production de faible importance possiblement menée sur l'ensemble de la zone prise en compte. Le regroupement de séries de fours au sein des ateliers du Hallstatt D - La Tène A et le caractère réutilisable des fours de La Tène B/C, permettent de qualifier en parallèle l'existence d'une production d'intensité moyenne, éventuellement de caractère saisonnier. Durant La Tène D, les très gros volumes de production constatés tant à partir des volumes de déchets que sur la base d'un accroissement de la taille des fours de réduction témoignent de travaux d'intensité élevée. Ces productions intensives se resserrent géographiquement au sein d'un nombre limité de centres de production, essentiellement en région Mancelle, en Puisaye et dans le Pays d'Othe.

En forge, comme pour les autres critères caractérisant les formes d'organisation des productions, il n'est pas possible de percevoir un glissement d'une forme d'intensité vers une autre, mais plutôt une diversification. Comme nous l'avons présenté précédemment, plusieurs types de contextes de découvertes de déchets de forge sont constatés. En revanche, seule la présence d'un bâtiment alloué à la forge (un atelier de forge) permet d'attester de façon certaine une activité à plein temps, tout le long de l'année. La quantité de déchets est également un critère permettant de mettre en évidence une activité à plein temps même s'il est toujours délicat de placer des seuils. Les autres cas peuvent caractériser des activités soit saisonnières, soit des interventions extérieures. Pour le Hallstatt D - La Tène A, deux cas de figure semblent coexister. Une production à plein temps dans des sites spécialisés avec ateliers spécialisés et des interventions momentanées d'artisans extérieurs. Ces deux cas de figures illustrent le travail à plein temps, en d'autres termes une activité d'intensité élevée relevant d'une activité exercée presque quotidiennement.

À mesure que l'emploi des outils en fer se diffuse dans la société, la nécessité de l'entretien de ces objets oblige le développement de forges davantage domestiques et saisonnières. Ainsi, dans une ferme, l'usure des outils va nécessiter, au moins une fois l'an, de les retravailler. À La

Tène D, des concentrations d'ateliers existent dans les agglomérations. Ils représentent des centres de production entièrement dépendants d'approvisionnements extérieurs. Le cas des fermes aristocratiques « artisanales » est plus délicat à décrire. S'agit-il d'activités réalisées par l'un des travailleurs de la ferme ? Il partagerait alors son temps entre forge et champs. Ou bien s'agit-il d'un artisan « hébergé » dans la ferme et apportant sa richesse à travers son activité à plein temps ? Il partagerait alors son activité entre production dans son atelier et production déportée dans d'autres fermes pour des commandes.

#### 4.1.4. La concentration

Après avoir décrit l'organisation des productions à l'échelle des sites et à travers leur place au sein de la société, un critère important consiste à décrire l'organisation spatiale des activités à l'échelle régionale. Ce critère permet d'illustrer la façon dont les artisans spécialistes sont répartis au sein de la société, en d'autres termes, quel est le degré de proximité des producteurs par rapport à leur clientèle. C. Costin emploie pour décrire les deux extrêmes de ce critère les termes de concentré et dispersé.

Au Hallstatt D – La Tène A, les activités de réduction semblent se répartir de façon lâche. Tous les secteurs peuvent fournir une production de métal brut, au moins minime (production dispersée). Certes, certaines régions présentent des productions déjà très importantes (début de concentration possible), mais, même dans des secteurs comme l'Aisne ou l'Oise, des productions primaires de fer existent. Comme une exception, l'Alsace reste dépourvue de sites de réduction à cette période, comme une bonne partie du sud de la Bourgogne.

Au cours de La Tène, les productions ont tendance à se concentrer autour de centres importants comme en région Mancelle, dans le Sénonais/Pays d'Othe et la Puisaye. Les régions faiblement productrices disparaissent progressivement (production concentrée).

À l'inverse, pour la forge, au Hallstatt D / La Tène A les activités ont tendance à se localiser dans des sites de forte production conjointement avec d'autres activités qui semblent être réalisées lors d'interventions d'artisans extérieurs. Il s'agit d'une situation de production concentrée avec déconcentration possible pour des commandes. À mesure que la consommation du fer se démocratise, les activités de forge deviennent plus courantes (début de dispersion, notamment pour l'entretien des outils), toutefois à La Tène B/C, elles restent majoritairement localisées au sein des sites les plus riches (concentration). Enfin, à la fin de La Tène D, les activités de forge deviennent omniprésentes pour l'entretien et la réparation des outils (dispersion) et les activités d'épuration des masses brutes viennent se concentrer au sein des agglomérations.

#### 4.1.5. Les relations aux élites

C. Costin propose également un critère de contexte, représentant le degré de participation et de contrôle des élites sur la production. Ce critère est crucial dans la compréhension des formes d'organisation des productions dans des contextes de sociétés aussi hiérarchisés que celles des âges du Fer.

De manière globale, nous constatons en métallurgie du fer un glissement de la domination des élites sur le fer depuis un monopole de la consommation du fer au Hallstatt D - La Tène A jusqu'à une domination sur la distribution et le traitement de la matière première à La Tène D, à mesure que le métal se diffuse dans la société (fig. 16). Dans un premier temps, les élites sont les seuls destinataires de la production et contrôlent ainsi l'ensemble des moyens de production au travers de productions de type « dépendantes ».

En réduction, cela donne lieu à des modes de production très différents, allant des plus ponctuelles à des formes concentrées. Ces différences de cas de figure peuvent peut-être

s'expliquer par la distance séparant les lieux de production du métal de leurs lieux de consommation (voir *supra*). Si des productions de métal brutes indépendantes étaient possibles, elles n'ont pu garder qu'un caractère anecdotique étant donné l'accaparement du métal par les élites. Pour exemple, l'étude du dépôt de 51 demi-produits bipyramidaux de Durrenentzen (Haut-Rhin – Berranger, Bauvais *et al.*, 2017) a pu montrer l'existence d'une entité centralisatrice du métal caractérisée par un pouvoir suffisamment fort pour à la fois centraliser plus de 300 kg de fer (dans un contexte de faible consommation du fer), unir plusieurs sites de mise en forme des demi-produits autour d'un standard métrologique (possible mise en place d'étalon) et soustraire une telle masse de métal du circuit économique (dépôt votif).

En forge d'élaboration, il est possible de parler d'un artisanat de cours. Dans un réseau de résidences d'élites, les forgerons circulent pour offrir leur service et leur production extrêmement spécialisés. Ainsi, les activités réalisées dans les résidences princières sont des activités momentanées, réalisées pour une commande, et non la résidence d'un artisan à demeure. Cela explique l'absence de véritables ateliers et la faible quantité de déchets retrouvée. Ces artisans semblent davantage résider dans d'autres sites, eux spécialisés, comme Bragny-sur-Saône ou Sévaz-Tudinges, ou encore dans les concentrations d'ateliers se développant au pied des sites princiers comme à Bourges à La Tène A.

À La Tène B/C, la consommation du fer sort de la sphère élitaires pour gagner une plus large part des sites ruraux. Toutefois, la consommation reste davantage entre les mains des élites. En réduction, cela donne lieu à peu de changements organisationnels, bien que la concentration accrue de la production et l'évolution des fours permettent de répondre à une augmentation de la demande en fer.

La production en forge est, quant à elle, toujours concentrée au sein des sites élitaires dans un contexte de dépendance : les fermes aristocratiques « artisanales » et les agglomérations ouvertes. C'est à cette période que se développe un art celtique florissant au sein duquel les objets en fer prennent une place privilégiée avec, notamment, les décors des fourreaux d'épées. Cet art reste commun à l'élite sur des distances très importantes et, malgré une forme d'organisation sociétale qui apparaît moins complexe, les élites et leurs artisans restent en contact étroit dans des réseaux d'échanges matériels et d'idées suprarégionales. Les petites productions semblent également faire leur apparition sans que l'on puisse véritablement trancher entre productions momentanées d'artisans intervenant pour une commande (contexte de dépendance) et activités d'entretien et petites productions locales (contexte d'indépendance).

À La Tène D, le fer se démocratise suffisamment pour que l'ensemble de la société consomme des objets en fer dans l'ensemble des sphères d'activité et que des traces d'activité de forge soient découvertes sur une grande majorité des sites d'habitat. Les élites semblent perdre leur monopole sur la consommation du fer en même temps que sur la production des objets en fer (indépendance). Toutefois, les productions les plus importantes restent dans les fermes aristocratiques et les agglomérations (*Oppida* et agglomérations ouvertes). Les agglomérations semblent également revêtir un nouveau rôle dans l'économie du fer : celui de centre de convergence et de monopole des matières premières brutes, de leur traitement et de la redistribution des demi-produits. Durant cette phase, le contrôle des élites semble ainsi se concentrer en aval de la chaîne de production, par le rassemblement du métal brut avant sa transformation en un produit destiné à être diffusé. Cette caractéristique révèle l'existence d'un artisanat de la réduction qui n'est toujours pas maître de la distribution de ses productions, ce qui définit une pratique dépendante.

#### 4.2. Interprétation et évolution des formes d'organisation

L'ensemble de ces critères fournit une grille d'analyse permettant de proposer une restitution des formes d'organisation de la production (Costin, 1991). Au Hallstatt D - La Tène A et à La

Tène B/C, alors que le fer est seulement consommé par une sphère privilégiée, le métal brut n'a pu être produit sur les sites de réduction que dans un cadre contrôlé. On se situe durant ces périodes dans un cadre de production dit dépendante, et qualifiée de « corvée » pour des artisans investis de manière saisonnière (« Dispersed corvee »). A La Tène D, malgré l'élargissement de la consommation du métal à une sphère plus large de la société, les quantités très importantes de métal produits en réduction n'ont pu alimenter que des marchés fortement structurés tant dans l'approvisionnement en matière première que dans ses débouchés. On constate, dans ces zones de forte production de fer brut, le rassemblement du traitement de la matière première dans quelques agglomérations jouant ensuite un rôle redistributeur. Dans ce contexte, l'artisanat de la réduction ne semble toujours pas maître de ses débouchés, mais semble se développer dans le cadre de ce que C. Costin définit comme un rapport de vassalité ou de clientélisme, induisant des productions développées à grande échelle, réalisées par des ateliers ou des manufactures d'artisans spécialistes, sous contrôle d'une élite ou d'une entité politique, pouvant ici correspondre aux cités gauloises (Ateliers attachés ou « Retained workshops »).

Au Hallstatt D - La Tène A, l'organisation des activités de forge peut être qualifiée « d'Individual Retainer » selon C. Costin, ce qu'il serait possible de traduire par « individu attaché ». Cela se caractérise par une forte dépendance envers les élites et par une concentration importante des productions au sein d'ateliers d'artisans très compétents et travaillant à plein temps. Par la suite, depuis La Tène B/C jusqu'à La Tène D, les formes d'organisation évoluent, mais surtout se diversifient. L'entretien d'abord sort de la sphère des élites dans un cadre domestique, puis l'élaboration d'objets semble se diffuser au sein de la société pour aboutir, à La Tène D, à une situation d'ateliers dispersés (Dispersed workshop selon C. Costin). Il s'agit d'une situation illustrant des ateliers autonomes produisant pour une consommation locale sans restriction. Dans les *Oppida* et les agglomérations de La Tène D, la production des objets en fer semble pouvoir être décrite comme une communauté de spécialistes (« Community specialization »), dans le sens d'un regroupement d'unités de production autonomes au sein d'une même communauté, produisant pour une consommation régionale sans restriction. Seuls les ateliers d'épuration du métal semblent conserver une situation « d'atelier attaché » (Retained workshop) en raison du contrôle encore fort exercé par les élites et l'administration sur le commerce et la production des demi-produits.

## 5. Conclusion et perspectives

Le foisonnement de travaux menés depuis plus de vingt ans sur la sidérurgie dans le nord de la France permet à présent de proposer une évolution diachronique de ces activités, concernant tant leurs aspects techniques qu'économiques et sociétaux.

Il est ainsi possible de constater l'évolution différente suivie par les activités de réduction et de forgeage durant cette période des âges du Fer. Au Hallstatt D - La Tène A, tout comme à la Tène B, l'organisation de la production semble ainsi se fonder pour l'ensemble de la chaîne opératoire sidérurgique sur un système de « corvée ». Toutefois, les savoir-faire maîtrisés en réduction sont simples, alors que les productions attestées en forge documentent la maîtrise de techniques complexes à expertes. Ce constat est peut-être l'une des explications possibles à la répartition spatiale en symétrie des activités de forge et des activités de réduction au Hallstatt D - La Tène A. Les activités de forge, nécessitant un savoir-faire bien plus important à cette période que la réduction, sont plus directement contrôlées et accaparées par les élites, qui en tirent une gloire et une richesse plus importante. Le métal brut est alors, quant à lui, contrôlé à travers la maîtrise des réseaux d'échange. À La Tène D, le contexte de la production évolue de manière clairement différente entre réduction et forgeage. L'emprise sur les moyens de production reste majoritaire en réduction, ce qui conduit à un renforcement de la spécialisation et à un regroupement des ateliers, probablement sous contrôle des cités gauloises. À l'inverse, en forge, l'élargissement de la gamme des savoir-faire et la multiplicité des modes

d'organisation (allant de l'individu attaché, à la communauté de spécialistes et aux ateliers attachés) permet de reconnaître un artisanat maître de ses débouchés.

Les prochains enjeux de l'archéoméallurgie des âges du Fer, discipline par essence interdisciplinaire, concernent la restitution précise des réseaux d'échanges à travers l'identification de traceurs chimiques conservés du site de production primaire, jusqu'au sein même des objets métalliques. Ces approches nécessitent une importante activité de terrain, afin de caractériser tant chronologiquement que chimiquement les sources de production. Elles reposent également sur une multiplication d'analyses en laboratoire portant tant sur les déchets de production que sur les objets (Berranger *et al.*, 2019 ; Bauvais, Dissier *et al.*, 2018 ; Berranger, Bauvais *et al.*, 2017). Gageons que ces nouvelles approches, en cours de développement, fourniront prochainement une vision complétée et renouvelée des échanges et de l'économie du fer durant la protohistoire.

Notes :

(1) Coordination S. Bauvais avec M. L'héritier, M. Hubert, J.-C. Méaudres et J. Horny. Depuis 2017, prospections thématiques et fouilles programmées d'ensembles de production entre la montagne de Reims, Épernay et Sézanne.

(2) Coordination M. Berranger avec J.-P. Piétak, M. Leroy, H. Laurent, S. Laurent-Corsini, P. Merluzzo, S. Venault, O. Girardclos. Programme collectif de recherche financé par la DRAC Bourgogne-Franche-Comté, le CNRS (Laboratoire Métallurgies et Cultures – UMR5060 – IRAMAT) et l'INRAP. Depuis 2017 prospections et sondages sur des sites de réduction de Puisaye, Nivernais, Morvan-Auxois.

(3) Disponibles en partie sur le site web Banadora pour BANque NAtionale de DONnées Radiocarbone <https://www.arar.mom.fr/banadora/>

(4) Travaux Hervé Laurent (SRA Bourgogne-Franche-Comté) dans le cadre du PCR « La sidérurgie ancienne en Bourgogne-Franche-Comté » et fouilles Eveha F. Sarreste

(5) PCR « La sidérurgie ancienne en Bourgogne-Franche-Comté »

(6) Programme SiderOM (Sidérurgie dans l'Ouest du département de la Marne) sur la Champagne

Marion BERRANGER –

Archéoméallurgiste, Ingénieure de Recherches,  
Laboratoire "Métallurgies et Cultures" – IRAMAT UMR5060, CNRS, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, 90010 Belfort Cedex,  
[marion.berranger@utbm.fr](mailto:marion.berranger@utbm.fr), 03 84 58 38 11

Sylvain BAUVAIS –

Archéologue, Archéoméallurgiste, Chargé de Recherche,  
LAPA-IRAMAT UMR5060, NIMBE UMR3685, CNRS, CEA, Université Paris-Saclay. CEA Saclay, Bâtiment 637, 91191 Gif-sur-Yvette,  
[sylvain.bauvais@cea.fr](mailto:sylvain.bauvais@cea.fr), 01 69 08 23 05

## Légendes figures

Figure 1 : *Schémas de fonctionnement des bas fourneaux datés des âges du Fer.*

- a. Bas fourneau à usage unique et scories piégées ;
- b. Bas fourneau réutilisable, à scories piégées ;
- c. Bas fourneau réutilisable, à scories écoulées.

Marion Berranger LMC-CNRS, Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS (d'après N. Zaour modifié – INRAP-LMC)

Figure 1: *Operational diagrams of the smelting furnaces from the Iron Ages.*

- a. Single-use smelting furnace with trapped slag;
- b. Reusable smelting furnace with trapped slag;
- c. Reusable smelting furnace with tapped slag.

Marion Berranger LMC-CNRS, Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS (after N. Zaour modified - INRAP-LMC)

Figure 2 : *Datations radiocarbone des bas fourneaux, par type et par phase chronologique (les sites s'étendant sur deux phases ont été comptés deux fois).* Marion Berranger LMC-CNRS, Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Figure 2: *Radiocarbon dating of smelting furnaces by type and chronological phase (sites spanning two phases were counted twice).* Marion Berranger LMC-CNRS, Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Figure 3 : *Nombre de sites de réduction, par type et par période (les sites s'étendant sur deux phases ont été comptés deux fois).* Marion Berranger LMC-CNRS

Figure 3: *Number of smelting sites by type and period (sites spanning two phases were counted twice).* Marion Berranger LMC-CNRS

Figure 4 : *Répartition des sites livrant des activités de réduction dans le nord-est de la France au Hallstatt D / La Tène A.* Marion Berranger LMC-CNRS

Figure 4: *Distribution of sites delivering smelting activities in north-eastern France during Hallstatt D / La Tène A period.* Marion Berranger LMC-CNRS

Figure 5 : *Comparaison de la répartition des sites de réduction livrant les activités les plus intenses (plus de deux bas fourneaux ou amas) avec la localisation des sites où se manifestent de manière ostentatoire les élites du premier âge du Fer.* Marion Berranger LMC-CNRS

Figure 5: *Comparison of the distribution of smelting sites with the most intense activity (more than two furnaces or slag heaps) with the location of sites where the early Iron Age elites are ostentatiously present.* Marion Berranger LMC-CNRS

Figure 6 : *Répartition des sites livrant des activités de réduction dans le nord-est de la France à La Tène B / C.* Marion Berranger LMC-CNRS

Figure 6: *Distribution of sites delivering smelting activities in north-eastern France during La Tène B / C period.* Marion Berranger LMC-CNRS

Figure 7 : *Répartition des sites livrant des activités de réduction dans le nord-est de la France à La Tène D.* Marion Berranger LMC-CNRS

Figure 7: *Distribution of sites delivering smelting activities in north-eastern France during La Tène D period.* Marion Berranger LMC-CNRS

Figure 8 : *Boîtes à moustache sur les dimensions (diamètre en centimètres) des cuves des bas fourneaux, par période.* Marion Berranger LMC-CNRS

Figure 8: *Box plot of the dimensions (diameter in centimetres) of the smelting furnaces bowls, by period.* Marion Berranger LMC-CNRS

Figure 9 : *Répartition des sites livrant des activités de forge dans le nord-est de la France au Hallstatt D / La Tène A.* Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Figure 9: *Distribution of sites delivering forging activities in north-eastern France during Hallstatt D / La Tène A period.* Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Figure 10 : *Répartition des sites livrant des activités de forge dans le nord-est de la France à La Tène B / C.* Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Figure 10: *Distribution of sites delivering forging activities in north-eastern France during La Tène B / C period.* Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Figure 11 : *Répartition des sites livrant des activités de forge dans le nord-est de la France à La Tène D.* Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Figure 11: *Distribution of sites delivering forging activities in north-eastern France during La Tène D period.* Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Figure 12 : *Exemples montrant la diversité des foyers de forge à l'âge du Fer.* Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Figure 12: *Examples showing the diversity of Iron Age forging hearths.* Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Figure 13 : *Organisation théorique de la production au sein d'un quartier artisanal de l'Oppidum de Condé-sur-Suippe (Aisne).* Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Figure 13: *Theoretical organization of production in a craft district of the Oppidum of Condé-sur-Suippe (Aisne).* Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Figure 14 : *Exemple des savoir-faire détenus par les artisans du site de Weyersheim « Les Hauts de la Zorn » (Bas-Rhin). Chute de forge : épuration du métal brut par corroyage (repli successif du métal sur lui-même) et travail d'acier fortement carburé.* Marion Berranger LMC-CNRS

Figure 14: *Example of the skills held by the artisans of the site of Weyersheim "Les Hauts de la Zorn" (Bas-Rhin). Scrap from the forge: refining of the raw metal by kneading (successive folding of the metal on itself) and work with highly carburised steel.* Marion Berranger LMC-CNRS

Fig. 15 : *Critères d'interprétation des formes de structuration et d'organisation de la production, par période et par phase technique.* Marion Berranger LMC-CNRS, Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Fig. 15: *Criteria for interpreting the forms of structuring and organisation of production, by period and by technical phase.* Marion Berranger LMC-CNRS, Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Fig. 16 : *Proposition d'évolution des modes de contrôles des productions en métallurgie du fer aux âges du Fer.* Marion Berranger LMC-CNRS, Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Fig. 16: *Proposed evolution of production control modes in iron metallurgy during Iron-Ages.*  
Marion Berranger LMC-CNRS, Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Tableau I : *Exemples de poids de déchets scoriacés retrouvés sur les sites d'habitat pour la période du Hallstatt D / La Tène A.* Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

Table I: *Examples of weights of slag waste found on settlement sites for the Hallstatt D / La Tène A period.* Sylvain Bauvais, LAPA-CNRS

## Bibliographie

BARAY L. (1991) – Le Sénonais dans son contexte du Bassin parisien du IV<sup>e</sup> et du III<sup>e</sup> siècle avant J.-C., *Revue Archéologique de l'Est*, 42, p. 203-270.

BARAY L. (2003) – *Pratiques funéraires et sociétés de l'Age du fer dans le Bassin parisien (fin du VII<sup>e</sup> s. - troisième quart du II<sup>e</sup> s. avant J.-C.)*, Paris, Editions du CNRS, (Supplément à Gallia, 56), 2003, 454 p.

BARGAIN Y.-F., FORRIÈRES C., LEMAIRE F. ? MERLUZZO P. (1993) – Etudes technique du matériel métallique de la tombe à char de Marainville-sur-Madon, in F. Boura, J. Metzler, et A. Miron (dir.), *Interactions culturelles et économiques aux Ages du Fer en Lorraine, Sarre et Luxembourg*, actes du XI<sup>e</sup> colloque de l'AFEAF. (Sarreguemines, Moselle 1, 2, 3 Mai 1987), *Archaeologia Mosellana*, 2, ADRAL (Association pour le Développement de l'Archéologie en Lorraine), p.65-82.

BARRAL P., LALLEMAND D. (2014) – Les agglomérations ouvertes du II<sup>e</sup> siècle av. J.-C. à spécialisation artisanale et commerciale : deux exemples du Centre-Est de la France, Verdun-sur-le-Doubs (Saône-et-Loire) et Varennes-sur-Allier (Allier), in S. Hornung (dir.), *Produktion - Distribution - Ökonomie. Siedlungs- und Wirtschaftsmuster der Latènezeit*, actes des internationaux Kolloquiums in Otzenhausen (28-30 Oktober 2011), Bonn, Dr. Rudolf Habelt GmbH, p.205-230.

BAUVAIS S. (2000) – *Analyse de la chaîne opératoire de sidérurgie sur l'oppidum de Condé sur Suipe (Aisne)*, mémoire de maîtrise, Université de Paris I - Panthéon Sorbonne, Paris, 138 p.

BAUVAIS S. (2008) – Du prestige à la proto-industrie : évolution des pratiques sidérurgiques au second âge du Fer dans le nord du Bassin parisien, *The Arkeotek Journal*, 2, 4. Consultable à <http://www.thearkeotekjournal.org>.

BAUVAIS S., CABBOI S., BERRANGER M. (2018) – Evolution de l'organisation de la production sidérurgique, in L. Baray (dir.), *Les Sénon. Archéologie et histoire d'un peuple gaulois*, Gand, Snoeck, p.145-149.

BAUVAIS S. (2007) – *Evolution de l'organisation des activités de post-réduction dans le Nord du Bassin Parisien au 2nd Age du fer : études multidisciplinaires de la chaîne opératoire en métallurgie du fer*, thèse de doctorat, Université de Technologie de Belfort Montbéliard / Université de Besançon, Belfort, 1369 p.

BAUVAIS S. (2014) – Les activités de forge dans les agglomérations du nord du Bassin parisien à La Tène finale, in M. Berranger, A. Duval, et V. Serneels (dir.), *L'organisation spatiale des ateliers de travail du fer (VII<sup>e</sup>-I<sup>er</sup> s. av. J.-C.)*, Glux-sur-Glenne, Bibracte Centre archéologique européen du Mont Beuvray (Bibracte, 24), p.289-291.

BAUVAIS S., GAUDEFROY S., GRANSAR F., MALRAIN F. ? FLUZIN P. (2007) – Premières réflexions sur l'organisation des activités de forge en contexte rural à La Tène finale en Picardie, in P.-Y. Milcent (dir.), *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal. Actes du XXVIII<sup>e</sup> colloque de l'AFEAF, Toulouse, 20-23 mai 2004*, Bordeaux, Fédération Aquitania (Supplément à la Revue Aquitania, 24), p.239-261.

BAUVAIS S., DISSER A., DILLMANN P. (2018) – La métallurgie du fer à l'âge du fer dans le bassin versant du Crould : organisation des productions et études de provenance, in C. Touquet Laporte-Cassagne (dir.), *Les sites ruraux du second âge du fer dans le bassin versant du Crould en Val-d'Oise et ses marges*, Paris, Revue Archéologique d'Ile-de-France

(Supplément à la Revue Archéologique d'Ile-de-France, 5), p.453-506.

BAUVAIS S., FLUZIN P. (2014) – Organization of forging activities in the northern Parisian basin agglomerations (France) during final La Tène, in B. Cech et T. Rehren (dir.), *Ferrum Noricum – iron production and distribution 200 BC to AD 400. International Conference in Hüttenberg, Carinthia*, Montagnac, Editions Monique Mergoïl (Monographie Instrumentum, 50), p.133-146.

BAUVAIS S., FLUZIN P. (2006) – Réflexion sur l'organisation technico-sociale des activités de forge à La Tène finale dans l'Aisne (02), *Revue d'Archéométrie*, 30, p. 25-43.

BECK P., BRAUNSTEIN P., PHILIPPE M., PLOQUIN A. (2008) – Minières et ferriers du Moyen-Âge en forêt d'Othe (Aube, Yonne) : approches historiques et archéologiques, *Revue Archéologique de l'Est*, 57, p. 333-365.

BERRANGER M., BAUVAIS S., BOUKEZZOULA M., LEROY S., DISSER A., VEGA E., AUBERT M., DILLMANN P., FLUZIN P. (2017) – Analyse technologique, étude de provenance et datation par le radiocarbone du dépôt de demi-produits ferreux de Durrenentzen (Haut-Rhin, France) : une vision renouvelée de l'économie du fer au premier âge du Fer, *Archéosciences, revue d'archéométrie*, 41, 1, p. 45-67.

BERRANGER M., DILLMANN P., FLUZIN P., VEGA E., LEROY S., AUBERT M., DELQUÉ-KOLIĆ E. (2019) – Du produit d'échange à l'objet symbole : de nouvelles données sur les demi-produits de type currency-bar du Val de Saône et l'Arc jurassien, *Gallia - Archéologie des Gaules*, 76, 2, p. 165-189.

BERRANGER M. (2014) – *Le fer, entre matière première et moyen d'échange, en France du VIIe au Ier s. av. J.-C. Approches interdisciplinaires.*, Dijon, Editions Universitaires de Dijon (Art, Archéologie et Patrimoine), 382 p.

BERRANGER M., ZAOUR N., LEROY M., BAUVAIS S., CABBOI S., DUNIKOWSKI C., FLUZIN P. (2017) – Organisation des productions sidérurgiques en Gaule (VIIe-Ier s. a.C.) : de la réduction du métal à l'élaboration des demi-produits, in S. Marion, S. Deffressigne, J. Kaurin et G. Bataille (dir.), *Production et proto-industrialisation aux âges du Fer - Perspectives sociales et environnementales*, actes du 39e colloque international de l'AFEAF, (Nancy, 14-17 mai 2015), Bordeaux, Editions Ausonius (Mémoires, 4), p.301-334.

BERRANGER M., FLUZIN P. (2012) – From raw iron to semi-product: quality and circulation of materials during the Iron Age in France, *Archaeometry*, 54, 4, p. 664-684. Consultable à <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-4754.2011.00641.x>.

BERRANGER M., FLUZIN P. (2009) – Le village celtique de Levroux (Indre) : nature et organisation des activités sidérurgiques (IIe - Ier s. av. J.-C.), in O. Buchsenschutz, M. B. Chardenoux, et I. Ralston (dir.), *L'âge du Fer dans la boucle de la Seine. Les Gaulois sont dans la ville*, actes du XXXIIème colloque de l'AFEAF (Bourges, 1-4 mai 2008), Tours, Paris, FERACF / AFEAF (Supplément à la Revue archéologique du Centre de la France, 35), p.19-37.

BLANCQUAERT G. (2013) – Habitats et terroirs : une question d'espace. Le cas de Dourges et sa place dans la région Nord-Pas-de-Calais, in S. Krausz, A. Colin, K. Gruel, I. Ralston et T. Dechezleprêtre (dir.), *L'âge du fer en Europe - Mélanges offerts à Olivier Buchsenschutz*, Bordeaux, Éditions Ausonius, p.305-315.

BOUVET J.-P. (1989) – *L'outillage agricole en fer aux Ages du fer dans le domaine celtique*, mémoire de Master II, Université de Paris I, Panthéon-Sorbonne, Paris.

BRUN P. (2015) – L'évolution en dents de scie des formes d'expression du pouvoir durant l'âge du Fer en Europe tempérée, in C. Belarte, D. Garcia, et J. Sanmartí (dir.), *Les structures*

*socials protohistòriques a la Gallia i a Ibèria. Homenatge a Aurora Martín i Enriqueta Pons*, actes de la VII Reunió Internacional d'Arqueologia de Calafell (Calafell, 7 al 9 de març de 2013), Barcelone, Departament de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia de la Universitat de Barcelona, p.49-60.

BRUN P., CHAUME B., DHENNEQUIN L., QUILLIEC B. (2009) – Le passage de L'âge du bronze à L'âge du fer... au fil de l'épée, in M.-J. Lambert-Roulière, A. Daubigney, P.-Y. Milcent, M. Talon et J. Vital (dir.), *De l'âge du Bronze à l'âge du Fer en France et en Europe occidentale (Xe - VIIe siècle av. J.-C.). La moyenne vallée du Rhône aux âges du Fer*, actes du XXXe colloque international de l'A.F.E.A.F. (Saint-Romain-en-Gal, 26-28 mai 2006), Dijon, Société Archéologique de l'Est (Supplément à la Revue Archéologique de l'Est, 27), p.477-485.

BRUN P., AVERBOUH A., KARLIN C., MERY S., DE MIROSCHEJJI P. (2006) – Les liens entre complexités des sociétés traditionnelles et niveau de spécialisation artisanale, in A. Averbouh, P. Brun, A. Averbouh, C. Karlin, S. Mery et P. De Miroschedji (dir.), *Spécialisation des tâches et société*, Paris, Fondation de la Maison des Sciences de l'Homme (Techniques et culture, 46-47), p.325-347.

BRUNAU J.-L., MÉNIEL P. (1997) – *La résidence aristocratique de Montmartin (Oise) du IIIe au IIe siècle av. J.C.*, Paris, Maison des Sciences de l'Homme, (Document d'Archéologie Française, 64), 270 p.

BUCHSENSCHUTZ O., GRUEL K., LEJARS T. (2012) – L'âge d'or de l'aristocratie celtique, IVe et IIIe siècles av. J.-C., *Annales. Histoire, Sciences Sociales*, 67, 2, p. 295-324.

CABBOI S., DUNIKOWSKI C., LEROY M., MERLUZZO P. (2007) – Les systèmes de production sidérurgiques chez les Celtes au nord de la France, in P.-Y. Milcent (dir.), *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal*, actes du XXVIIIe colloque international de l'AFEAF (Toulouse, 20 -23 mai 2004), Bordeaux, Fédération Aquitania (Supplément à la revue Aquitania, 14/2), p.35-62.

CARRARA S., DUBREUCQ É., PESCHER B. (2013) – La fabrication des fibules à timbale comme marqueur des contacts et des transferts technologiques au cours du Ha D-LT A1. Nouvelles données d'après les sites de Bourges, Lyon et Plombières-les-Dijon, in A. Colin et F. Verdin (dir.), *L'âge du Fer en Aquitaine et sur ses marges. Mobilité des hommes, diffusion des idées, circulation des biens dans l'espace européen de l'âge du Fer*, actes du XXXVe colloque de l'AFEAF (Bordeaux, 2-5 juin 2011), Bordeaux, Fédération Aquitania (Supplément à la Revue Aquitania, 30), p.595-608.

CHARPY J.-J. (1997) – La Champagne, in S. Moscati (dir.), *Les Celtes*, Catalogue d'exposition, Paris, Stock, p. 265-274.

CHAUME B., RAPIN A. (1999) – Quelques réflexions d'ordre techno-chronologique sur le poignard à « antennes » de Larçon (commune de Salives, Côte-d'Or), in B. Chaume, J.-P. Mohen, et P. Périn (dir.), *Archéologie des Celtes. Mélanges à la mémoire de René Joffroy*, Montagnac, Monique Mergoïl (Protohistoire Européenne, 3), p.49-68.

CORDIER G., BOURHIS J.-R. (1996) – *Le dépôt de l'âge du Bronze final du Petit-Villatte à Neuvy-sur-Barangeon (Cher) et son contexte régional*, Joué- lès-Tours, G. Cordier, 1996, 99 p.

COSTIN C.L. (1991) – Craft Specialization: Issues in Defining, Documenting, and Explaining the Organisation of Production, *Archaeological Method and Theory*, 3, p. 1-56.

DEMOULE J.-P. (1999) – *Chronologie et société des nécropoles celtiques de la culture Aisne-Marne, du VIème au IIIème siècle avant notre ère*, Amiens, Revue Archéologique de Picardie (Supplément, 15), 406 p.

- DHENNEQUIN L. (2005) – *L'armement au premier âge du fer en Europe tempérée*, thèse de doctorat, Université Paris I Panthéon-Sorbonne, 1284 p.
- DIEUDONNÉ-GLAD N. (1991) – *La métallurgie du fer chez les Bituriges à l'époque gallo-romaine*, thèse de doctorat, Université de Paris I, Panthéon-Sorbonne, Paris, 308 p.
- DIEUDONNÉ-GLAD N. (2017) – La production du fer au tournant des Vie et V e s. a. C. Des changements techniques, économiques et sociaux ?, in S. Marion, S. Deffressigne, J. Kaurin et G. Bataille (dir.), *Production et proto-industrialisation aux âges du Fer : perspectives sociales et environnementales*, actes du 39e colloque international de l'AFEAF (Nancy, 14-17 mai 2015), Bordeaux, Éditions Ausonius (Mémoires, 47), p.365-382.
- DISSER A. (2014) – *Production et circulation du fer en Lorraine (VIe s. av. J.-C. - XVe s. ap. J.-C.)*, thèse de doctorat, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard, Belfort, 1038 p.
- DRDA P., RYBOVA A. (1997) – La distribution spatiale de l'artisanat spécialisé sur les oppida celtiques, *Etudes Celtiques*, 33, p. 59-80.
- DUBREUCQ É. (2013) – *Métal des premiers celtes. Productions métalliques sur les habitats dans les provinces du Hallstatt centre-occidental*, Dijon, Editions Universitaires de Dijon, (Arts, Archéologie et Patrimoine), 449 p.
- DUBUIS B. (2018) – Autour de la tombe princière de Lavau : la représentation des élites au Ve siècle avant notre ère, in N. Dohrmann et V. Riquier (dir.), *Archéologie dans l'Aube, des premiers paysans au prince de Lavau*, Catalogue de l'exposition ArkéAube, Gent, Snoeck, p.234-245.
- DUMASY F., DIEUDONNÉ-GLAD N., LAÛT L. (2010) – *Travail de la terre, travail du fer : l'espace rural autour d'Argentomagus, Saint-Marcel, Indre*, Bordeaux, Éditions Ausonius, (Mémoires, 23), 525 p.
- DUNIKOWSKI C., CABBOI S. (1995) – *La sidérurgie chez les Sénons : les ateliers celtiques et gallo-romains des Clérimois (Yonne)*, Paris, Maison des Sciences de l'Homme, (Documents d'Archéologie Française, 51), 186 p.
- DUNIKOWSKI C., SÉGUIER J.-M., CABBOI S. (2007) – La production du fer protohistorique au sud-est du Bassin parisien, in P.-Y. Milcent (dir.), *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal*, actes du XXVIIIe colloque international de l'AFEAF (Toulouse, 20 -23 mai 2004), Bordeaux, Fédération Aquitania (Supplément à la Revue Aquitania, 14/2), p.279-289.
- DUPÉRÉ B. (2016) – (dir.), *Châteaufort (78) et Villiers-le-Bâcle, Saclay (91). RD 36, section de Châteaufort (78) à Saclay (91). Phase 1 : section de Saclay (91)*, rapport de diagnostic, INRAP, SRA Centre – Ile de France, INRAP, SRA Centre – Ile de France, 143 p.
- DUVAL A. (1976) – Aspects de La Tène moyenne dans le Bassin parisien, *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 73, p. 457-484.
- DUVAL A., LACOSTE D., BACKHAUS C., BARRIER S., BERRANGER M., FARGET V., HOZNOUR J., JACCOTÉZ L., OLMER F., WIETHOLD J. (2014) – L'atelier de forge à la Porte du Rebout, in V. Guichard (dir.), *Études sur Bibracte – 2*, Glux-en-Glenne, Bibracte Centre archéologique européen du Mont Beuvray (Bibracte, 24), p.231-274.
- EHRENREICH R.M. (1991) – Metalworking in Iron Age Britain : hierarchy or heterarchy, in R. M. Ehrenreich (dir.), *Metals in Society. Theory beyonds regional analysis*, Philadelphie, Museum of Archeology and Anthropology, University of Pennsylvania (MASCA Research Papers in Science and Archeology), p.69-80.

FILIPPINI A. (2015) – *La métallurgie du fer dans le centre-est de la France au Ve siècle avant J.-C. Approches historique, archéologique et archéométrique*, Tours, Bourges, FERACF, Bourges Plus, (Bituriga Monographie, 59), 243 p.

FLOUEST J.-L. (2007) – Approches quantitatives de la production de fer sur le site hallstattien de Bragny-sur-Saône (Saône-et-Loire), in P.-Y. Milcent (dir.), *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal*, actes du XXVIII<sup>e</sup> colloque de l'AFEAF (Toulouse, 20-23 mai 2004), Bordeaux, Fédération Aquitania (Supplément à la Revue Aquitania, 14/2), p.265-270.

FLOUEST J.-L. (1995) – Bragny-sur-Saône (Saône-et-Loire), centre d'activités métallurgiques du Ve siècle avant J.-C., in P. Benoit et P. Fluzin (dir.), *Paléométallurgie du fer et cultures. Symposium international du Comité pour la Sidérurgie Ancienne, Belfort – Sévenans*, Paris, Vulcain / A.E.D.E.H., p.305-312.

GAUDEFROY S. (2011) – Les sites de La Tène moyenne à La Tène finale sur les tracés linéaires en Picardie : questions méthodologiques et résultats scientifiques, *Revue Archéologique de Picardie*, 3, 4, p. 201-266. Consultable à <https://doi.org/10.3406/pica.2011.3263>.

GESELOWITZ M.N. (1993) – Archaeology and the Social Study of Technological Innovation, *Science, Technology, & Human Values*, 18, 2, p. 231-246.

GIORGI C. (2016) – *Palaiseau (Essonne), Les Trois Mares*, rapport de fouille, La Courneuve, Paris, Inrap CIF, SRA Ile-de-France, 2016

HONORÉ D., LEON G., ROUDIÉ N. (2007) – Deux sites de réduction et de forge de l'âge du Fer en Normandie, in P.-Y. Milcent (dir.), *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal*, actes du XXVIII<sup>e</sup> colloque international de l'AFEAF (Toulouse, 20-23 mai 2004), Bordeaux, Fédération Aquitania (Supplément à la Revue Aquitania, 14/2), p.117-124.

KRUTA V. (1975) – Les deux fibules laténiennes de Conflans (Marne), *Etudes Celtiques*, 14, 2, p. 377-389. Consultable à <https://doi.org/10.3406/ecelt.1975.1544>.

LABEAUNE R., BERRANGER M., DUBREUCQ É., DUNIKOWSKI C. (2017) – Les chaînes opératoires de production dans les forges hallstattiennes de Talant « La Peute Combe » (Côte-d'Or), in S. Marion, S. Deffressigne, J. Kaurin et G. Bataille (dir.), *Production et proto-industrialisation aux âges du Fer : perspectives sociales et environnementales*, actes du XXXIX<sup>e</sup> colloque international de l'Association française pour l'étude de l'âge du Fer (Nancy, 14-17 mai 2015), Bordeaux, Éditions Ausonius (Mémoires, 47), p.383-402.

LABEAUNE R. (2014) – Un village stratifié du Ve siècle av. J.-C. à Talant (Côte-d'Or) : premiers résultats, in P. Barral, J.-P. Guillaumet, M.-J. Roulière-Lambert, M. Saracino et D. Vitali (dir.), *Les Celtes et le nord de l'Italie : premier et second âges du fer / I Celti e l'Italia del nord : prima e seconda Età del ferro*, actes du XXXVI<sup>e</sup> colloque international de l'Association française pour l'étude de l'âge du Fer (Vérone, 17-20 mai 2012), Dijon, Société Archéologique de l'Est (Supplément à la Revue archéologique de l'Est, 36), p.707-715.

LAMBOT B. (2006) – Assemblages métalliques dans la structure du village d'Acy-Romance (Ardennes), in G. Bataille et J.-P. Guillaumet (dir.), *Les dépôts métalliques au second âge du fer en Europe tempérée*, actes de la table ronde de Bibracte (Bibracte, 13-14 octobre 2004), Glux-sur-Glenne, Bibracte Centre archéologique européen du Mont Beuvray (Bibracte, 11), p.97-102.

LANGLOIS J.-Y. (2015) – *Le bassin sidérurgique du nord du Mans de l'âge du Fer au Moyen*

âge. *Pays de la Loire, Sarthe (72), LGV Bretagne/Pays de la Loire – Section 17, La Milesse « Bois de Beslan »*, vol. 2c, rapport de fouille, Cesson-Sévigné, Nantes, Inrap GO, SRA Pays-de-la-Loire, 204 p.

LEJARS T. (2015) – Image et langage, l'art des IV<sup>e</sup> et III<sup>e</sup> siècles, in O. Buchsenschutz (dir.), *L'Europe celtique à l'âge du Fer. VIII<sup>e</sup> - I<sup>er</sup> siècle*, Paris, Presses Universitaires de France (Nouvelle Clio), p.270-280. Consultable à <https://www.cairn.info/l-europe-celtique-a-l-age-du-fer---page-III.htm>.

LEROY M. (1997) – *La Sidérurgie en Lorraine avant le haut fourneau. L'utilisation du minerai de fer oolithique en réduction direct*, Paris, CNRS Editions, (Monographies du CRA, 18), 306 p.

LEROY M., CABBOÏ L. (2019) – *Produire et travailler le fer. Les ateliers de l'est du Bassin parisien du Ve siècle av. J.-C. au Xe siècle apr. J.-C.*, Paris, CNRS éditions, Inrap, (Recherches Archéologiques, 16), 166 p.

LEROY M., MERLUZZO P., CARLIER C. LE (2015) – *Archéologie du fer en Lorraine. Minette et production du fer en bas-fourneaux dans l'antiquité et au Moyen-Age*, Thionville, Fensch Vallée éditions, 368 p.

MALRAIN F., BAUVAIS S., HÉNON B., LEGROS V., SAUREL M., PISSOT V. (2010) – Le site artisanal de la Tène finale et du Gallo-Romain de Ronchères (Aisne) « Le Bois de la Forge », *Revue Archéologique de Picardie*, 1, 2, p. 37-161.

MALRAIN F., PINARD E. (2006) – *Les sites laténiens de la moyenne vallée de l'Oise du Ve au I<sup>er</sup> siècle avant notre ère - Contribution à l'histoire de la société gauloise*, Amiens, Revue Archéologique de Picardie, (Hors-Série de la Revue Archéologique de Picardie, 23), 268 p.

MARCIGNY C. (2006) – *Guichainville et le Vieil Evreux, le long Buisson*, rapport de fouilles, Cesson-Sévigné, Caen, Inrap GO, SRA Normandie, 10 vol.

MARION S., MÉTROT P., LE BÉCHENNEC Y. (2005) – L'occupation protohistorique de Bobigny (Seine-Saint-Denis), in O. Buchsenschutz, A. Bulard, et T. Lejars (dir.), *L'âge du Fer en Île-de-France*, actes du XXVI<sup>e</sup> colloque de l'Association française pour l'étude de l'Âge du Fer (Paris et Saint-Denis, 2002), Tours, FERACF (Supplément à la Revue Archéologique du Centre de la France, 26), p.97-126.

MAUVILLY M., GARCIA CRISTOBAL E., SERNEELS V., RUFFIEUX M. (2007) – Le travail du fer dans une forge du milieu du Ve s. av. J.-C. à Sévaz/Tudinges (canton de Fribourg, Suisse), in P.-Y. Milcent (dir.), *L'économie du fer protohistorique: de la production à la consommation du métal*, actes du XXVIII<sup>e</sup> colloque de l'AFEAF (Toulouse, 20-23 mai 2004), Bordeaux, Fédération Aquitania (Supplément à la Revue Aquitania, 14/2), p.271-278.

MAUVILLY M., ANTENEN I., GARCIA CRISTOBAL E., RUFFIEUX M., SERNEELS V. (1998) – Sévaz « Tudinges »: chronique d'un atelier de métallurgistes du début de La Tène dans le Broye, *Archéologie Suisse*, 21, p. 144-153.

MICHLER M., BADEY S., BERRANGER M., CABBOÏ L., CLERC P., JODRY F., PUTELOS O., VAN ES M. (2018) – Ensilage et artisanat du fer entre le Hallstatt D3 et La Tène ancienne à Weyersheim (Bas-Rhin). Premiers résultats, *Archimède. Archéologie et histoire Ancienne*, 5, p. 202-229.

MILCENT P.-Y. (2007) – *Bourges-Avaricum, un centre proto-urbain celtique au Ve s. av. J.-C. Les fouilles du quartier Saint-Martin-des-Champs et les découvertes des Etablissements militaires*, Bourges, Ville de Bourges, (Bituriga : archéologie de la cité. Monographie, 1), 341 p.

MILLET E., BERNADET R., NICOLAS T. (2019) – La tombe aristocratique gauloise de

Warcq (Ardennes) : méthodes d'analyses des objets composites, in S. Eusèbe, T. Nicolas, V. Gouranton, R. Gaugne (dir.), *Archéologie : imagerie numérique et 3D*, actes du 3e séminaire scientifique et technique de l'Inrap (Rennes, 26-27 juin 2018), Paris, Hypothèse, INRAP (Séminaires Scientifiques et Techniques de l'Inrap, 3), Consultable à <https://doi.org/10.34692/07f2-7756>.

MODARRESSI-TEHRANI D. (2009) – *Untersuchungen zum früheisenzeitlichen Metallhandwerk im westlichen Hallstatt- und Frühlatenegebiet*, Rahden, VML, Verlag Marie Leidorf, (Bochumer Forschungen zur ur- und frühgeschichtlichen Archäologie, 2), 373 p.

ORENGO L. (2003) – *Forges et forgerons dans les habitats laténiens de la Grande Limagne d'Auvergne : fabrication et consommation de produits manufacturés en fer en Gaule à l'Age du fer*, Montagnac, Editions Monique Mergoïl, (Monographies instrumentum, 26), 325 p.

ORENGO L., FRÉNÉE E., FLUZIN P. (2000) – Un atelier de forge de l'Âge du Fer au « Bois du Jarrier 3 », commune de La Celle-sur-Loire (France, Nièvre), in M. Feugère et M. Gustin (dir.), *Iron, Blacksmiths and Tools. Ancient European Crafts*, actes du colloque Instrumentum de Podsreda (Slovenia, avril 1999), Montagnac, Editions Monique Mergoïl (Monographie Instrumentum, 12), p.45-66.

PRODEO F. (2000) – Bayonvilliers “Chemin d'Harbonnières” (Somme). Un petit habitat fortifié de La Tène moyenne et finale, in J.-L. Brunaux (dir.), *Des enclos pourquoi faire ?*, actes de la IVème table ronde de Ribemont-sur-Ancre (Ribemont-sur-Ancre, décembre 1999), Amiens, Revue Archéologique de Picardie (Revue Archéologique de Picardie, 1/2), p.255-265.

RAPIN A. (1991) – Le ceinturon métallique et l'évolution de la panoplie celtique au IIIe siècle av. J.-C., in V. Kruta (dir.), *Les Celtes au IIIe siècle avant J.-C., première partie*, actes du IXe Congrès international d'études celtiques, Paris, CNRS Editions (Etudes Celtiques, 28), p.349-368. Consultable à <https://doi.org/>.

RAPIN A. (1996) – Les armes des Celtes. Des messages enfouis sous la rouille, *Mélanges de l'École française de Rome. Antiquité*, 108, 2, p. 505-522. Consultable à <https://doi.org/10.3406/mefr.1996.1951>.

RÉBISCOUL A. (2003) – Le site paléométallurgique des « Ferrys » commune de La Bussière (Loiret), *Revue Archéologique de Picardie, Cultivateurs, éleveurs et artisans dans les campagnes de la Gaule romaine*, actes du VIe colloque AGER (Compiègne (Oise), juin 2002), Amiens, Revue Archéologique de Picardie (Revue Archéologique de Picardie, 1-2), p. 129-140.

ROBION-BRUNNER C., SERNEELS V., PERRET S. (2013) – Variability in iron smelting practices : assesment of technical, cultural and economic criteria to explain the metallurgical diversity in the Dogon area (Mali), in J. Humphris et T. Rehren (dir.), *The world of iron*, London, Archetype Publication, p.257-265.

ROUX V. (2000) – *Cornaline de l'Inde. Des pratiques techniques de Cambay aux technico-systèmes de l'Indus*, Paris, Éditions de la maison des sciences de l'Homme, (Archéologie expérimentale et ethnographie des techniques, 5), 558 p.

SAINT-DIDIER G. (2017) – *La métallurgie du fer dans le Poitou : Extraction, réduction, forgeage (IIIe siècle av. J.-C.-XVe siècle)*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, (Archéologie et Culture), 360 p.

SARRESTE F. (2011) – *La sidérurgie antique dans le Bas-Maine*, Tours, Presses universitaires François-Rabelais (Perspectives historiques – Archéologie), 314 p.

SCHÖNFELDER M. (2000) – Le mobilier métallique de la tombe à char tardo-celtique de Boé (Lot-et-Garonne), *Aquitania*, 17, p. 59-81.

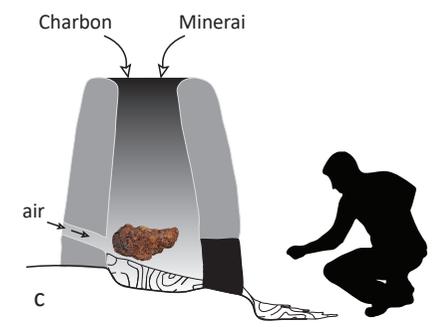
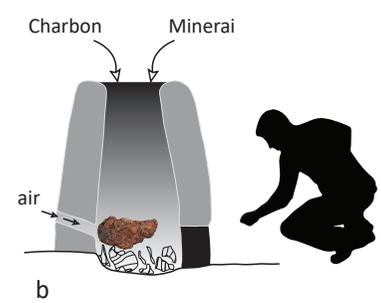
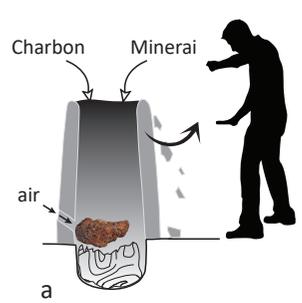
SÉGUIER J.-M., AUXIETTE G., COUBRAY S., DUNIKOWSKI C., LECOMTE-SCHMITT B. et ZECH-MATTERNE V. (2008) – Une ferme du début du IIIe s. av. J.-C. au “ Marais du Colombier ”, Varennes-sur-Seine (Seine-et-Marne) : analyse archéologique et environnementale, *Revue Archéologique du Centre de la France*, 47. Consultable à <http://journals.openedition.org/racf/1105>.

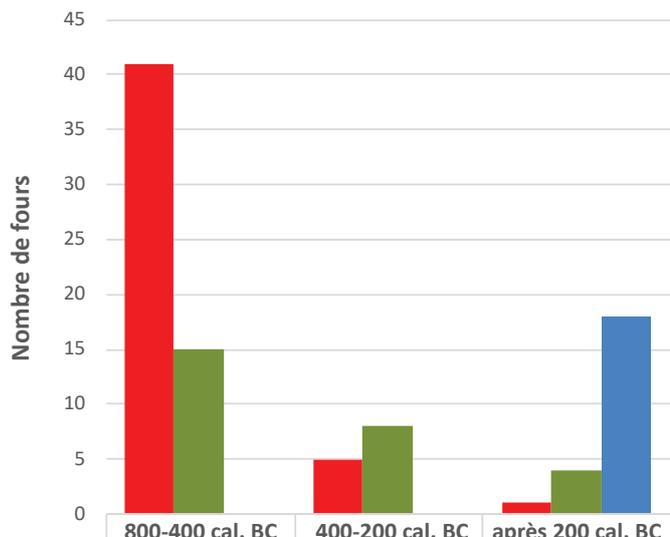
SERNEELS V. (1993) – *Archéométrie des scories de fer. Recherches sur la sidérurgie ancienne en Suisse occidentale*, Lausanne, Cahiers d'Archéologie Romande, (Cahiers d'Archéologie Romande, 61), 240 p.

SIEVERS S. (1982) – *Die mitteleuropäischen Hallstattdolche*, München, Beck, (Prähistorische Bronzefunde, VI, 6), 160 p.

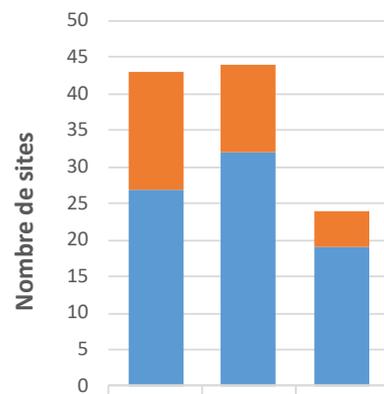
TREMBLAY CORMIER L. (2016) – *Identités culturelles et échanges entre Rhin et Rhône du Xe au Ve siècle avant notre ère*, Dijon, Éditions universitaires de Dijon, (Art, archéologie & patrimoine), 558 p.

ZAOUR N. (en cours) – *La métallurgie du fer en Normandie et ses marges de l'âge du Fer au Moyen-âge : approches interdisciplinaires ; archéologiques et archéométriques*, thèse de doctorat, Université de Technologie de Belfort-Montbéliard.

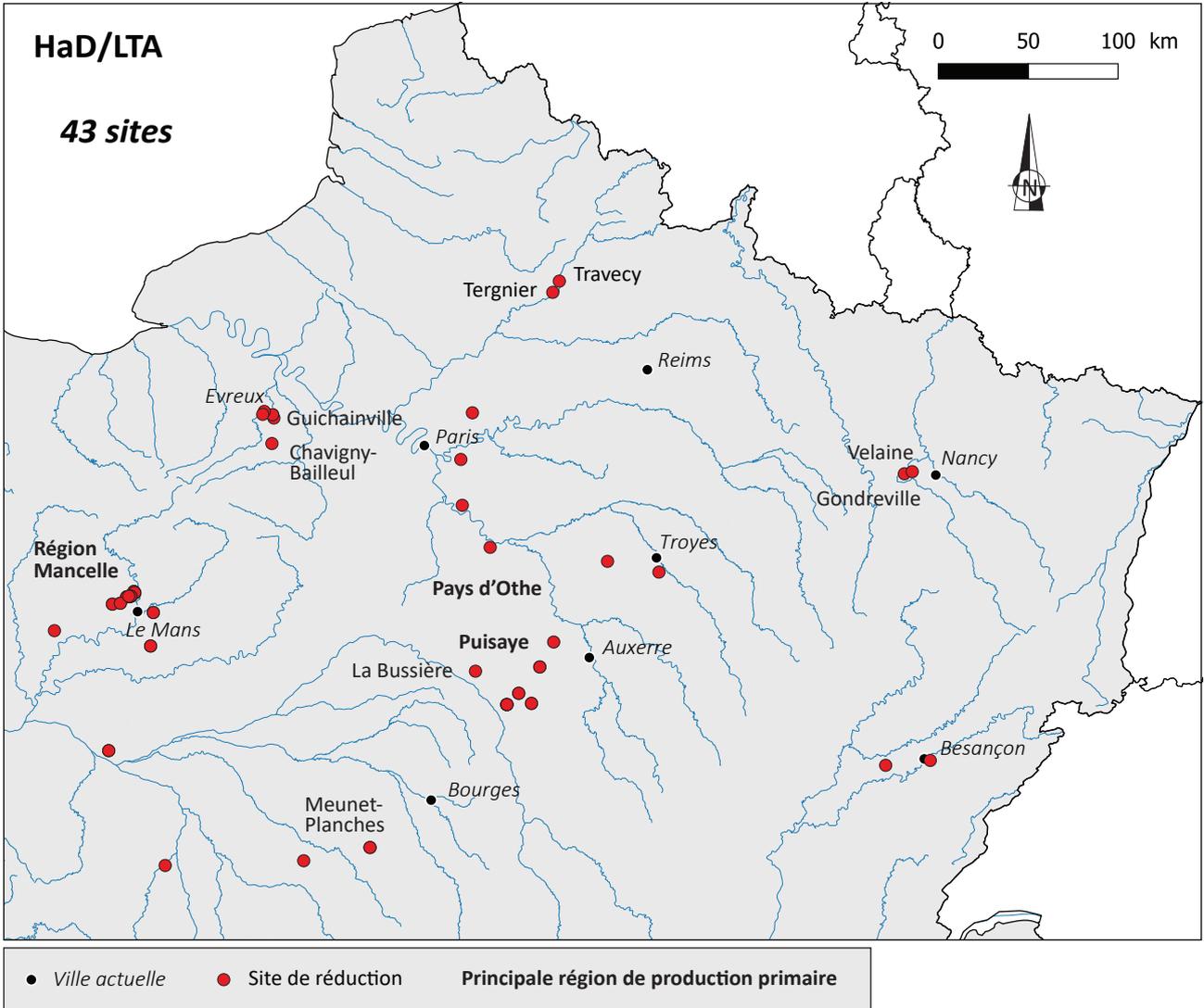


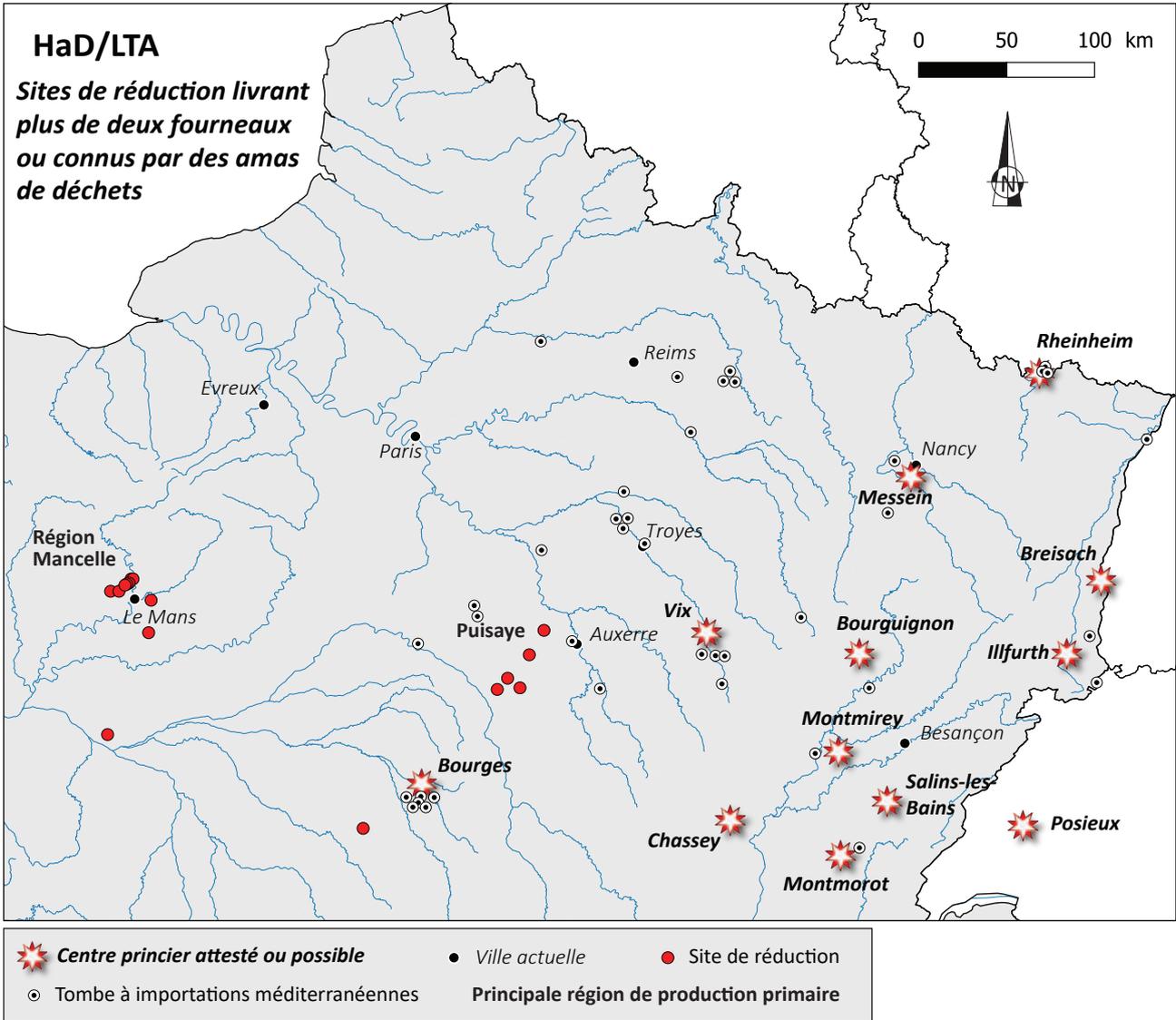


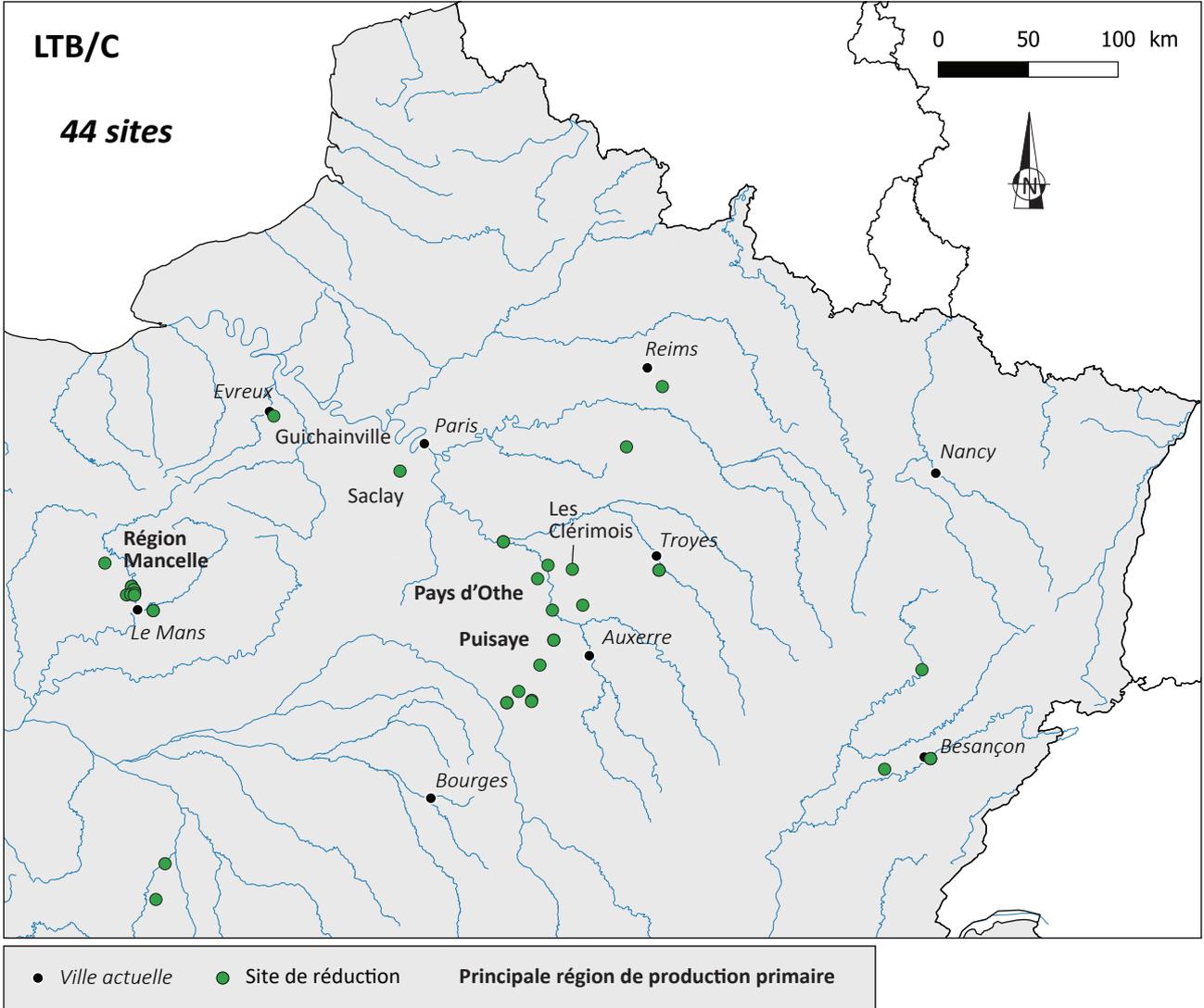
	800-400 cal. BC	400-200 cal. BC	après 200 cal. BC
Fours à scories piégées (U. Unique)	41	5	1
Fours à scories piégées (U. Multiple)	15	8	4
Fours à scories écoulées	0	0	18

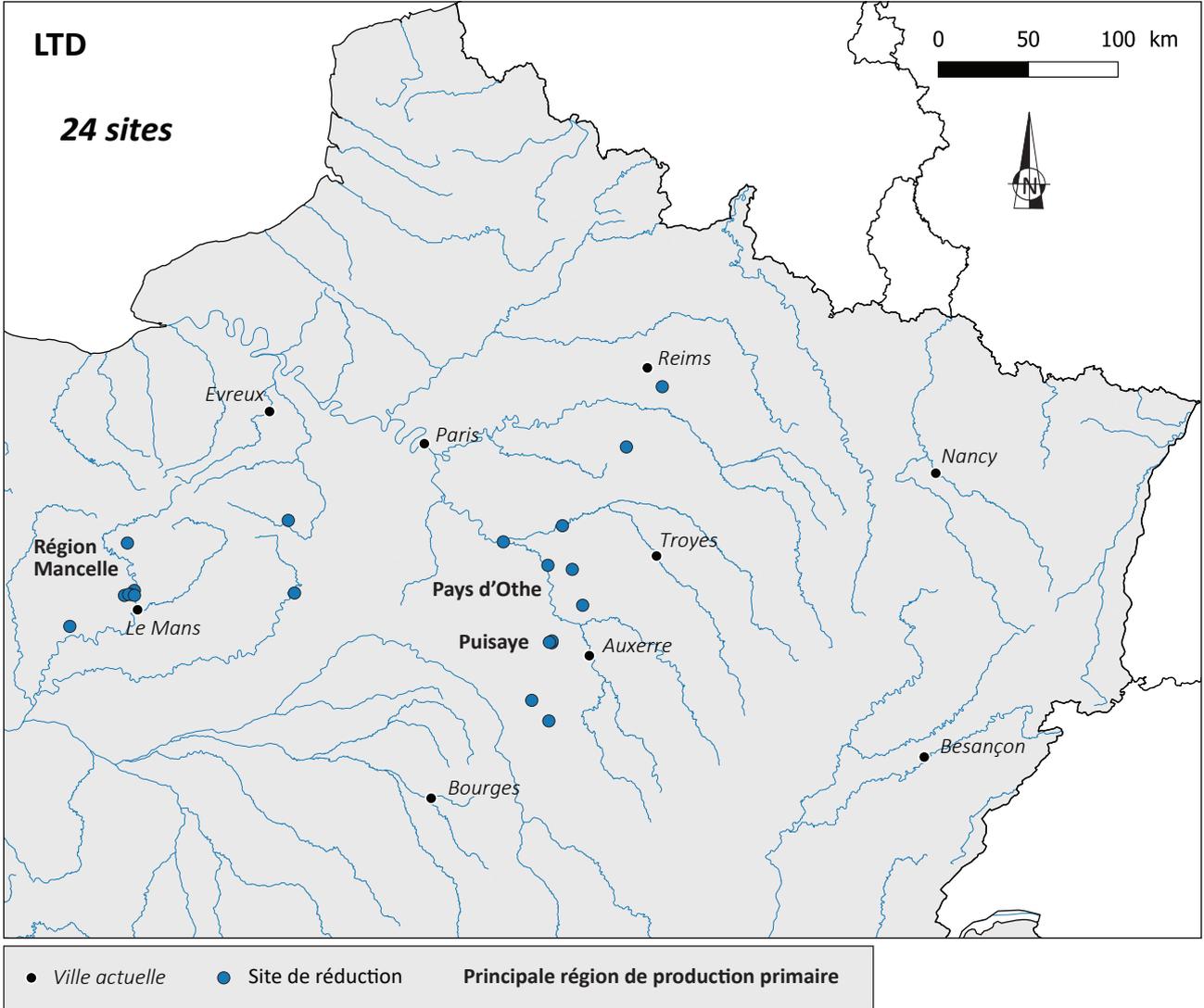


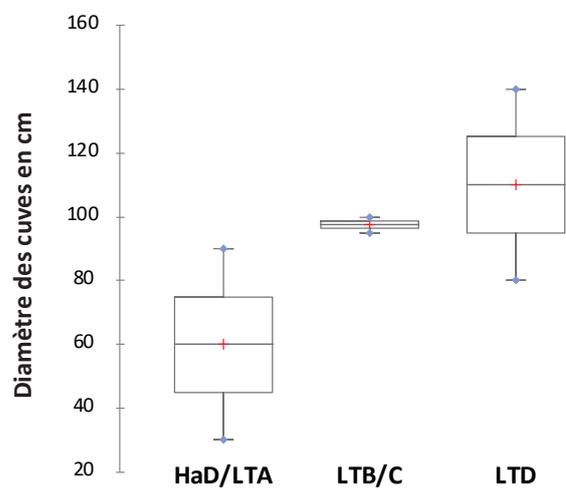
	HaD/LTA	LTB/C	LTD
■ Déchets isolés	16	12	5
■ Sites avec b. fourneaux ou amas	27	32	19

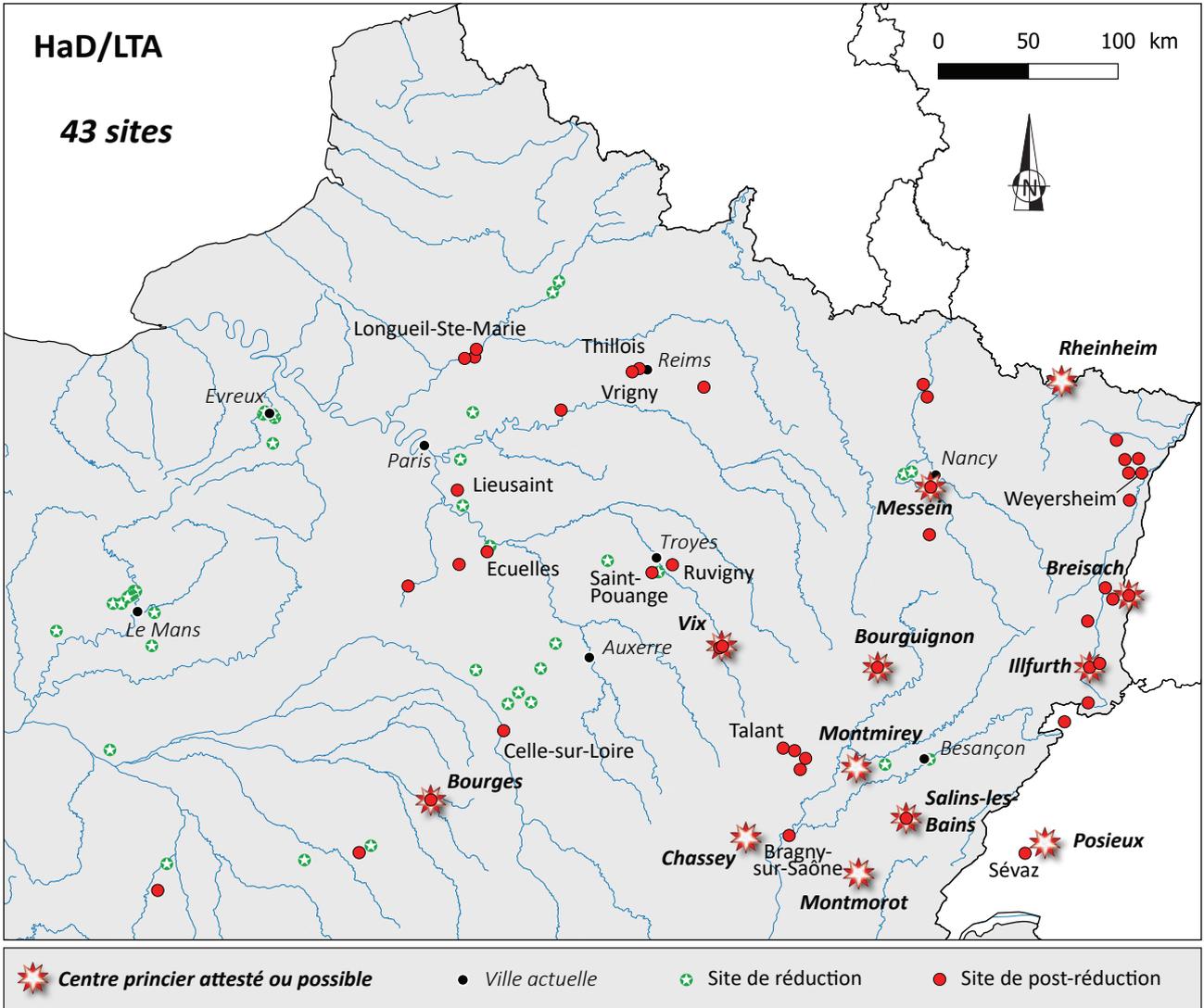


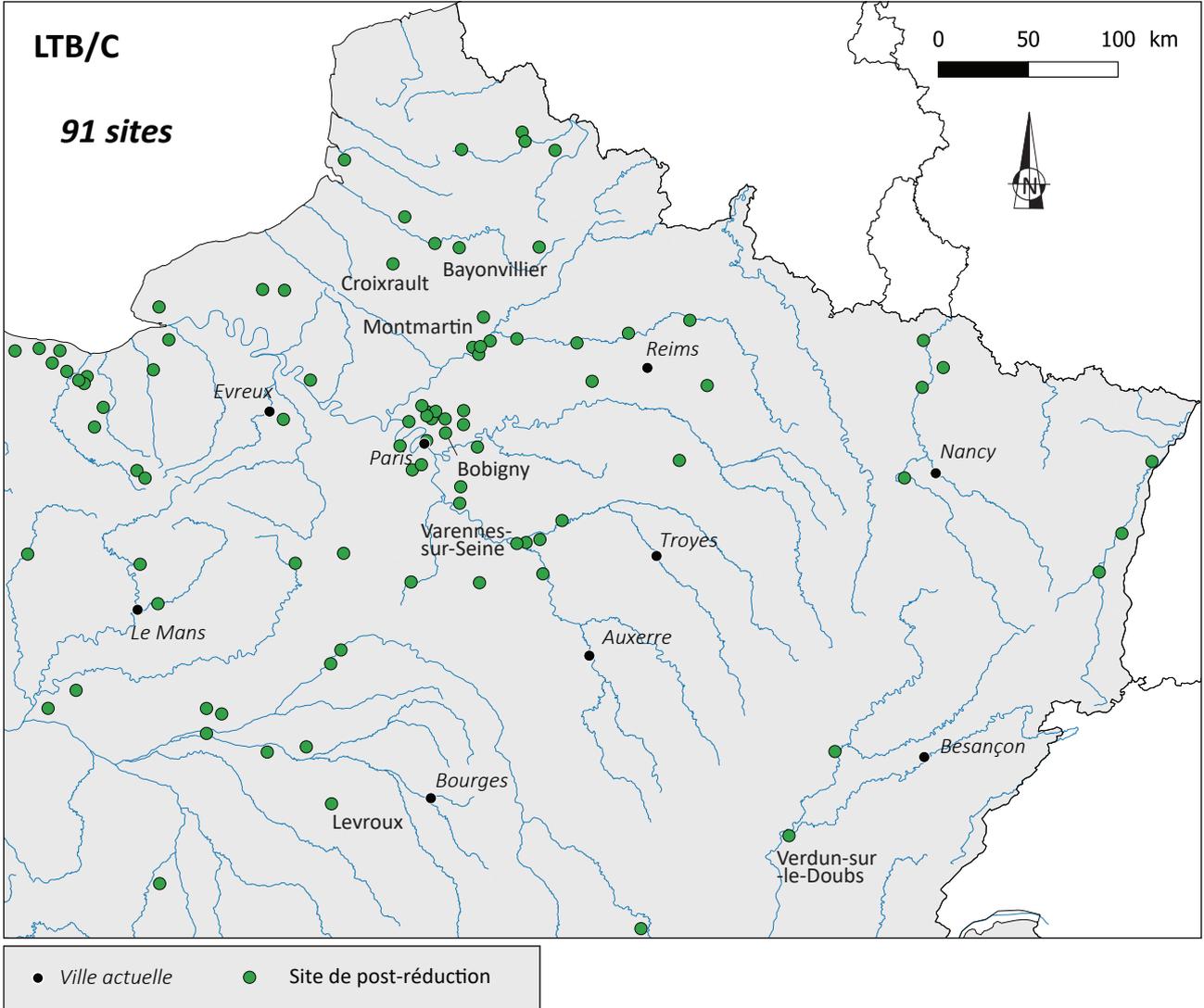


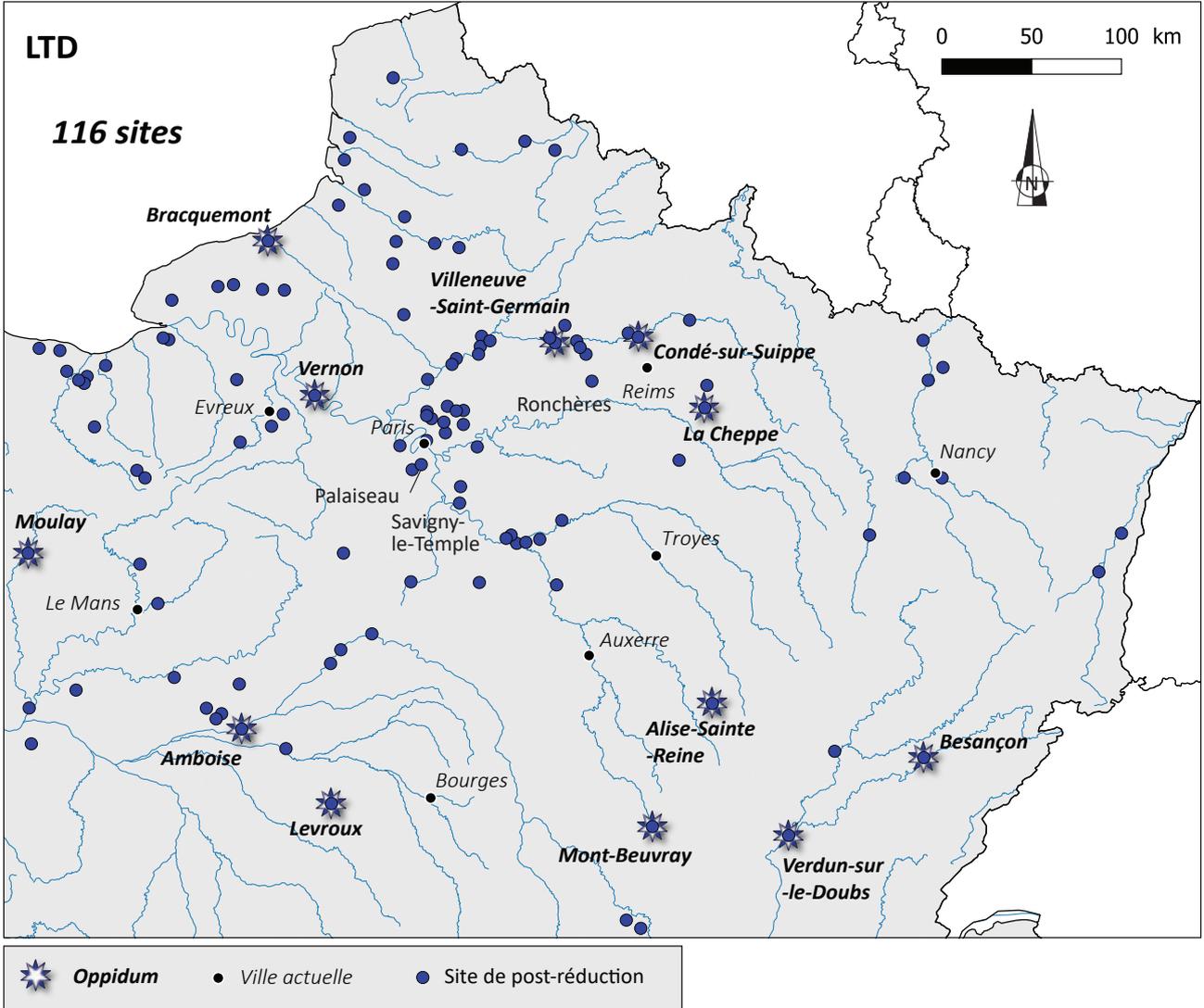


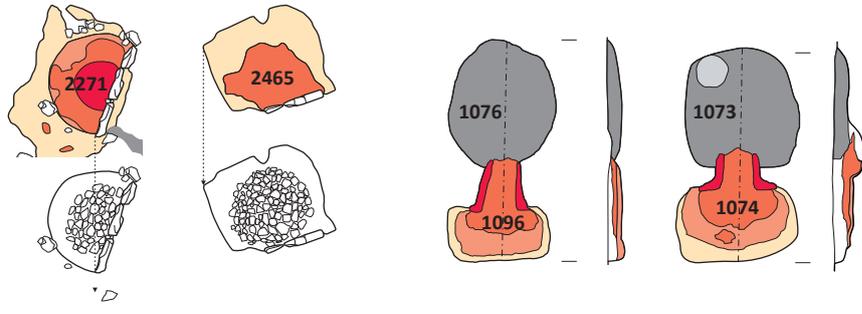






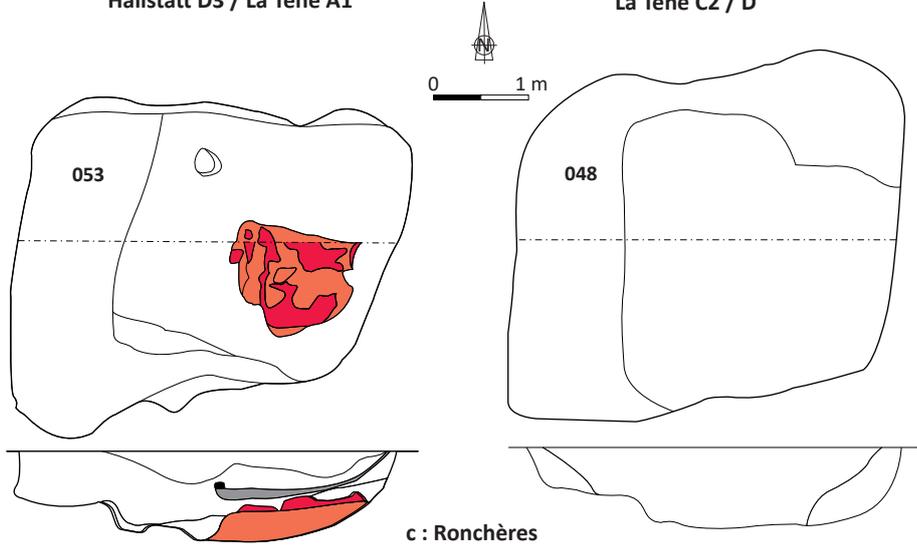




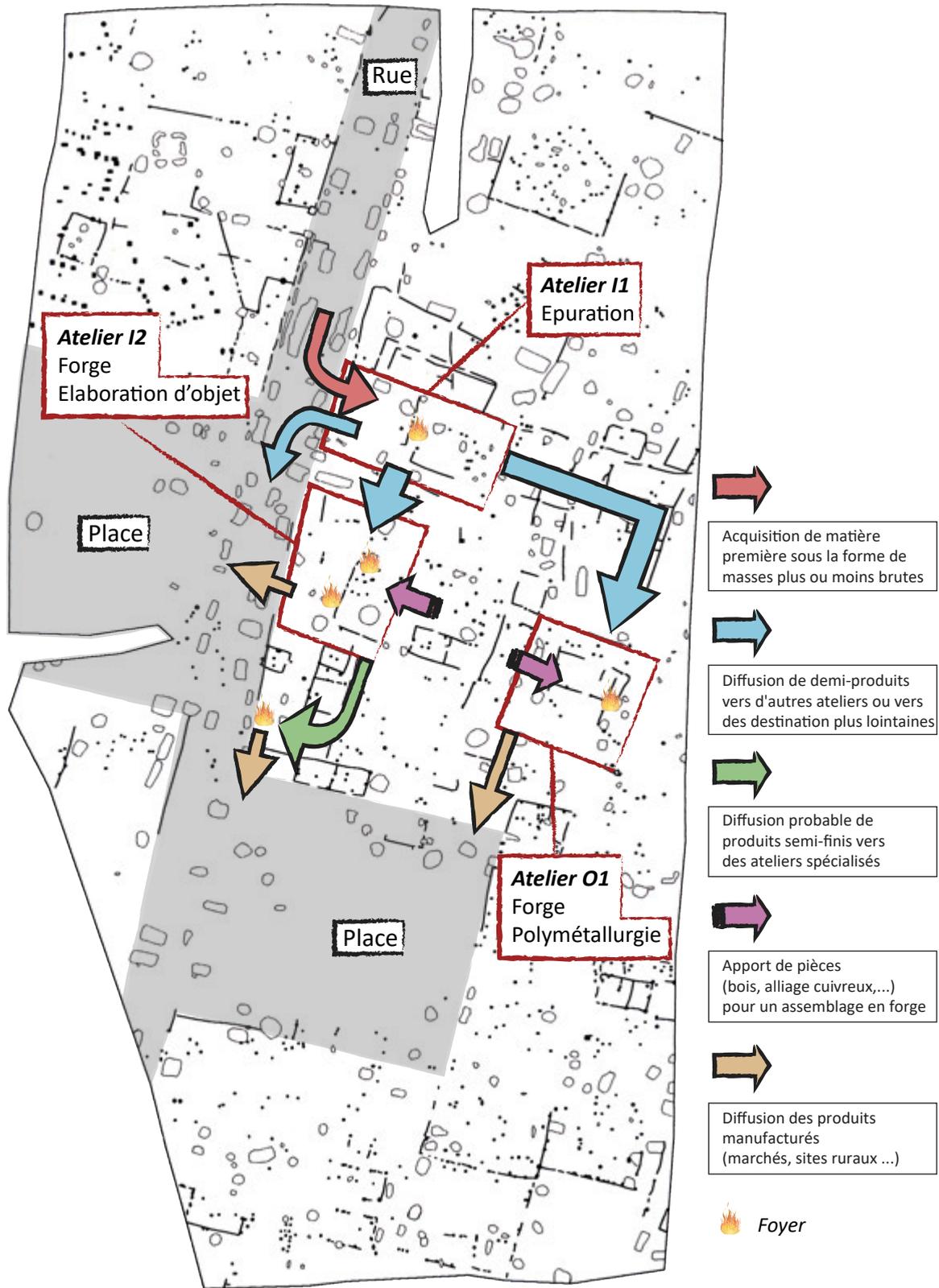


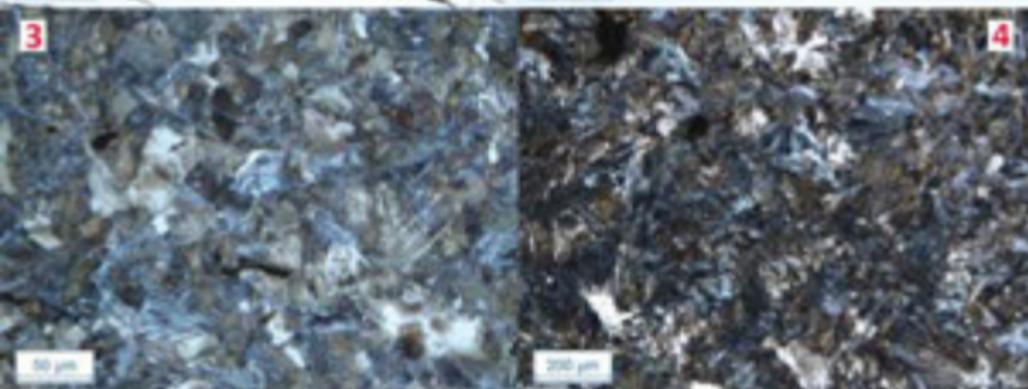
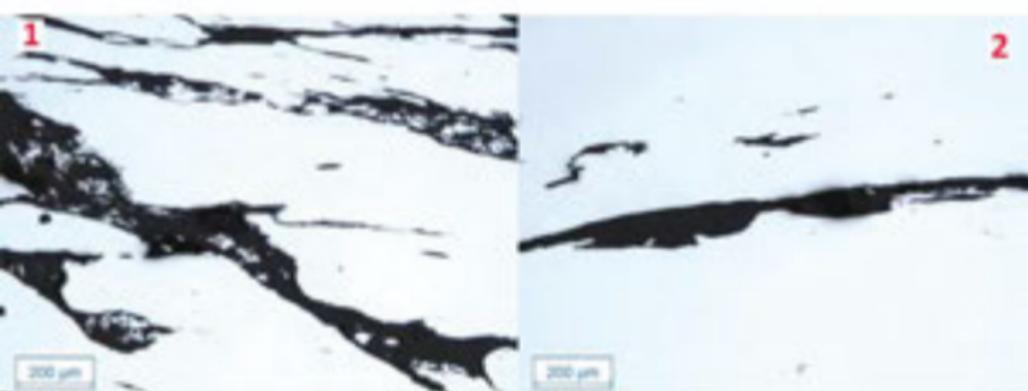
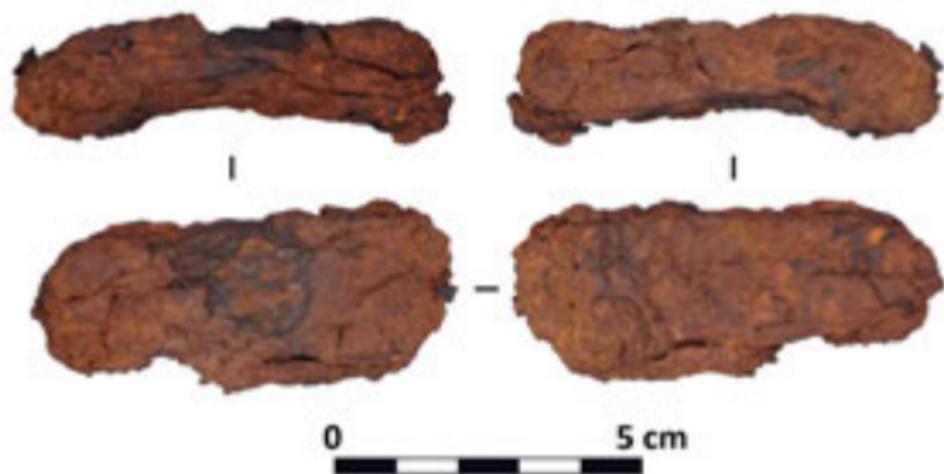
**a : Talant / Plombières-les-Dijon**  
**« Peute Combe, Les Vaux Bruns » (Côte-d'Or)**  
**Hallstatt D3 / La Tène A1**

**b : Palaiseau « Les Trois Marres »**  
**(Essonne)**  
**La Tène C2 / D**

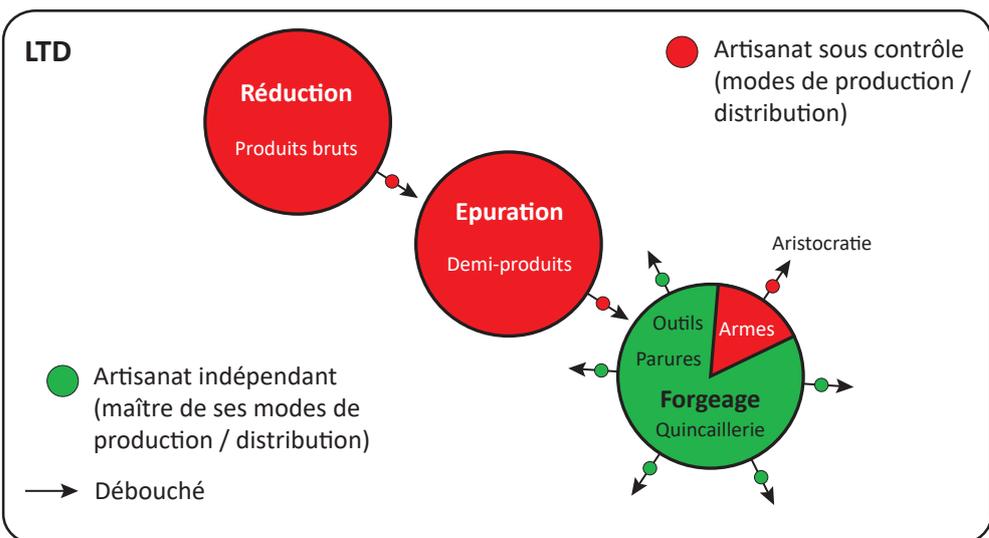
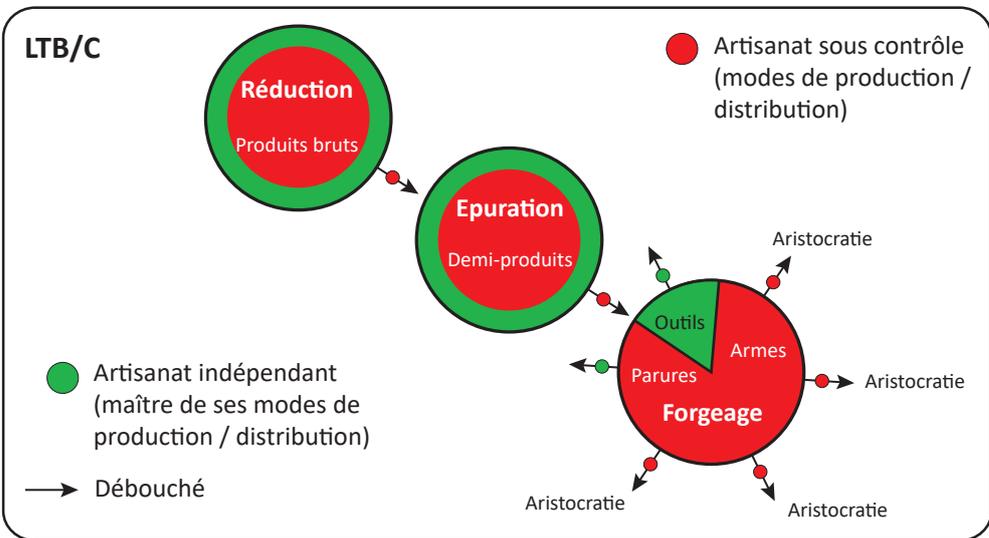
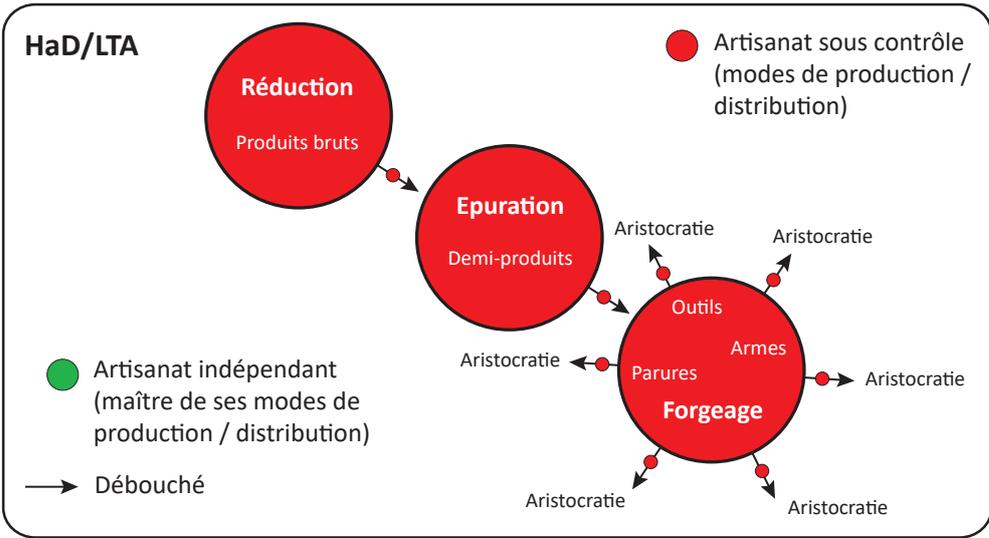


**c : Ronnières**  
**« Bois de la Forge » (Aisne)**  
**La Tène D**





		Composition unité de travail / scale			Savoir-faire / skill			Intensité			Concentration		Contexte / relations aux élites		
Costin 1991		Familiale	Manufacture					Temps partiel	Plein temps		Dispersé	Groupé	Indépdtd	Dépdt	
		-	←-----→		+			-	←-----→		+		-	←-----→	+
Brun et al. 2006		Dim° unité de production / volumes de production			Niveau de technicité			Périodicité / niveau de dépendance vivrière							
Roux 2000		Maisonnée	Atelier	Manufacture	Simples	Complexes	Experts	Faible	Moyen	Elevé					
En réduction	HaD/LTA	? <----->			<-----> ?			<----->			<----->		? <----->		
	LTB/C	? <----->			<-----> ?			? <----->			<----->		<----->		
	LTD	<----->			<----->			<----->			<----->		<----->		
En forge	HaD/LTA	<-----> ?			<----->			? <----->			? <----->		<----->		
	LTB/C	? <----->			<----->			? <----->			<----->		? <----->		
	LTD	<----->			<----->			<----->			<----->		<----->		



<b>Localité</b>	<b>Dep.</b>	<b>Nom du site</b>	<b>Scories de forge (gr)</b>
Longueil-Ste-Marie	60	Le Barrage	14
Lieusaint	77	Zac des Pyramides	199
Ruvigny	10	Proche l'Eglise	440
Saint-Pouange	10	La Voie Minante	1107
Talant	21	La Peute-Combe	1422
Thillois	51	Parc Millésime	2435
Ecuelles	77	Charmoy	2491
Vrigny	51	Les Cuminnes Basses	3392
Bourges	18	Port Sec Sud	11720
Weyersheim	67	Les Hauts de la Zorn	67000
La Celle-sur-Loire	58	Bois Jarrier 3	96000
Bragny-sur-Saône	71	Sous Moussière	1360000