



HAL
open science

Les bas fourneaux de réduction du fer (Ier s. av. J.-C.) des Martys (Aude, France). Note additionnelle à Martys 2

Claude Domergue

► **To cite this version:**

Claude Domergue. Les bas fourneaux de réduction du fer (Ier s. av. J.-C.) des Martys (Aude, France). Note additionnelle à Martys 2. *Revue archéologique de Narbonnaise*, 2016, 49, pp.137-150. <10.3406/ran.2016.1931>. <hal-04257147>

HAL Id: hal-04257147

<https://univ-tlse2.hal.science/hal-04257147v1>

Submitted on 24 Oct 2023

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

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



Distributed under a Creative Commons CC BY-NC 4.0 - Attribution - Non-commercial use - International License

Les bas fourneaux de réduction du fer (I^{er} s. av. J.-C.) des Martys (Aude, France).

Note additionnelle à *Martys 2*

– Claude DOMERGUE

À la mémoire de Francis Tollon et de Radomir Pleiner.

*Ils ne se sont sans doute jamais rencontrés,
mais l'un et l'autre ont œuvré, chacun dans son domaine,
pour une meilleure connaissance de la paléo-sidérurgie.*

▼ **Résumé :**

*Dans l'établissement sidérurgique romain des Martys (I^{er} s. av. J.-C.), plusieurs circonstances ont interféré lors de la conception du bas fourneau qui deviendra classique sur le site et dans les environs. Certaines d'entre elles ont déjà été évoquées dans l'ouvrage *Martys 2*, qui vient d'être publié (2016) dans les *Suppléments de la RAN : le rôle des Italiens, l'impact de l'environnement lointain (les fourneaux celtes de grand format?) et immédiat (les boules de granite du site). Nous les rappelons ici avant de nous attarder sur un élément nouveau du système de ventilation, qui révèle l'influence des sidérurgistes ibères et qui justifie la publication de cette note additionnelle.**

▼ **Mots-clés :**

Paléo-sidérurgie, époque romaine, Les Martys, bas fourneaux, ventilation, Italiens, Gaulois, Ibères.

▼ **Abstract :**

*In the Roman iron-smelting settlement (1st century B.C.) near Les Martys, several circumstances have interfered at the time of the conception of the shaft-furnace, which will become a classical feature on the site itself and the neighbourhood. Some of them have already been evoked in *Martys 2*, which has just been published (2016) in the *RAN Suppléments : the part played by the Italians, the impact of the environment, both distant (the big-sized Celtic furnaces?) and local (the granite boulders on the site). They are recorded here, before we emphasize another item of the blowing-system, which brings to light the influence of the Iberian iron-smelters and justifies the publication of this additional note.**

▼ **Keywords :**

Ancient iron-smelting, Roman time, Les Martys, shaft-furnaces, blowing system, Italians, Gauls, Iberians.

La RAN vient d'éditer, sous le numéro 43 de ses *Suppléments*, notre ouvrage, *Martys 2* (Fabre *et al.* dir. 2016) qui présente les résultats des recherches (fouilles archéologiques, examens en laboratoire et expérimentations) menées, entre 1991 et 2016, par notre équipe toulousaine dans le complexe sidérurgique romain des Martys (Aude, France) (fig. 1a). Dans ce livre, qui porte sur la première période des Martys (I^{er} s. av. J.-C.), nous avons traité largement des fleurons du site : les bas fourneaux de réduction du fer ; nous avons étudié et publié en détail, avec force photographies, relevés et tableaux, ceux de grand module (fig. 2) : nous en avons tiré un modèle, le type classique des Martys, en face duquel l'unique exemplaire d'un bas fourneau de petit module étonne. Nous avons tenté d'expliquer cette situation en tenant compte des informations fournies par l'étude de la culture matérielle des sidérurgistes qui ont construit et fait fonctionner ces appareils.

On pourrait donc penser que nous avons tout dit de ce que nous savions à leur propos, des hypothèses que l'on pouvait échauffer sur leur origine possible et sur les influences qu'ils semblaient avoir reçues. Eh bien ! Non, il n'en est rien, car, alors que le livre était sous presse, il s'est produit un de ces événements que les chercheurs connaissent bien : au dernier moment – et même ici, trop tard – la lecture d'une publication récente (Villagordo Ros *et al.* 2014), qui éclaire soudain un point précis de la question, auquel on n'avait pas jusqu'alors prêté une attention suffisante.

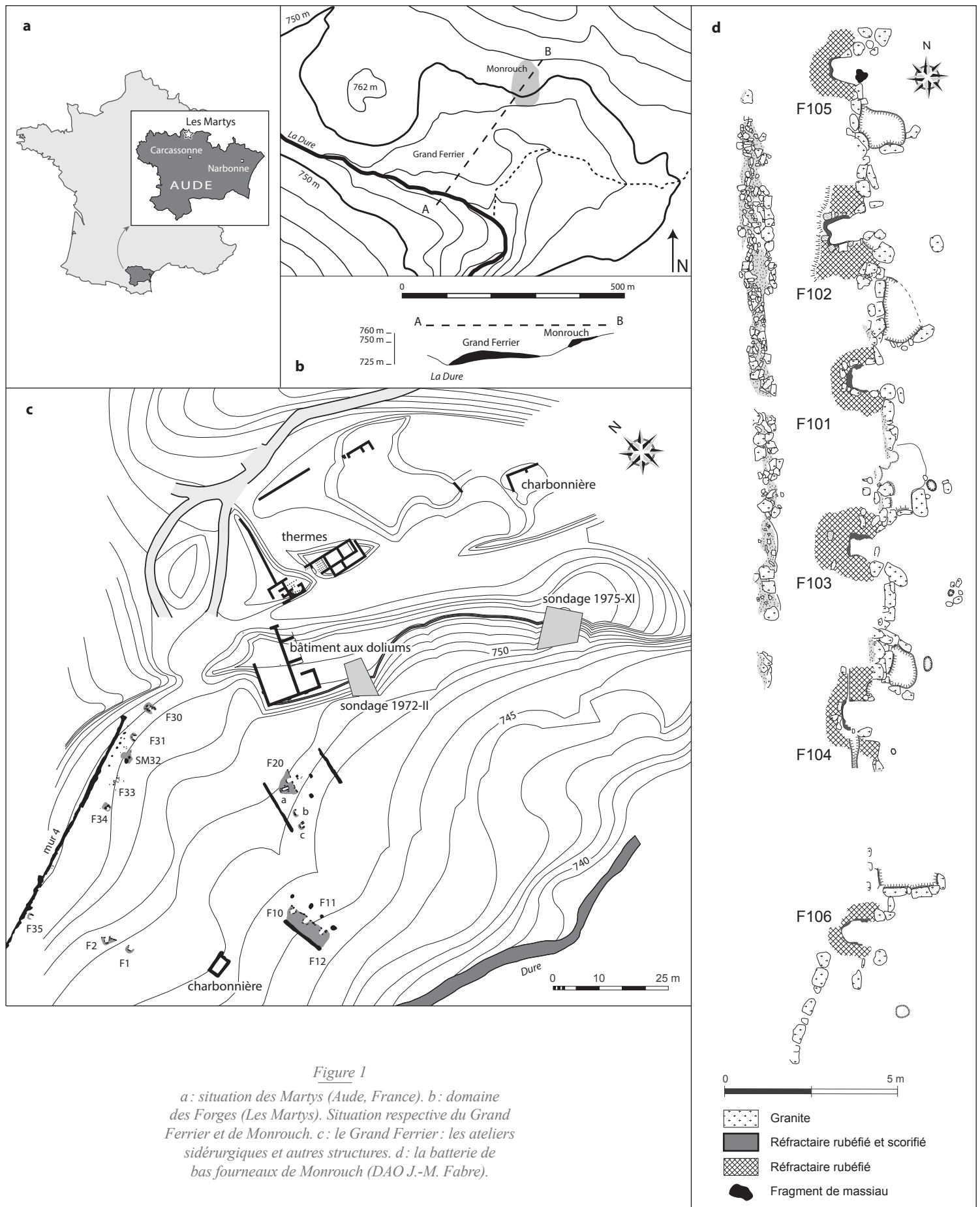


Figure 1

a : situation des Martys (Aude, France). b : domaine des Forges (Les Martys). Situation respective du Grand Ferrier et de Monrouch. c : le Grand Ferrier : les ateliers sidérurgiques et autres structures. d : la batterie de bas fourneaux de Monrouch (DAO J.-M. Fabre).

Nous reprenons donc ici la question de la naissance du bas fourneau du type classique des Martys. Nous rappellerons d'abord ce que nous croyons avoir mis en évidence dans *Martys 2*: les caractères essentiels du type, la culture matérielle italique dans laquelle baignaient ses concepteurs venus exploiter les gisements de fer de la région, le modèle de bas fourneau dont ils semblent avoir été porteurs, l'abandon de ce dernier; ensuite l'importance de l'environnement dans l'élaboration du nouveau modèle, peut-être influencé aussi par les grands fourneaux celtiques; enfin l'examen de ce détail morphologique, qui, repéré au détour d'une page dans un bas fourneau d'outre-Pyrénées, me paraît indiquer une influence ibérique indéniable.

1. LES DONNÉES

Les données qui vont être utilisées proviennent des deux principaux secteurs, le Grand Ferrier et Monrouch, du centre sidérurgique romain installé au cœur de la Montagne Noire, à quelque 750 m d'altitude, sur les bords d'un torrent aux eaux abondantes, la Dure, dans ce qui est aujourd'hui le domaine des Forges (voir Domergue dir. 1993 et Fabre *et al.* dir. 2016) (fig. 1b, c, d), et, plus précisément, d'ensembles datés dans les deux secteurs du I^{er} siècle a.C., époque où se situent les débuts de l'activité sidérurgique du site (Fabre *et al.* dir. 2016, 19-286).

1.1. Le bas fourneau "classique" des Martys

Ces données concernent d'abord ce que nous avons appelé le «bas fourneau classique» des Martys (fig. 3). Il a été présenté à plusieurs reprises (Domergue *et al.* 2003, 132-134; Fabre 2004, 62-63; Domergue 2007, 22; Domergue 2016a et b), chaque fois avec le souci d'en mieux comprendre la conception; je n'en rappellerai ici que les traits essentiels, renvoyant pour plus d'informations aux notices mentionnées ci-dessus, et principalement à la dernière.

Ce bas fourneau est constitué de deux parties: à la base, un socle puissant, haut de 0,90 m environ, le plus souvent constitué par de gros blocs de granite



Figure 2
Moitié septentrionale de la batterie de Monrouch, vue du sud-est: de gauche à droite, F 101, F 102, F 105. Noter les blocs de granite des piédroits des fourneaux et du mur de soutien de la terrasse dans laquelle sont encastrés les socles (cliché C. Domergue, 1995).

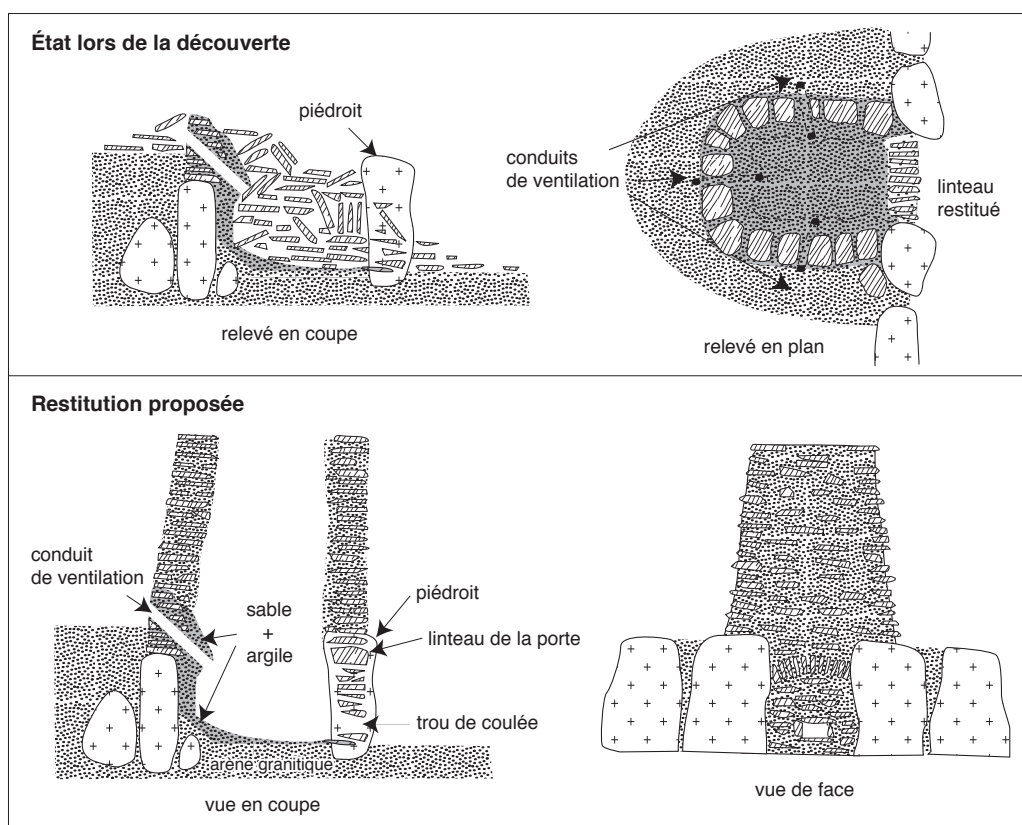


Figure 3
Schéma du bas fourneau classique des Martys ((DAO J.-M. Fabre, 2003). Haut: coupe longitudinale et amas de plaquettes de schiste provenant de l'effondrement de la cheminée; coupe horizontale au niveau de la base de la cheminée. Bas (restitution): coupe longitudinale et vue de l'avant.

profondément enfoncés dans le sol; ces blocs sont généralement au nombre de cinq: un à l'arrière, un sur chaque côté, et deux piédroits, situés à l'avant et dépassant les autres de quelque 0,30 m environ. Ainsi disposés et calés par des blocs plus petits, ces cinq gros blocs dessinent un fer à cheval qui mesure en moyenne, hors tout, entre 1,60 m et 1,90/2,00 m de longueur et de 1,40 m à 1,60 m de largeur.

On appréciera la puissance de cette structure en considérant le socle du bas fourneau F2, qui a été en



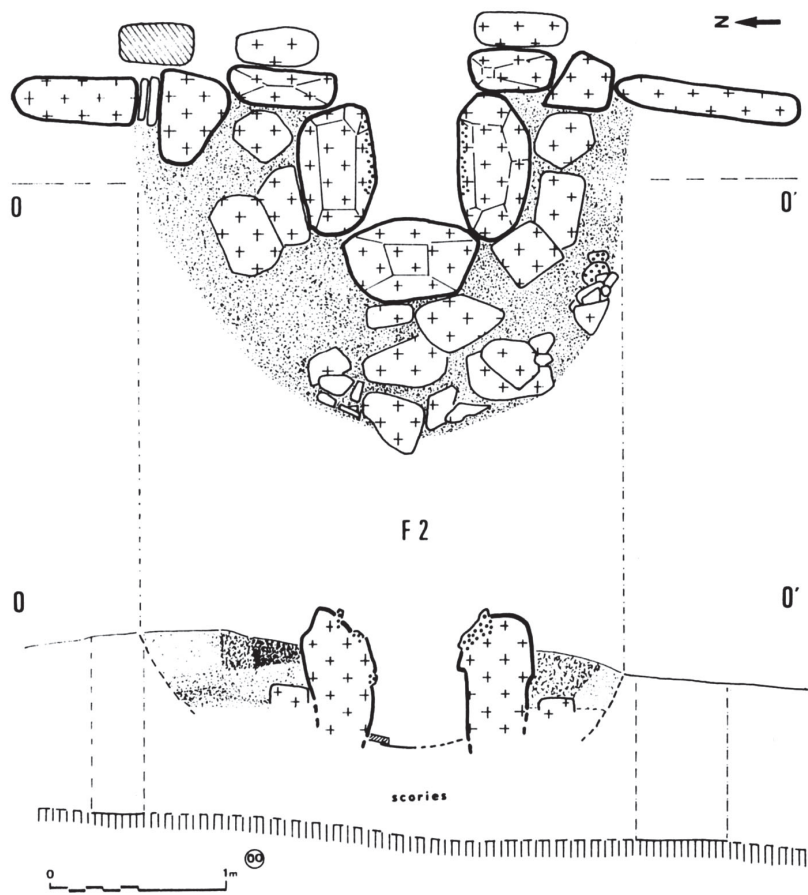


Figure 4 ▲
Le bas fourneau F2 au Grand Ferrier. Haut : relevé des blocs de granite utilisés dans la construction du socle. Bas : coupe transversale du socle (d'après Martys+, 278, fig. 188).

quelque sorte décortiqué¹, ce qui a permis de mesurer les cinq blocs avec précision (fig. 4) :

- bloc arrière. H. : 1,00 m ; L. : 0,68 m ; ép. : 0,32 m ;
- bloc latéral nord. H. : 0,98 m ; L. : 0,47 m ; ép. : 0,27 m ;
- bloc latéral sud. H. : 0,90 m ; L. : 0,73 m ; ép. : 0,22 m ;
- piédroit nord. H. : 1,30 m ; L. : 0,64 m ; ép. : 0,25 m ;
- piédroit sud. H. : 1,30 m ; L. : 0,57 m ; ép. : 0,27 m.

Ces blocs ne sont pas taillés. Ils ont été utilisés tels qu'ils ont été trouvés sur le site, fragmentés et modelés par l'action de l'érosion ; ce sont les « boules résiduelles » des géologues.

L'ensemble est disposé dans une cuvette creusée dans le sol sur la pente d'un talus (les premiers fourneaux) ou ménagée dans une terrasse artificielle (celle des batteries), maintenue par une rangée de blocs de granite dont font partie les deux piédroits. Cette cuvette est ensuite colmatée par du sable granitique, naturellement présent sur le site.

Les cinq blocs du socle délimitent un espace rectangulaire aux angles arrondis, dont les dimensions intérieures sont de 0,90/0,80 m x 0,70/0,60 m, autrement dit la section horizontale de la cuve à sa base.

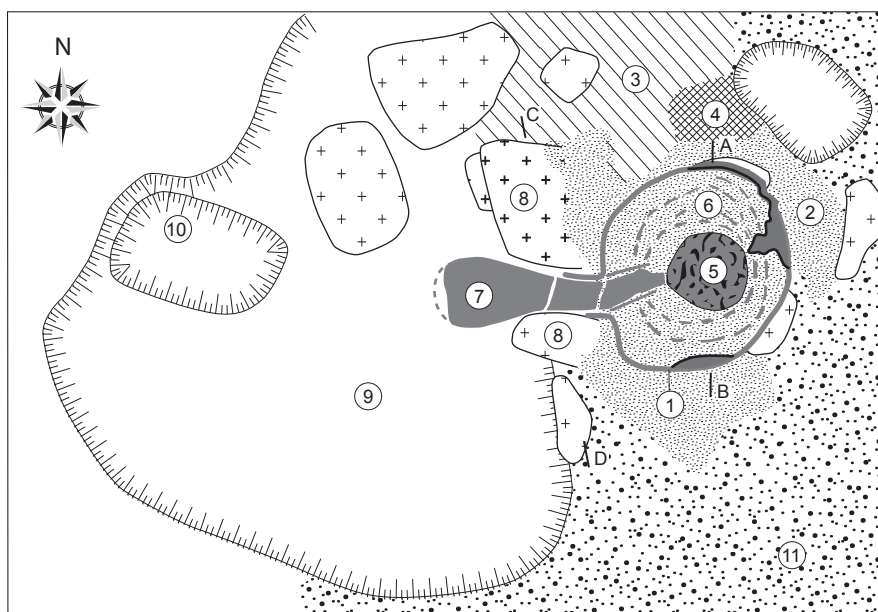
Ce socle s'ouvrait à l'avant, c'est par là qu'était extrait le massiau² une fois la réduction achevée. Tel est d'ailleurs l'état dans lequel on a retrouvé tous les exemplaires du type (fig. 2), tous ayant été abandonnés après leur dernière réduction et non remis en état. Lorsque le fourneau était en fonctionnement, le socle était fermé par une « porte » (sans doute un bouchon de réfractaire), au-dessus de laquelle un linteau légèrement voûté, construit en plaquettes de schiste posées à plat et liées au réfractaire, supportait de ce côté la cheminée (fig. 3).

La cheminée, superstructure plus légère, s'élevait sur le pourtour du socle, à l'exclusion des piédroits. Elle était construite en plaquettes de schiste – parfois de gneiss et aussi de granite – liées au réfractaire. Vu le nombre de plaquettes recueillies dans les niveaux d'effondrement d'un des fourneaux (F11, au Grand Ferrier), sa hauteur minimale était de 1,30 m ou 1,40 m. Mais il est possible que, pour des questions de tirage, elle ait atteint 1,50 m ou 1,60 m., ce qui donnerait au fourneau complet une hauteur de quelque 2,50 m. Si l'on s'en tient à la fouille de F105 (Monrouch), devant lequel la partie antérieure de la cheminée a été retrouvée abattue à plat sur le sol devant le socle (Fabre *et al.* 2016, 61-65), on peut penser que le mur de façade était plat et vertical. Mais on ne saurait dire si, en arrière, le reste de la cheminée s'élevait verticalement ou bien était légèrement incliné vers l'intérieur.

Intérieurement, la cuve (socle + cheminée) était revêtue d'une couche de réfractaire faite d'argile, de sable, de paille et d'eau. L'épaisseur de cet enduit pouvait varier de 3 à 8 cm. Les socles mis au jour portaient tous les restes de plusieurs (2 ou 3) couches superposées, ce qui montre que les rechapages devaient être fréquents avant toute réfection complète de ce revêtement.

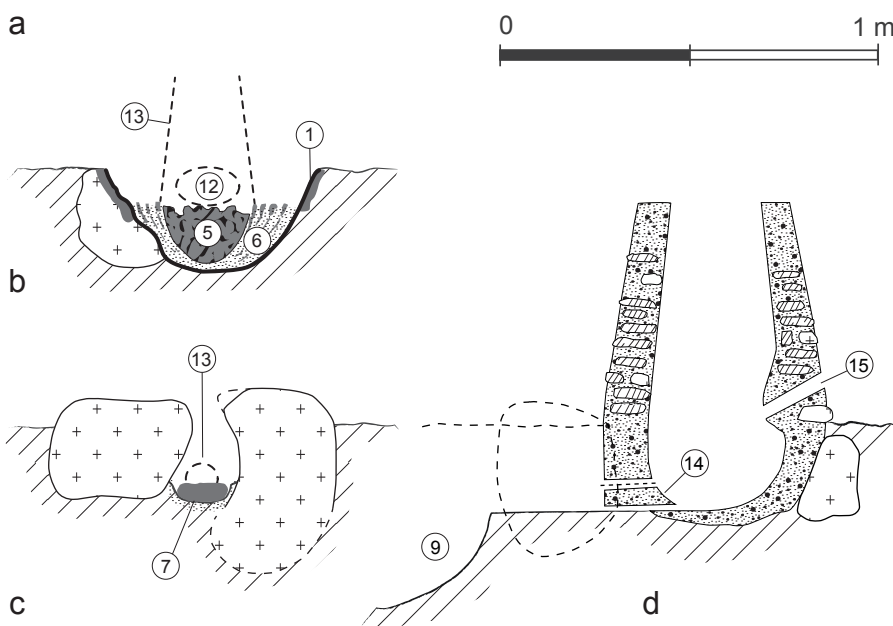
Les bas fourneaux de Monrouch – et spécialement F102 (Fabre *et al.* 2016, 50-54) – avaient conservé des restes de leur système de ventilation : à la base de la cheminée, au-dessus du couronnement du socle et par conséquent du niveau de la terrasse des batteries, s'ouvraient trois conduits inclinés vers l'intérieur à environ 45°, un à l'arrière et deux sur les côtés. D'un diamètre de 4 à 6 cm et longs d'environ 40 cm, ils étaient ménagés obliquement dans l'épaisseur de la paroi, d'abord entre les plaquettes de schiste puis au ras des blocs de granite du socle ; à leur arrivée dans la cuve, à quelque 40 cm au-dessus du fond, ils étaient prolongés par un embout de réfractaire qui formait une protubérance sur la paroi interne.

Le fond de la cuve était uni et en légère pente vers l'avant. À la base de la porte, devait être percé au moment



opportun le trou d'écoulement de la scorie, légèrement surélevé par rapport au niveau du sol, comme le montrent les éventails de scorie retrouvés dans les crassiers.

Aux Martys, ce modèle de fourneau se présente de deux façons différentes : ou bien plusieurs exemplaires sont disposés en batteries régulières, insérés dans une terrasse construite artificiellement (au Grand Ferrier : F1-F2, F10 à F12, F20 ; à Monrouch : F101 à F106 : fig. 2), ou bien ils sont grossièrement alignés sans ordre, comme au Grand Ferrier, devant le long mur 4 (fig. 1c) qui limitait le site au nord, où les fourneaux F30, F31/31 bis, F35, mêlés à d'autres structures métallurgiques, constituent un ensemble qui paraît être le plus ancien du site (Domergue et Fabre 2016, 170-171).



1.2. L'unique exemplaire d'un bas fourneau de petit module

Isolé parmi les bas fourneaux classiques de ce dernier groupe (fig. 1c), figure le seul exemplaire attesté sur le site d'un bas fourneau de petit module, F33 (fig. 5). Au vu de la fouille qui en a été faite (Domergue *et al.* 2003 ; Domergue et Fabre 2016, 165-167), on peut proposer la restitution suivante (fig. 6) :

- fond de la cuve (1) creusé dans le sol sur une profondeur de quelque 25 à 30 cm et entouré par de petits blocs de granite plus ou moins enterrés ; diamètre intérieur d'environ 0,50 m ; la sole de la cuve est en légère pente vers l'avant ;
- à l'avant, au niveau du fond, est ménagé, entre deux blocs de granite (8), le canal d'évacuation de la scorie

(14), qui débouche dans la fosse (9) creusée devant le fourneau ;

- en élévation au-dessus du sol et du fond du fourneau, cheminée (13) construite en plaquettes de schiste, de gneiss et de granite, liées au réfractaire ; hauteur : environ 0,70 à 0,80 m ; on peut se demander si cette cheminée avait une forme cylindrique ou légèrement tronconique (cf. fig. 6) ;
- intérieur de la cuve revêtu, du bas jusqu'en haut, d'une couche de réfractaire, ce qui réduisait le diamètre interne à 0,40/0,30 m ;
- à l'arrière, conduit de ventilation (15), sans doute incliné vers l'intérieur et pénétrant dans la cuve à 25 ou 30 cm environ au-dessus du fond, comme l'indique le bec de revêtement scorifié visible à cet emplacement.

▲ *Figure 5 (à gauche)*
Restes du bas fourneau F33, au "Grand Ferrier". Vue prise de l'avant. (cliché C. Domergue, 1995).

▲ *Figure 6 (à droite)*
Le bas fourneau F33 : a : relevé horizontal au niveau du sol. b : coupe transversale du bas de la cuve. c : coupe transversale au niveau du canal d'évacuation de la scorie. d : restitution (d'après Martys 2, 166, fig. 198).



Dans un tel fourneau, la scorie était évacuée à l'extérieur par le trou de coulée (14), tandis que le massiau de fer (12) était extrait par le haut, ce qui impliquait la destruction, au moins partielle, de la cheminée, et sa reconstruction avant toute nouvelle utilisation de l'appareil. Lors de la fouille de F 33, le fond de la cuve conservait encore la scorie produite par la dernière réduction – scorie de fond de fourneau (5) et scorie écoulee (7) – d'un poids total de 11 à 13 kg environ, ce qui correspond au traitement de 15 à 20 kg de minerai et à la production de 3 à 4 kg de fer. Le rechapage de la cuve pouvait s'effectuer sans qu'elle eût subi un curage préalable; ainsi on a relevé dans le fond de F 33 la présence de quatre couches d'enduit concentriques, ce qui a réduit d'autant le volume intérieur de la cuve pour la dernière réduction effectuée.

1.3. Nulle trace d'activité sidérurgique préromaine

Ni au domaine des Forges, ni ailleurs tout autour des Martys (Rico 2016, 271) on n'a retrouvé la moindre trace d'activité sidérurgique locale antérieure à l'époque romaine. Certes, d'autres métaux ont été exploités dans la Montagne Noire avant l'implantation des Romains dans le pays, le cuivre par exemple aux Barrenes (Lastours, Fournes-Cabardès, Aude) au second âge du Fer (Beyrie *et al.* 2011), mais la sidérurgie, dont les techniques extractives sont différentes, n'a pas tenté les populations locales.

1.4. La culture italique des premiers sidérurgistes des Martys

Dernière donnée fournie par l'archéologie, la forte coloration italique de la culture matérielle du groupe de sidérurgistes installés aux Martys au I^{er} s. av. J.-C. traduit l'existence d'un lien spécial entre ces derniers et l'Italie elle-même. L'usage précoce de l'écriture latine, les habitudes de cuisine révélées par l'examen de la céramique, la consommation «à la Romaine» de vin, d'huile et de conserves de poissons dont témoignent les amphores découvertes sur les deux sites (Benquet *et al.* 2016, 185-245), l'importation et l'usage d'appareils également typiques du monde italique (les moulins à farine du type pompéien, provenant des carrières proches d'Orvieto: Domergue 1993, 339-342; Domergue *et al.* 1997; Coustures *et al.* 2016 b, 333-334), bref, tout cela est révélateur de la force de cette relation (Gorgues 2016, 209-216), même si l'élément indigène est présent, par exemple dans l'usage d'une abondante vaisselle de table locale. Aussi A. Gorgues verrait-il volontiers dans cette population des Martys une communauté plutôt mixte (Gorgues 2016, 216), comprenant un groupe «dirigeant» – des entrepreneurs Italiens à l'origine

de l'implantation du site sidérurgique – et une population locale servant de main-d'œuvre.

2. L'INTERPRÉTATION

Comment interpréter ces faits? On ne s'improvise pas sidérurgiste. Au nombre de ces *negotiatores* romains dont, au dire de Cicéron (*Pro Fonteio*, 5, 11-12), regorgent la Narbonnaise vers les années 70 av. J.-C., et sans doute aussi la Gaule indépendante³, figurent sûrement des entrepreneurs, dont les agents (des prospecteurs) ont repéré les gisements de fer de la Montagne Noire. Dans cette région, où il n'existe pas de tradition sidérurgique indigène, ces entrepreneurs ne peuvent arriver qu'avec des équipes de spécialistes. À l'origine, ceux des Martys, on l'a vu, viennent vraisemblablement d'Italie, où le seul district sidérurgique de quelque importance est celui de Populonia-île d'Elbe. Les auteurs anciens attestent son activité au moins de la 2^e guerre Punique (Tite Live, 28, 45, 15) à l'époque augustéenne (Diodore de Sicile, *Bibliothèque Historique*, 5, 12, 1-2; Strabon, *Géographie*, 5, 2, 6). Il ne paraît donc pas illégitime de penser que c'est de ce district que vient l'équipe de spécialistes qui va lancer la production de fer aux Martys, et, dans ce cas, ces gens étaient porteurs de la «culture sidérurgique» en usage dans ce district.

2.1. Un bas fourneau de petit module aux Martys: sur un modèle du district Populonia-île d'Elbe?

On connaît malheureusement trop peu la sidérurgie de Populonia, en particulier les bas fourneaux qui étaient utilisés pour le traitement des minerais de l'île d'Elbe. Des prospections anciennes ont cependant révélé, près de Populonia, sur le golfe Baratti, l'existence d'un bas fourneau de réduction de petit format dont seule était conservée la partie inférieure. De forme circulaire (diam. intérieur: 0,30 m) (Voss 1988), ce fourneau était muni d'un dispositif de ventilation (un conduit incliné situé à l'arrière), il écoulait sa scorie à l'extérieur, et il a été daté par radio-carbone du II^e s. av. J.-C. (fig. 7). Ce modèle a peut-être son correspondant dans l'île d'Elbe, où des fouilles relativement récentes ont mis au jour à San Bennato, sur la côte nord-est de l'île, les restes d'un petit fourneau métallurgique circulaire (Corretti et Firmati 2011), qui, si l'on en croit les scories écoulées et les fragments de tuyères trouvés au voisinage, a pu fonctionner de la même façon que celui du golfe Baratti; il est daté du II^e/I^{er} s. av. J.-C. Ces témoignages tendent à montrer qu'à cette époque, un bas fourneau de petit format était en usage dans le district de Populonia-île d'Elbe, un modèle étrangement proche de notre F 33.



Or F33 est effectivement contemporain de ces bas fourneaux, et, vu son emplacement au Grand Ferrier, il fait partie des premières structures métallurgiques mises en place sur le site (Domergue et Fabre 2016, 170-171). De plus, compte tenu de ce que nous savons du groupe humain alors installé aux Martys et de sa culture, nous le considérerions volontiers comme représentatif de la sidérurgie de Populonia. Enfin, l'état dans lequel il a été trouvé montre que son fonctionnement était parfaitement au point et qu'il avait servi à plusieurs reprises. Dans ces conditions, pourquoi n'a-t-il pas été généralisé aux Martys ?

Deux explications, non exclusives l'une de l'autre, peuvent être avancées :

- d'une part, le fourneau F33 n'est pas d'un usage commode. La configuration de la base de sa façade, si elle est bien adaptée à l'écoulement de la scorie, ne convient pas pour l'extraction du massiau par l'avant. On ne pouvait retirer ce dernier que par le haut, ce qui impliquait la destruction de la cheminée, et sa réfection avant une nouvelle opération : autant de manœuvres que le fourneau du type classique, avec sa « porte » qu'on peut percer et colmater à la demande, rend inutiles ;
- d'autre part, devant l'abondance des gisements ferreux offerte par la région, la capacité de production – de l'ordre de 2 à 3 kg, rappelons-le – du modèle que nous appellerions volontiers « modèle de Populonia », a sans doute paru insuffisante, à une époque où, déjà, une production de masse doit répondre à une demande croissante. De fait, le fourneau qui finalement sera adopté, le type classique des Martys, devait pouvoir produire, au vu de la masse de scorie obtenue (écoulement + fond de fourneau : plus de 100 kg) au cours d'une réduction, un massiau d'environ 30 kg. La différence est considérable. Nos sidérurgistes ont donc dû chercher à concevoir un bas fourneau d'une capacité plus élevée.

2.2. Une influence des bas fourneaux gaulois de grand module sur le modèle classique des Martys ?

C'est ici que l'environnement lointain, celui des grands fourneaux gaulois, a pu jouer ; nous l'avons suggéré naguère, en rapprochant le bas fourneau romain classique des Martys d'un modèle celtique de grand format, tel que le fourneau de L'Aunay-Truchet (Domergue 2007, 23-26). L'hypothèse est totale, mais pour l'étayer on peut invoquer, comme on l'a vu plus haut, les facilités de déplacement des *negotiatores* romains – et de leurs agents – non seulement à travers la Narbonnaise, mais aussi dans la Gaule indépendante : à l'occasion de contacts effectués dans ce cadre, l'idée d'un modèle de plus grand volume a pu s'imposer à l'esprit des « pères

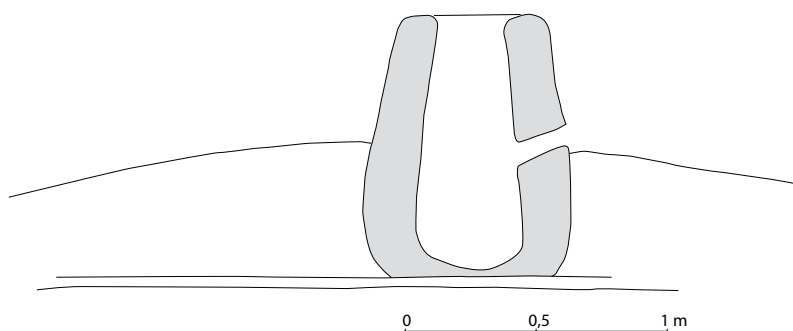


Figure 7
Restitution du bas fourneau du golfe Baratti, Populonia (Italie)
(d'après Voss 1988, 95, fig. 5).

fondateurs » des Martys. Idée d'autant plus réalisable qu'aux Martys, l'environnement naturel offrait, de ce point de vue, d'indéniables possibilités. Or le choix du site (celui du domaine des Forges) n'est pas dû au hasard.

2.3. Pourquoi un centre sidérurgique aux Martys ?

En règle générale, un établissement métallurgique a besoin, à la fois, de minerais et des matières premières nécessaires à la construction des fourneaux et à leur fonctionnement (Pelet 1973, 152). Les uns et les autres peuvent se trouver réunis en un même lieu, mais c'est loin d'être toujours le cas. Aussi, au moment de décider de l'emplacement de son futur établissement, le métallurgiste d'antan pouvait hésiter entre deux formules : ou bien l'implanter sur le lieu d'extraction du minerai, ou bien choisir l'endroit où il trouverait les matières premières dont il aurait besoin : de l'eau, des matériaux de construction (roche, sable, argile) et – pour fabriquer du charbon de bois, l'indispensable combustible – des forêts.

Les minerais traités dans les bas fourneaux des Martys ne se trouvent pas sur place : ils proviennent de chapeaux de fer situés à quelque 10 ou 15 km de là, un peu plus bas sur le versant méridional de la Montagne Noire (fig. 8) à Cabrespine, Carrus, La Pierre Plantée, Roc des Cors, Séries, voire Salsigne (Tollon 1993b, 247 ; Béziat *et al.* 2016, 297-298), où les terrains ne sont pas de granite, mais d'autres types de roche (en particulier du schiste) qui, pour construire les puissants socles des bas fourneaux, n'offraient pas les mêmes possibilités que les gros blocs de granite dont regorgeait le secteur des Martys. Quitte à devoir transporter le minerai sur plusieurs kilomètres, les premiers sidérurgistes des Martys ont donc préféré s'installer davantage en altitude (les vents), près de la Dure (l'eau), dans le granite des Martys. Tel paysage actuel du Sidobre voisin (fig. 9) peut permettre de se représenter ce que devait être le site du Grand Ferrier avant qu'il ne fût bouleversé par l'activité sidérurgique : sous une haute futaie, principalement de hêtres⁴, des blocs de granite de tout

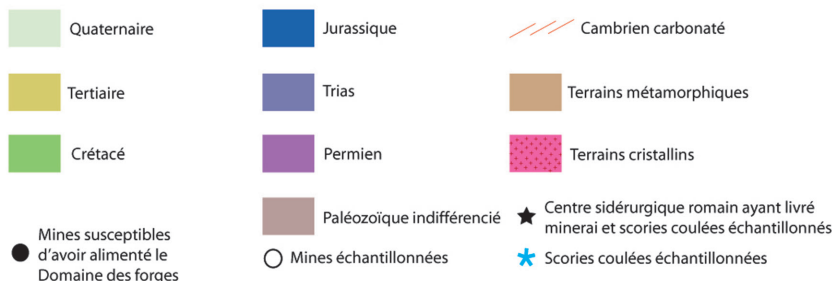
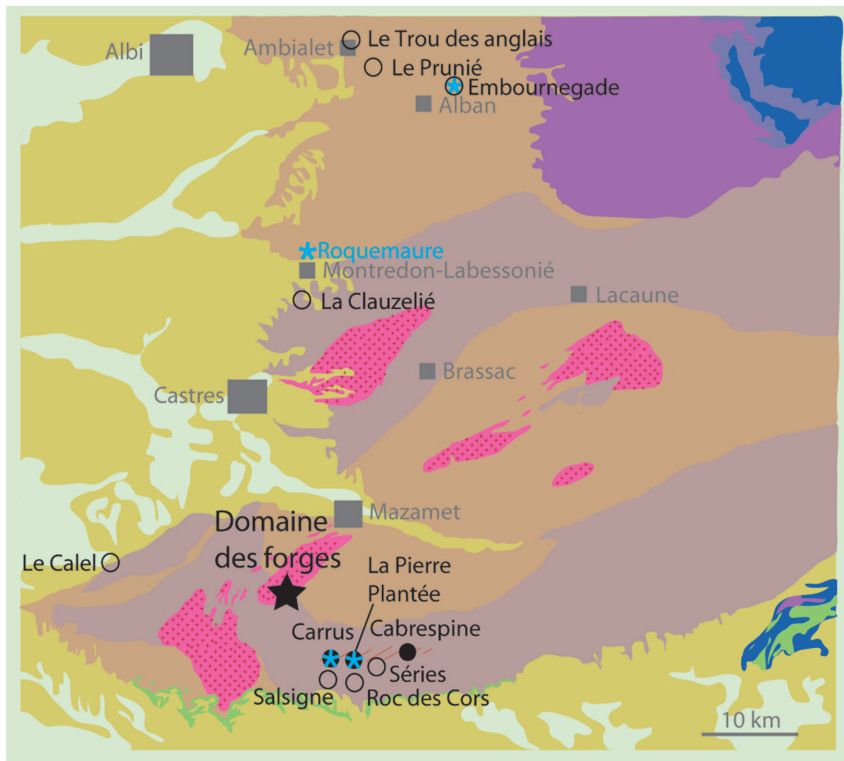


Figure 8

La bordure méridionale du Massif Central (France) : carte géologique simplifiée (d'après Martys 2, fig. 1). En bas, à gauche, la Montagne Noire ; plus haut, à droite, le Sidobre (zone de Brassac-Lacaune).

Figure 9

Paysage du Sidobre (Tarn, France) : forêt de hêtres et boules de granite (cliché C. Domergue, 2016).

format, plus ou moins arrondis, fendillés par les diaclases, découpés par de larges fissures, usés par l'érosion et, pour certains, relativement faciles à déplacer – à la rigueur avec des appareils de levage⁵ – pointent çà et là au-dessus du sol. On pouvait donc trouver sur



place des blocs solides et prêts à l'emploi, qui permettaient de bâtir une structure massive, puissante et, qualité suprême, d'une grande inertie thermique. D'où cette robustesse du bas fourneau classique, dont l'aspect massif du socle est, avec le volume de l'ensemble de l'appareil, l'une des originalités les plus évidentes. Il y avait aussi là de l'argile et du sable, produits de la décomposition du granite, nécessaires à la confection du réfractaire. Enfin, les plaquettes de schiste et de gneiss utilisées dans la construction de la cheminée étaient disponibles tout près, puisque, aux Martys, les granites sont au contact immédiat des gneiss du massif de Nore et des schistes du versant sud (Tollon 1993a).

2.4. Le détail technique révélateur de l'influence ibérique

Pour le reste, le fourneau «classique» est doté des aménagements habituels à cette date dans les bas fourneaux des mondes méditerranéen et celtique : une «porte» facile à ouvrir et à obturer à nouveau, un mode efficace d'évacuation de la scorie, enfin un système de ventilation calculé avec précision. Arrêtons-nous un instant sur ce dernier, d'après l'exemple de F 102 (Fabre *et al.* 2016, 50-54) (fig. 10 à 12). Ce système est constitué par trois conduits qui traversent obliquement la maçonnerie, de façon, semble-t-il, que les trois courants d'air qui entrent par eux dans le fourneau convergent vers un même point situé vers l'avant, à une trentaine de centimètres de la porte et à une quinzaine au-dessus de la sole (fig. 12). Les ouvriers chargés de la construction des fourneaux devaient y ménager ces conduits en insérant à travers la maçonnerie des rondins de bois parfaitement calibrés, autour desquels se moulait l'argile utilisée dans la construction de la cheminée. À leur arrivée dans la cuve, ces conduits étaient prolongés d'une quinzaine de centimètres à l'intérieur grâce à

une espèce d'embout en réfractaire en forme de mamelle, qui était collé étroitement au revêtement de la paroi. À Monrouch, deux étaient conservés in situ dans F 102, l'un à l'arrière, l'autre sur un côté, quelque peu déformés par la chaleur mais parfaitement reconnaissables, avec l'orifice du conduit totalement dégagé (fig. 10) ; celui du côté opposé s'était détaché de la paroi et a été retrouvé presque intact dans les déblais (fig. 11).

À ma connaissance, outre ceux des Martys, les seuls bas fourneaux antiques dont les conduits de ventilation soient ainsi équipés sont situés en Espagne. Ce sont ceux de La Juncada,



Figure 10
Le bas fourneau F 102 de la batterie de Monrouch. Vue de l'intérieur du socle. *Noter, au fond et à droite, les embouts en forme de mamelle des conduits de ventilation (cliché C. Domergue, 1993).*

Figure 11
Le bas fourneau F 102 (Monrouch) : l'embout détaché de la paroi gauche. H. : 27 cm. Diamètre de l'orifice : 4 cm. Extérieur noirci et scorifié ; intérieur friable, coloré de diverses teintes, du rouge au jaune. a) aspect extérieur, b) aspect intérieur (clichés C. Domergue, 1994).

Figure 12
Le bas fourneau F 102 (Monrouch) : les jalons passés dans les conduits de ventilation restés en place (à l'arrière et à droite) indiquent le point de convergence (vers l'avant) des flux d'air entrant dans la cuve (cliché C. Domergue, 1995).

dans la Sierra Menera (Teruel, Espagne) (Villagordo Ros *et al.* 2014, 77-78 et fig. 10)⁶. Ils sont datés du IV^e-III^e s. a.C. Le mieux conservé est le bas fourneau I (fig. 13).

Dans les deux cas, à La Juncada et aux Martyrs, ces embouts, qui apparaissent comme des mamelles à l'intérieur des cuves (fig. 10, 11 et 13), ne sont sans doute pas anodins. Mais quelle était leur fonction? Sur ce point, on ne peut guère avancer que des hypothèses (Fabre *et al.* 2016, 53). Étaient-ils destinés à permettre à la charge de descendre le long du revêtement de la cuve sans abîmer ni boucher l'embouchure des conduits? Ou mieux encore, à prolonger vers l'avant de la cuve les flux d'air amenés par

ces derniers et à augmenter ainsi la température à leur point de convergence, de façon à favoriser la formation d'un seul massiau homogène et d'éviter que ne s'en constituent de tout petits qui s'accrocheraient à la paroi sous les arrivées d'air (deux à La Juncada, trois aux Martyrs)? Ils doivent sans doute jouer le même rôle que, dans certains bas fourneaux, les blocs-tuyères qui, insérés dans leurs embrasures respectives à travers les parois, débouchent largement dans la cuve, comme à Bellaires III, dans le Jura Vaudois (Pelet 1973, 45-46) ou aux Clérimois (Dunikowski et Cabboï 1995, 95-100; Leroy et Merluzzo 2004, 60-67)⁷. Quoi qu'il en soit, le fait qu'après un intervalle de quelque deux siècles, on les retrouve, exactement semblables et à la même



Figure 13
Le bas fourneau I de la Juncada (Sierra Menera, Teruel, Espagne) : vue de l'intérieur du socle et détail de l'embout (d'après Villagordo Ros *et al.* 2014, 77 et fig. 10).

place dans les fourneaux de La Juncada et dans ceux des Martys, laisse penser que, bien loin d'être due à la fantaisie des bâtisseurs, leur présence était considérée par les sidérurgistes de ces sites comme indispensable. Ces embouts doivent donc être des pièces fonctionnelles, même si aujourd'hui nous n'en connaissons pas le rôle exact⁸.

La fabrication d'un ensemble de ce genre – conduit + embout – est simple, et la remarque que font les fouilleurs de La Juncada à propos des conduits eux-mêmes – «se trata de simples perforaciones abiertas en los armazones de los hornos» (Villagordo Ros *et al.* 2014, 77) – s'applique parfaitement à l'ensemble du dispositif, tant à la Juncada qu'aux Martys; sans doute ces auteurs ne s'attardent-ils pas sur les embouts, mais les deux clichés de la figure 10 de leur article (ici, fig. 13) sont éloquentes. Ainsi projetés vers le cœur de la fournaise, ces embouts étaient rendus fragiles et sans doute devaient-ils être remplacés périodiquement; certes, on n'en a retrouvé qu'un nombre relativement restreint dans les dépotoirs des Martys (Domergue 1993, 344-345), mais, quand ils sont réduits à l'état de fragments, ils sont difficilement identifiables, ce qui peut expliquer une telle rareté. En tout cas les nouveaux embouts devaient parfaitement s'adapter au reste du dispositif, modelés qu'ils étaient, avec du réfractaire frais, sans doute autour de l'extrémité d'un rondin de bois passé dans le conduit déjà existant à travers la paroi, et collés à cette dernière.

2.5. Les techniques voyagent avec les hommes

Le fait que de tels embouts ne sont actuellement attestés que sur ces deux sites est par ailleurs significatif, bien que les bas fourneaux de La Juncada soient largement antérieurs à ceux des Martys. Car, si influence il y a eu des premiers sur les derniers, ce ne peut être qu'à travers la permanence d'une technique qui, pour rester vivante, a dû continuer à être utilisée entre le III^e s. et le I^{er} s. av. J.-C. dans la région de La Juncada. Mais, si l'activité sidérurgique s'est effectivement maintenue dans la région comme le montrent les quelque 40 ferriers (*escoriales*) de la Sierra Menera, datés entre la fin du II^e s. av. J.-C. et le II^e s. ap. J.-C. (Fabre *et al.* 2012, 48-62), on ne connaît pas le type de bas fourneau qui était alors utilisé. En tout cas, la permanence de cette activité est la condition nécessaire pour justifier l'apparition de ce détail technique aux Martys et l'expliquer.

Car on peut l'expliquer. Ainsi on a pu noter, à cette époque, l'existence de relations entre les milieux miniers d'Hispanie et ceux du sud de la Gaule (Bonsangue 2003, 19-28; Domergue *et al.* 2016, 44-45). Dans l'hypothèse où nous pensons qu'une entreprise italienne liée au district sidérurgique de

Populonia-île d'Elbe est à l'origine de la sidérurgie des Martys, il n'est pas impossible non plus qu'elle ait eu des relations avec d'autres entreprises de même type en Hispanie, au point de compter dans ses rangs des techniciens ibères, bons connaisseurs des bas fourneaux du type de la Juncada: nous avons souligné la similitude du système de ventilation, mais l'on peut dire aussi que le fourneau classique des Martys est en quelque sorte le développement de celui de La Juncada, avec trois conduits de ventilation au lieu de deux et des proportions et un volume un peu plus grands, dont peut-être les fours celtiques ont donné l'idée, mais qui sont réalisés avec un matériau (les gros blocs de granite du socle) qui leur donnait une solidité durable. La présence de céramique ibérique aux Martys (Gorgues 2016, 210-212) n'est pas assez forte pour qu'on la fasse intervenir dans l'argumentation; en revanche, ce qui a été dit du système de ventilation (et plus spécialement des embouts en forme de mamelle) me paraît avoir quelque poids.

CONCLUSION

Voilà donc, croyons-nous, de quelle façon on peut aujourd'hui se représenter la genèse du bas fourneau classique des Martys. Vers 80 avant J.-C., une entreprise italienne vient dans la Montagne Noire exploiter les nombreux et riches chapeaux de fer – surtout ceux du versant sud – que ses prospecteurs ont préalablement repérés et qui sont vierges de toute exploitation antérieure. Elle s'installe dans la haute vallée de la Dure, à quelque 750 m d'altitude, dans un vallon parcouru par des vents d'est et surtout d'ouest, à l'emplacement du beaucoup plus tardif domaine des Forges. Il y a là de l'eau en abondance, des forêts de hêtre et des matériaux de construction (blocs de granite, bancs de schiste et de gneiss, argile, sable) à profusion. Les gisements sont, pour la plupart, situés à quelques kilomètres de là, vers le sud, mais il est toujours préférable d'avoir à transporter le minerai jusqu'au combustible (charbon de bois) et aux fourneaux plutôt que le contraire.

On peut faire l'hypothèse (fig. 14) que cette entreprise vient du district sidérurgique de Populonia-île d'Elbe, célèbre dans l'Antiquité préromaine et romaine pour sa production de fer, ou du moins elle a d'étroits rapports avec cette zone. Elle est porteuse d'un modèle de bas fourneau qui y est en usage⁹: il est de petit module, muni d'un système simple de ventilation (un conduit à l'arrière) et il écoule sa scorie à l'extérieur. Ses seuls défauts sont d'avoir une capacité de production trop faible (3 à 4 kg par opération, si l'on en juge par le volume de scorie qu'un bas fourneau de ce type a laissé en place à l'issue de sa dernière réduction) et de devoir être reconstruit après chaque réduction. Ah! si l'on pouvait avoir des



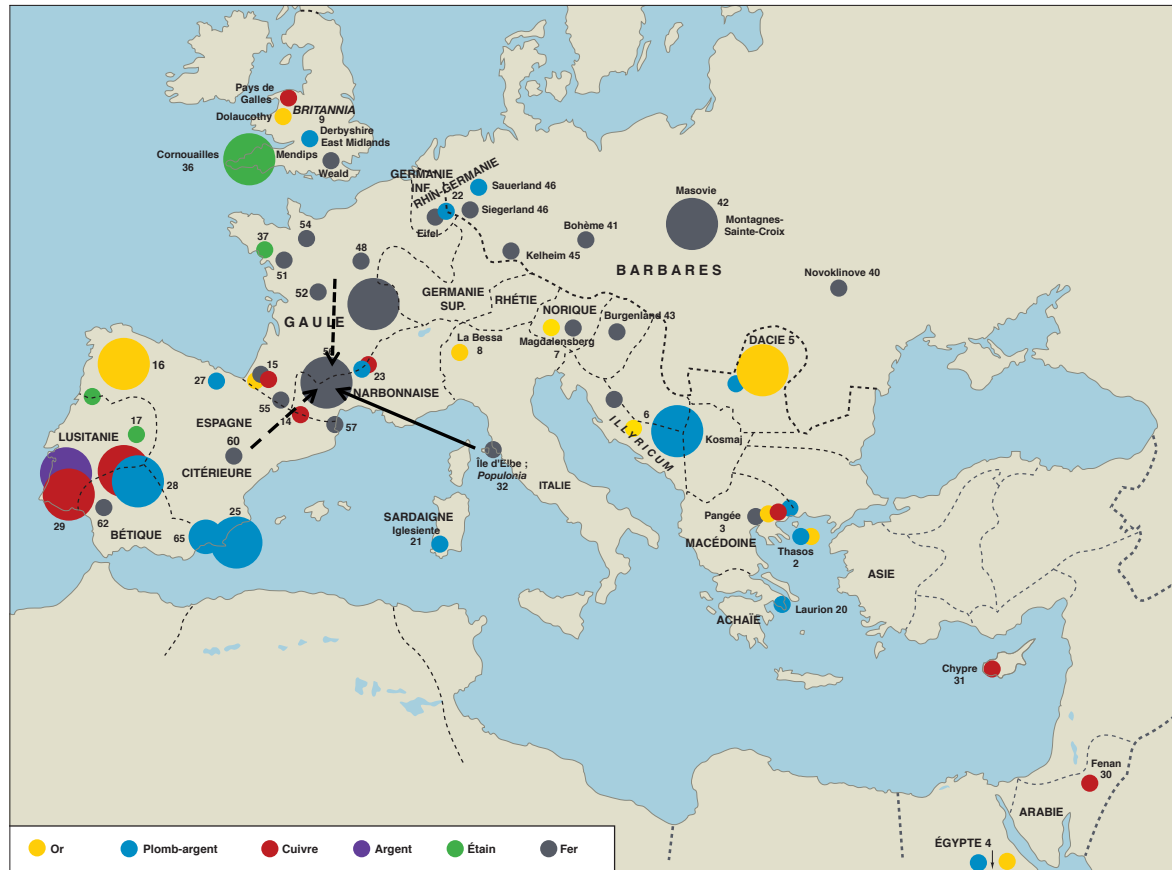


Figure 14
 Les principales mines métalliques du monde romain (d'après Domergue 2008, carte 3). Le fer de la Montagne Noire (Les Martys : 56) par rapport aux districts de Populonia-île d'Elbe (32), à la Sierra Menera (60) et aux zones sidérurgiques du nord de la Gaule. Les flèches indiquent les influences suggérées.

bas fourneaux vraiment solides et aussi volumineux que ceux, dit-on, qu'utilisent les Gaulois du Nord ! Qu'à cela ne tienne ! On a sur place des matériaux de choix pour construire un tel bas fourneau de grand format, puissant et résistant bien à la chaleur. Il suffit de le concevoir.

C'est l'affaire des techniciens, parmi lesquels semblent figurer des Ibères, si l'on en croit l'adoption par les sidérurgistes des Martys d'un dispositif technique apparemment insignifiant, mais qui devait jouer un rôle dans le déroulement de la réduction. Il s'agit de cet embout en réfractaire en forme de mamelle, ajouté au conduit ménagé dans la paroi du bas fourneau. Sa fonction n'est pas encore tout à fait claire. Quoi qu'il en soit, c'est un détail de l'architecture des bas fourneaux des Martys qui ne se retrouve qu'en Ibérie, dans les bas fourneaux d'une « fabrique » du IV^e-III^e s. av. J.-C. (La Juncada) située au cœur de la Sierra Menera, au voisinage d'importants gisements ferreux qui seront exploités jusqu'au XX^e siècle. Les prospections archéologiques montrent que l'activité sidérurgique de l'époque ibérique s'est poursuivie dans le même secteur jusqu'au I^{er} s. ap. J.-C. (Fabre *et al.* 2012, 53-54) ; si le même type de fourneau y était toujours utilisé, il n'y aurait rien d'étonnant à ce que des techniciens issus de cette région aient fait partie du groupe des premiers sidérurgistes des Martys et leur aient fait adopter ce dispositif caractéristique,

lors de la conception du bas fourneau «classique». On peut même dire que ce dernier ne fait que développer les proportions et la structure des exemplaires de La Juncada.

Du coup le modèle de petit format, représenté aux Martys par F33, n'avait plus qu'à céder la place à un bas fourneau de grand module, robuste et performant, comme le prouvent les lourdes coulées de scories recueillies dans les crassiers. Dès lors, au I^{er} s. av. J.-C., c'est ce modèle qui, sans doute exclusivement, sera utilisé aux Martys, où on en compte au moins seize exemplaires, plus quelques autres, repérés sur des sites du bassin supérieur de la Dure. A-t-il continué à être en usage tout au long des deux siècles et demi qui ont suivi et pendant lesquels l'activité sidérurgique a duré aux Martys (cf. la chronologie du Grand Ferrier : Sablayrolles 1993, 123-125) ? Cela nous l'ignorons, et c'est cet aspect des Martys qu'il faudrait à l'avenir éclaircir.



CLAUDE DOMERGUE
 PROFESSEUR DES UNIVERSITÉS ÉMÉRITE
 LABORATOIRE TRACES (UMR 5608 CNRS)
 UNIVERSITÉ TOULOUSE 2 – JEAN JAURÈS
 5, ALLÉE ANTONIO-MACHADO - 31058 TOULOUSE CEDEX 09
 claudedomergue@wanadoo.fr

Notes de commentaire

1. Avant d'être transporté au Musée des Antiquités Nationales de Saint-Germain-en-Laye, où, d'abord – et assez mal – reconstruit dans une salle, il attend d'être présenté dans de meilleures conditions.
2. Massiau : masse issue de la réduction directe. Généralement hétérogène et vacuolaire, elle referme du métal (du fer pur à l'acier), associé à de la scorie et à des fragments de charbon de bois. Elle a donc besoin d'être épurée avant que le fer qu'elle contient puisse être forgé. Le mot « massiau » a un synonyme : loupe.
3. En 52 av. J.-C., des citoyens romains, installés, *negotiandi causa*, à *Cenabum* (Orléans), sont massacrés (César, *B.G.*, 7, 3, 1) ; même chose, la même année, à *Cavillonum* (Chalon-sur Saône : *B.G.*, 7, 42, 5) et à *Noviodunum* (Nevers : *B.G.*, 7, 55, 5).
4. Le charbon de bois utilisé aux Martys au I^{er} s. av. J.-C. était composé surtout de bois de hêtre (Heinz 1993) ; par ailleurs, les épais niveaux de charbon de bois observés à la base des ferriers de Monrouch et dans lesquels le hêtre est prédominant (information fournie naguère par Véronique Izard et transmise oralement par J.-M. Fabre), peuvent résulter du déboisement du site, avant que ne s'y implantent les ateliers (Fabre *et al.* 2016, 29).
5. Dans *Martys 2*, J.-M. Fabre (Fabre *et al.* 2016, 86-87), évoque le possible usage de la chèvre vitruvienne à propos des trous profonds retrouvés au pied de la batterie de Monrouch : ils auraient pu servir à caler les palans de cet appareil.
6. Dans le Jura Vaudois (Suisse), les bas fourneaux de réduction du fer XIX et XX du site Bellaires III présentent une disposition en apparence comparable ; en réalité, il s'agit de tuyères qui sont insérées dans leurs embrasures, et dont le bec, qui forme une saillie de 15 cm à l'intérieur des creusets, est « recouvert d'une carapace de scorie », qui leur donne l'allure des embouts des Martys et de la Juncada ; par ailleurs, il s'agit de bas fourneaux tardifs (VI^e s. ap. J.-C.) (Pelet 1973, 45-46, et fig. 13, 14 et 51).
7. Les blocs-tuyères ne sont pas inconnus aux Martys. On en a retrouvé plusieurs exemplaires à Monrouch, dans le dépôt de scories correspondant au fonctionnement de la batterie républicaine (Fabre *et al.* 2016, 89-91). L'étude archéométrique de ces blocs a permis de conclure qu'ils étaient en usage dans les foyers d'épuration (Coustures *et al.* 2016 b, 316-323). On peut se demander pour quelle raison, aux Martys, de telles pièces (qui sont de véritables « pièces détachées », permettant des remplacements « à l'identique ») n'ont pas été utilisées dans les bas-fourneaux de réduction. Sans doute leur insertion dans les parois eût-elle nécessité l'aménagement de trois embrasures de trop grandes dimensions (quelque 40 cm de longueur pour une section d'environ 12,5 x 7 cm), qui eussent exagérément fragilisé la construction. Par ailleurs, la présence des blocs de granite du socle ne facilitait pas de telles ouvertures. En revanche, il est vraisemblable que, dans les foyers d'épuration, il n'y avait qu'un seul bloc-tuyère, situé plutôt sur le côté.
8. La détermination de ce rôle pourrait être l'objectif d'une des futures expérimentations envisagées par les archéomètres (Coustures et Dabosi 2016, 513-514). Sur le fonctionnement des conduits de ventilation eux-mêmes et sur leur gestion au cours d'une réduction, voir Coustures et Dabosi 2016, 511-512.
9. Peut-être pas le seul d'ailleurs, mais pour l'instant on n'en connaît pas d'autre.



■ Références bibliographiques

- Aranguren et al. 2004** : ARANGUREN (B. M.), CIAMPOLTRINI (G.), RENDINI (P.), FIRMATI (M.), GIACHI (G.), CORTESI (L.), PALLECHI (P.), et TESI (P. L.) – Attività metallurgica negli insediamenti costieri dell'Etruria centrale fra VI e V secolo A.C. Nuovi dati di scavo. In : LEHOËRFF (A.) dir. – *L'artisanat métallurgique dans les sociétés anciennes en Méditerranée occidentale*, Rome, École française de Rome, 2004, 323-339 (CEfR, 232).
- Benquet et al. 2016** : BENQUET (L.), GORGUES (A.) et GENEVIÈVE (V.) – La culture matérielle de la population sidérurgique des Martys : céramique, amphores, monnaies. In : FABRE (J.-M.), DOMERGUE (C.) et DABOSI (F.) dir. – *Le fer romain de la Montagne Noire. Martys 2 : les débuts. Vingt-cinq ans de recherches pluridisciplinaires (1988-2003)*, Montpellier, Éditions de l'Association de la Revue archéologique de Narbonnaise, 2016, 185-246 (*Revue archéologique de Narbonnaise*, Supplément 43).
- Béziat et al. 2016** : BÉZIAT (D.), COUSTURES (M.-P.) et TOLLON (F.) – Les minerais de fer de la Montagne Noire : minéralogie et chimie, quelques éléments de réponse aux questions d'approvisionnement et de traitements minéralurgiques. In : FABRE (J.-M.), DOMERGUE (C.) et DABOSI (F.) dir. – *Le fer romain de la Montagne Noire. Martys 2 : les débuts. Vingt-cinq ans de recherches pluridisciplinaires (1988-2003)*, Montpellier, Éditions de l'Association de la Revue archéologique de Narbonnaise, 2016, 289-299 (*Revue archéologique de Narbonnaise*, Supplément 43).
- Bonsangue 2006** : BONSANGUE (M. L.) – Des affaires et des hommes : entre l'emporion de Narbonne et la Péninsule Ibérique (I^{er} s. a.C. – I^{er} s. p.C.). In : CABALLOS RUFINO (A.) et DEMOUGIN (S.) – *Migrare. La formation des élites dans l'Hispanie romaine*, Bordeaux-Paris, Ausonius Éditions, 2006, 15-68 (Études, 11).
- Cabboï (S.) et al. 2007** : CABBOÏ (S.) DUNIKOWSKI (C.), LEROY (M.) et MERLUZZO (P.) – Les systèmes de production sidérurgique chez les Celtes du Nord de la France. In : MILCENT (P.-Y.) dir. – *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal, XXVIII^e colloque de l'AFEAF (Toulouse, 20-23 mai 2004)*, Bordeaux, 2007, 35-62 (*Aquitania*, Supplément 14/2).
- Corretti et Firmati 2011** : CORRETTI (A.) et FIRMATI (M.) – Metallurgia antica e medioevale all'isola d'Elba : vecchi dati e nuove acquisizioni. *Archeometallurgia : dalla conoscenza alla fruizione*, Edipuglia, 2011, 229-241.
- Coustures et al. 2016a** : COUSTURES (M.-P.), BÉZIAT (D.), DABOSI (F.), TOLLON (F.) et DOMERGUE (C.) – La forge : culots d'épuration et tuyères. In : FABRE (J.-M.), DOMERGUE (C.) et DABOSI (F.) dir. – *Le fer romain de la Montagne Noire. Martys 2 : les débuts. Vingt-cinq ans de recherches pluridisciplinaires (1988-2003)*, Montpellier, Éditions de l'Association de la Revue archéologique de Narbonnaise, 2016, 316-323 (*Revue archéologique de Narbonnaise*, Supplément 43).
- Coustures et al. 2016b** : COUSTURES (M.-P.), BÉZIAT (D.) et DOMERGUE (C.) – Autres types de déchets : les fragments de meules du type pompéien. In : FABRE (J.-M.), DOMERGUE (C.) et DABOSI (F.) dir. – *Le fer romain de la Montagne Noire. Martys 2 : les débuts. Vingt-cinq ans de recherches pluridisciplinaires (1988-2003)*, Montpellier, Éditions de l'Association de la Revue archéologique de Narbonnaise, 2016, 333-337 (*Revue archéologique de Narbonnaise*, Supplément 43).
- Domergue 2007** : DOMERGUE (C.) – La sidérurgie extractive en Transalpine et dans la Gaule indépendante à la fin de l'âge du Fer. Essai de mise en parallèle. In : MILCENT (P.-Y.) dir. – *L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal, XXVIII^e colloque de l'AFEAF (Toulouse, 20-23 mai 2004)*, Bordeaux, 2007, 17-34 (*Aquitania*, Supplément 14/2).
- Domergue 2016a** : DOMERGUE (C.) – Le bas fourneau «classique» des Martys. Schéma standard et stratigraphie type. In : FABRE (J.-M.), DOMERGUE (C.) et DABOSI (F.) dir. – *Le fer romain de la Montagne Noire. Martys 2 : les débuts. Vingt-cinq ans de recherches pluridisciplinaires (1988-2003)*, Montpellier, Éditions de l'Association de la Revue archéologique de Narbonnaise, 2016, 175-181 (*Revue archéologique de Narbonnaise*, Supplément 43).
- Domergue 2016b** : DOMERGUE (C.) – L'originalité des structures techniques du centre sidérurgique romain des Martys. In : FABRE (J.-M.), DOMERGUE (C.) et DABOSI (F.) dir. – *Le fer romain de la Montagne Noire. Martys 2 : les débuts. Vingt-cinq ans de recherches pluridisciplinaires (1988-2003)*, Montpellier, Éditions de l'Association de la Revue archéologique de Narbonnaise, 2016, 247-251 (*Revue archéologique de Narbonnaise*, Supplément 43).
- Domergue dir. 1993** : DOMERGUE (C.) dir. – *Un centre sidérurgique romain de la Montagne Noire. Le domaine des Forges (Les Martys, Aude)*, Paris, CNRS éditions, 1993, 477 p. (*Revue Archéologique de Narbonnaise*, Supplément 27).
- Domergue 2008** : DOMERGUE (C.) – *Les mines antiques. La production des métaux aux époques grecque et romaine*, Éd. Picard, Paris, 2008 (Coll. Antiqua).
- Domergue et al. 2016** : DOMERGUE (C.), BONTEMPI (J.-M.), DI VACRI (M. L.), FABRY (N. B.), FERRANTE (M.), NESTA (A.), NISI (S.), ORTOLI (V.), OTTAVIANI (J.-C.), PASQUET (A.), QUARATI (P.), TRINCHERINI (P. R.) et VITALI (D.) – Lingots de plomb antiques trouvés dans les eaux de Corse-du-Sud. *Bulletin de la Société des Sciences Historiques et Naturelles de la Corse*, 2016.
- Domergue et al. 2003** : DOMERGUE (C.), BEYRIE (A.), JACQUET (C.), JARRIER (C.) et TOLLON (F.) – Un bas fourneau de petit module sur le site sidérurgique romain du domaine des Forges (Les Martys, Aude, France). In : STÖLLNER (T.), KÖRLIN (G.), STEFFENS (G.) et CIEMY (J.) dir. – *Man and Mining – Mensch und Bergbau. Studies in honour of Gerd Weisgerber on occasion of his 65th birthday.*, Bochum, 2003, 127-136 (Der Anchnitt, Beiheft 16).
- Domergue 1993** : DOMERGUE (C.) – Les «membres disjoints» de l'ancienne sidérurgie des Martys. In : DOMERGUE (C.) dir. – *Un centre sidérurgique romain de la Montagne Noire. Le domaine des Forges (Les Martys, Aude)*, Paris, CNRS éditions, 1993, 338-352 (*Revue Archéologique de Narbonnaise*, Supplément 27).
- Domergue et Fabre 2016** : DOMERGUE (C.) et FABRE (J.-M.) – Archéologie des ateliers sidérurgiques du I^{er} s. av. J.-C. au domaine des Forges (Les Martys, Aude). Le secteur du Grand Ferrier. In : FABRE (J.-M.), DOMERGUE (C.) et DABOSI (F.) dir. – *Le fer romain de la Montagne Noire. Martys 2 : les débuts. Vingt-cinq ans de recherches pluridisciplinaires (1988-2003)*, Montpellier, Éditions de l'Association de la Revue archéologique de Narbonnaise, 2016, 116-174 (*Revue archéologique de Narbonnaise*, Supplément 43).
- Dunikowski et Cabboï 1995** : DUNIKOWSKI (C.) et CABBOÏ (S.) – *La sidérurgie chez les Sénons : les ateliers celtiques et gallo-romains des Clérimois (Yonne)*. Paris, Éditions de la Maison des Sciences de l'Homme, 1995, 188 p. (Documents d'Archéologie Française, 51).
- Fabre 2004** : FABRE (J.-M.) – Les bas fourneaux des Martys (Aude). In : MANGIN (M.) – *Le fer*, Paris, Éditions Errance, 2004, 162-163 (Collection «Archéologiques»).
- Fabre et al. 2012** : FABRE (J.-M.), POLO CUTANDO (C.), RICO (C.), VILLAGORDO ROS (C.) et COUSTURES (M.-P.) – Minería y siderurgia antigua en Sierra Menera (Teruel-Guadalajara). Nuevos avances de la explotación del hierro en época antigua (siglos II a.C. – II d.C.). In : OREJAS (A.) et RICO (C.) dir. – *Minería y metalurgias antiguas. Visiones y revisiones. Homenaje a Claude Domergue*, Madrid, 2012, 43-62 (Collection de la Casa de Velázquez, 128).
- Fabre et al. dir. 2016** : FABRE (J.-M.), DOMERGUE (C.) et DABOSI (F.) dir. – *Le fer romain de la Montagne Noire. Martys 2 : les débuts. Vingt-cinq ans de recherches pluridisciplinaires (1988-2003)*, Montpellier, Éditions de l'Association de la Revue archéologique de Narbonnaise, 2016, 558 p. (*Revue archéologique de Narbonnaise*, Supplément 43).
- Fabre et al. 2016** : FABRE (J.-M.), GORGUES (A.) et DOMERGUE (C.) dir. – Archéologie des ateliers sidérurgiques du I^{er} s. av. J.-C. au domaine des Forges (Les Martys, Aude). I - Le secteur de Monrouch. In : FABRE (J.-M.), DOMERGUE (C.) et DABOSI (F.) dir. – *Le fer romain de la Montagne Noire. Martys 2 : les débuts. Vingt-cinq ans de recherches pluridisciplinaires (1988-*



- 2003), Montpellier, Éditions de l'Association de la Revue archéologique de Narbonnaise, 2016, 19-115 (*Revue archéologique de Narbonnaise*, Supplément 43).
- Gorgues 2016:** GORGUES (A.) – Le mobilier céramique. In: FABRE (J.-M.), DOMERGUE (C.) et DABOSI (F.) dir. – *Le fer romain de la Montagne Noire. Martys 2: les débuts. Vingt-cinq ans de recherches pluridisciplinaires (1988-2003)*, Montpellier, Éditions de l'Association de la Revue archéologique de Narbonnaise, 2016, 185-216 (*Revue archéologique de Narbonnaise*, Supplément 43).
- Heinz 1993:** HEINZ (C.) – Anthracologie du crassier des Martys. In: DOMERGUE (C.) dir. – *Un centre sidérurgique romain de la Montagne Noire. Le domaine des Forges (Les Martys, Aude)*, Paris, CNRS éditions, 1993, 457-462 (*Revue Archéologique de Narbonnaise*, Supplément 27).
- Leroy et Merluzzo 2004:** LEROY (M.) et MERLUZZO (P.) – La réduction: du minerai au métal. In: MANGIN (M.) dir. – *Le fer*, Paris, Éditions Errance, 2004, 64 (Collection «Archéologiques»).
- Pelet 1973:** PELET P.-L. – *Une industrie méconnue: fer, charbon, acier dans le pays de Vaud*, I. Lausanne, 1973 (Cahier d'Archéologie Romande, 60).
- Rico 2016:** RICO (C.) – Le domaine des Forges: au cœur d'une région sidérurgique. In: FABRE (J.-M.), DOMERGUE (C.) et DABOSI (F.) dir. – *Le fer romain de la Montagne Noire. Martys 2: les débuts. Vingt-cinq ans de recherches pluridisciplinaires (1988-2003)*, Montpellier, Éditions de l'Association de la Revue archéologique de Narbonnaise, 2016, 253-282 (*Revue archéologique de Narbonnaise*, Supplément 43).
- Sablayrolles 1993:** SABLAYROLLES (R.) – Stratigraphie et chronologie – Conclusion. In: DOMERGUE (C.) dir. – *Un centre sidérurgique romain de la Montagne Noire. Le domaine des Forges (Les Martys, Aude)*, Paris, CNRS éditions, 1993, 123-125 (*Revue Archéologique de Narbonnaise*, Supplément 27).
- Tollon 1993a:** TOLLON (F.) – Esquisse géologique. In: DOMERGUE (C.) dir. – *Un centre sidérurgique romain de la Montagne Noire. Le domaine des Forges (Les Martys, Aude)*, Paris, CNRS éditions, 1993, 29-31 (*Revue Archéologique de Narbonnaise*, Supplément 27).
- Tollon 1993b:** TOLLON (F.) – La nature du métal produit aux Martys – Les scories – Les minerais – L'origine des minerais. In: DOMERGUE (C.) dir. – *Un centre sidérurgique romain de la Montagne Noire. Le domaine des Forges (Les Martys, Aude)*, Paris, CNRS éditions, 1993, 240-247 (*Revue Archéologique de Narbonnaise*, Supplément 27).
- Villagordo 2014:** VILLAGORDO ROS (C.), POLO CUTANDO (C.), FABRE (J.-M.), COUSTURES (M.-P.) et RICO (C.) – Innovación sin desarrollo: el taller metalúrgico de La Juncada (Peracense, Teruel). Evidencias de la producción de hierro en los siglos IV-III a.C. en el ámbito celtibérico del área minera de Sierra Menera, *Kobie*, 2014, 47-84 (Serie Anejo n° 13).
- Voss 1988:** Voss (O.) – The Iron Production in Populonia. In: SPERL (G.) dir. – *The First Iron in the Mediterranean. Proceedings of the Populonia/Piombino 1983 Symposium*. Strasbourg, Conseil de l'Europe, 1988, 91-100 (PACT– 21).

