

UNIVERSITÉ MONTPELLIER III – PAUL VALÉRY
Arts et Lettres, Langues et Sciences Humaines et Sociales

(UFR III : Sciences humaines et sciences de l'environnement)

DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ PAUL VALÉRY – MONTPELLIER III

Archéologie, spécialité mondes classiques et cultures indigènes

THÈSE

présentée et soutenue publiquement par

PAGÈS Gaspard

**La métallurgie du fer en France méditerranéenne de l'Antiquité au
début du Moyen Âge : jalons d'une approche interdisciplinaire**

Volume I : texte

Sous la direction de
SCHMID Stephan
et la codirection de
FLUZIN Philippe

MEMBRES DU JURY :

M. FICHES Jean-Luc, Directeur de recherche au C.N.R.S., U.M.R. 5140 (Lattes, 34), Président
M. FLUZIN Philippe, Directeur de recherche au C.N.R.S., U.M.R. 5060 – IRAMAT (Belfort, 90)
M. SABLAYROLLES Robert, Professeur à l'Université Toulouse II – Le Mirail (31), Rapporteur
M. SCHMID Stephan, Professeur à l'Université Montpellier III – Paul Valéry (34)
M. SCHNEIDER Laurent, Chargé de recherche au C.N.R.S., U.M.R. 6572 (Aix-en-Provence, 13)
M. TIZZONI Marco, Professeur à l'Université de Bergame (Lombardie, Italie)
M. VAN OSSEL Paul, Professeur à l'Université Paris X – Nanterre (92), Rapporteur

Décembre 2008

À Jessie,

REMERCIEMENTS

Mes remerciements s'adressent aux institutions et aux personnes qui ont encadré ma thèse de doctorat débutée en 2003 dans mon laboratoire de rattachement, « Archéologie des sociétés méditerranéennes » (U.M.R. 5140, C.N.R.S. – Université Paul Valéry Montpellier III, Lattes, 34), et dans le « Laboratoire de Métallurgies et Cultures » (U.M.R. 5060 – IRAMAT, Belfort-Sévenans, 90) auquel je suis associé. Ainsi, je pense à mon ancienne directrice de thèse, madame Annie-France Laurens (Université Paul Valéry – Montpellier III, 34), à mon directeur de thèse actuel, monsieur Stephan Schmid (Université Paul Valéry – Montpellier III, 34 et Université Humboldt, Berlin, Allemagne) et à mon codirecteur de thèse, monsieur Philippe Fluzin qui m'a assidûment enseigné la métallographie depuis 2002 et encouragé pour que je développe une approche interdisciplinaire (U.M.R. 5060, 90). Les cadres administratifs ne faisant cependant pas tout, d'autres personnes ont soutenu mon parcours. Aussi, j'exprime toute ma gratitude à Laurent Schneider (U.M.R. 6572, 13) qui a suivi l'ensemble de mes travaux depuis maintenant plus de neuf ans, à Jean-Luc Fiches (U.M.R. 5140, 34) qui a guidé mes recherches tout au long de ma thèse et à Philippe Dillmann (U.M.R. 5060, C.E.A., 91) qui m'a formé aux analyses chimiques micro-inclusionnaires.

Mes remerciements sont aussi destinés aux organismes qui ont financé durant trois années ma thèse sous la forme d'une Bourse de Docteur Ingénieur gérée par le C.N.R.S., mais dont les fonds proviennent du Service Régional de l'Archéologie de Languedoc-Roussillon et de la Région Languedoc-Roussillon.

Mes remerciements vont également à toutes les personnes avec qui j'ai eu l'occasion de travailler et qui m'ont aidé, motivé, fourni de la documentation et des séries... Dans l'ordre alphabétique, Michel Aubert (U.M.R. 5060, 90), Michel Bats (U.M.R. 5140, 34), Sylvain Bauvais (U.M.R. 5060, 90), Iouri Bermond (S.R.A. Languedoc-Roussillon, 34), Agnès Bergeret (I.N.R.A.P. méditerranée, 34), Jean-Claude Bessac (U.M.R. 5140, 34), Hélène Breichner (S.R.A. Languedoc-Roussillon, 34), Lucie Chabal (U.M.R. 5059, 34), Jean Chausserie-Laprée (Atelier du patrimoine de la ville de Martigues, 13), Dominique Commelin (U.M.R. 6636, 13), Mathieu Courgey, Philippe Crelier (Crelier SA, 90), David Djaoui (Musée de l'Arles et de la Provence antiques, 13), Gille Durrenmath (U.M.R. 6130, 06), Michel Feugère (U.M.R. 5140, 34), François Foulquier (Maire de Saint-Mamert-du-Gard, 30), Pierre Garmy (U.M.R. 5140, 34), Olivier Ginouvez (I.N.R.A.P. méditerranée, 34), Véronique Humbert (U.M.R. 5140, 34), Luc Long (D.R.A.S.S.M., 13), Christine Lucand (U.M.R. 5140, 34), Michel Mangin (U.M.R. 5060, 25), Stéphane Mauné (U.M.R. 5140, 34), Jean-Marie Michel (I.N.R.A.P. méditerranée, 83), Thérèse Panouillères (U.M.R. 5140, 34), Christophe Pellecier (S.R.A. Languedoc-Roussillon, 34), Jean-Michel Pène (S.R.A. Languedoc-Roussillon, 30), Hervé Pomarèdes (I.N.R.A.P. méditerranée, 34), Claude Raynaud (U.M.R. 5140, 34), Stéphane Renaud (U.M.R. 6636, 13), Michel Rétif (Atelier du patrimoine de la ville de Martigues, 13), Martine Schwaller (S.R.A. Languedoc-Roussillon, 34) et Yannick Walter (Crelier SA, 90).

Enfin, mes remerciements sont pour mon entourage qui a assuré les soutiens et les réconforts nécessaires à cette épreuve et, tout spécialement, à mes parents Chantal, Bernard, Maryline et André, à mes sœurs Estelle et Lucie, à mes amis de la vallée du Paillon, de Nice et d'ailleurs, et aux Cauliez, ma belle famille. J'exprime ma plus grande reconnaissance à Jessie qui voit, comme moi, aboutir les premiers fruits d'une aventure et de désirs communs : l'achèvement de nos thèses et, surtout, la récente naissance de notre fille Charlyne.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS	5
SOMMAIRE	7
TABLE DES MATIÈRES.....	8
AVANT-PROPOS	15
INTRODUCTION	17
PARTIE I : LA PRODUCTION DU FER.....	23
CHAPITRE 1 : RÉPERTOIRE DES INITIATIVES SIDÉRURGIQUES DE L'ANTIQUITÉ AU MOYEN ÂGE	25
1. Une typologie des entreprises de réduction directe	27
2. Les sites de réduction directe des Alpes aux Pyrénées	32
3. L'évolution des moyens de production de l'Antiquité romaine au début du Moyen Âge	43
CHAPITRE 2 : LES MOYENS DE PRODUCTION DISPERSÉS DE LA FIN DE L'ANTIQUITÉ ROMAINE : L'APPORT DE NOUVELLES DOCUMENTATIONS	51
1. L'atelier de réduction isolé ou la conquête de nouveaux gisements : les Espérelles (Martignes, 13) au Bas-Empire	53
2. Le Gravas (Saint-Mamert-du-Gard, 30) : un atelier du Bas-Empire dans le petit district sidérurgique du Bois des Lens.....	63
PARTIE II : LE TRAVAIL DU FER	81
CHAPITRE 1 : DANS LES HABITATS GROUPÉS	83
1. Des traits communs	87
2. Une fonction productive à l'image du statut de l'habitat : la forge de la station routière d'Ambrussum au Haut-Empire (Villetelle, 34).....	104
3. Le devenir de l'artisanat spécialisé au début du Moyen Âge : l'agglomération perchée du Roc de Pampelune au VI ^e siècle (Argelliers, 34).....	125
CHAPITRE 2 : DANS LES HABITATS DISPERSÉS	149
1. Du forgeron ambulante au travail du fer dans le domaine.....	152
2. Existe-il des manufactures rurales ? L'Auribelle-Basse au début du II ^e siècle (Pézenas, 34).162	
3. Vers les campagnes médiévales	171
PARTIE III : LA CIRCULATION ET LE COMMERCE DU MATÉRIAU FER	189
CHAPITRE 1 : SPÉCIFICITÉS DU SUPPORT ET DÉMARCHE	191
1. Des enquêtes anciennes aux récentes appréciations.....	192
2. Approche archéométallurgique du demi-produit.....	196
3. Le demi-produit dans son réseau d'échange et de commerce	204
CHAPITRE 2 : DES DEMI-PRODUITS EN CONTEXTE DE CIRCULATION ET D'UTILISATION	211
1. Des corpus exemplaires.....	212
2. Des matériaux, des provenances	219
3. Réseaux de production et standards de commercialisation des demi-produits en Méditerranée.....	235
EN GUISE DE CONCLUSION : À PROPOS DE LA SIDÉRURGIE ANCIENNE EN FRANCE MÉDITERRANÉENNE	247
BIBLIOGRAPHIE.....	- 259 -

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	5
SOMMAIRE	7
TABLE DES MATIÈRES.....	8
AVANT-PROPOS	15
INTRODUCTION	17
Le poids du passé.....	17
Des activités métallurgiques dans différents secteurs économiques	18
Du Haut-Empire au début du Moyen Âge en France méditerranéenne	19
Une démarche interdisciplinaire.....	21
PARTIE I : LA PRODUCTION DU FER.....	23
<i>CHAPITRE 1 : RÉPERTOIRE DES INITIATIVES SIDÉRURGIQUES DE L'ANTIQUITÉ AU MOYEN ÂGE</i>	25
1. <i>Une typologie des entreprises de réduction directe</i>	27
1.1. Les fondements	27
1.2. Les moyens de production sidérurgiques dispersés.....	28
1.2.1. L'atelier isolé.....	28
1.2.2. Le district.....	29
Selon la durée	29
Selon la quantité.....	29
1.3. Les moyens de production sidérurgiques concentrés.....	30
1.3.1. Le centre	30
1.3.2. Le complexe	31
2. <i>Les sites de réduction directe des Alpes aux Pyrénées</i>	32
2.1. Le répertoire.....	32
2.1.1. La démarche	32
Le temps	32
L'espace.....	33
Sources	33
2.1.2. La trame	33
2.2. Un état des lieux brut	35
2.2.1. La recherche archéologique.....	35
Chronique des enquêtes.....	35
Des zones vierges à étudier	36
Les contraintes du milieu méditerranéen dans la reconnaissance archéologique.....	37
L'attrait des gisements facilement exploitables.....	39
2.2.2. Chronologie et localisation des types.....	40
Les ateliers de réduction isolés.....	40
Les districts sidérurgiques.....	40
Les centres et les complexes sidérurgiques	41
3. <i>L'évolution des moyens de production de l'Antiquité romaine au début du Moyen Âge</i>	43
3.1. La sidérurgie en Gaule du Sud : une initiative romaine concentrée.....	43
3.1.1. Un substrat sidérurgique indigène inexistant ?	43
3.1.2. L'avènement de complexes sidérurgiques durant le Haut-Empire	44
3.1.3. L'administration des centres sidérurgiques romains	45
3.2. Entre la fin de l'Antiquité et le début du Moyen Âge, le foisonnement des initiatives sidérurgiques.....	47
3.2.1. La multiplication des initiatives sidérurgiques	47
3.2.2. La mise en place progressive de moyens de production dispersés	48
3.2.3. Une dynamique commune	49

**CHAPITRE 2 : LES MOYENS DE PRODUCTION DISPERSÉS DE LA FIN DE
L'ANTIQUITÉ ROMAINE : L'APPORT DE NOUVELLES DOCUMENTATIONS 51**

1. L'atelier de réduction isolé ou la conquête de nouveaux gisements : les Espérelles (Martignes, 13) au Bas-Empire	53
1.1. Les structures de réduction.....	54
1.1.1. Le bas fourneau	54
1.1.2. Le foyer d'épuration.....	55
1.1.3. Du charbon et du minerai	55
1.2. Du déchet à la production	56
1.2.1. Répertoire typologique et localisation.....	56
1.2.2. Bilans métallographiques	56
1.2.3. Enseignements typologiques et archéométriques : une unique réduction de haute qualité	58
1.3. Une exploration sidérurgique sans lendemain.....	60
2. Le Gravas (Saint-Mamert-du-Gard, 30) : un atelier du Bas-Empire dans le petit district sidérurgique du Bois des Lens.....	63
2.1. Les structures de réduction.....	63
2.1.1. Le bas fourneau	64
2.1.2. Le foyer d'épuration.....	65
2.2. Du déchet à la production	65
2.2.1. Répertoire typologique et localisation.....	65
2.2.2. Bilans métallographiques	66
2.2.3. Enseignements typologiques et archéométriques : des réductions ordinaires.....	68
2.2.4. Estimations quantitatives de la production	69
Fondement	69
Masses des matières premières et des produits.....	70
Durée de fonctionnement	71
2.3. Du charbon au boisement et inversement	71
2.3.1. Le boisement exploité.....	71
Échantillonnage et identification taxinomique	71
Une exploitation régulière et ancienne d'un taillis assez dense	72
2.3.2. Le charbonnage.....	72
2.3.3. Estimation de la surface de boisement exploitée	73
Selon le charbonnage en meule	73
Selon le charbonnage en fosse.....	74
2.4. Un petit district sidérurgique à la lumière d'une nouvelle documentation	74
2.4.1. Un atelier de réduction ordinaire.....	75
2.4.2. Le Gravas : une unité du district du Bois des Lens ?.....	75
2.4.3. Une nouvelle chronologie	77
2.4.4. Une exploitation artisanale du terroir	78

PARTIE II : LE TRAVAIL DU FER 81

CHAPITRE 1 : DANS LES HABITATS GROUPÉS

83

1. <i>Des traits communs</i>	87
1.1. Pérennité et structuration des aménagements : l'îlot des forgerons à <i>Olbia</i> au début de la période romaine (Hyères, 83)	87
1.1.1. Un atelier correctement établi	88
La forge de l'époque romaine : un atelier parmi d'autres !	88
Des aménagements typiques	89
Des déchets homogènes	90
1.1.2. Un fonctionnement réglé	91
Mutation ou multiplicité des espaces de travail ?	91
La maîtrise de l'exercice, la gestion des déchets	92
1.1.3. Une activité régulière et organisée	93
1.2. Diversité et spécialité des travaux et des productions : la forge de Lunel-Viel (34) au milieu du II ^e siècle	95
1.2.1. Le fonctionnement de la forge	96
La succession rapide de deux états	96
Un atelier riche en mobilier	97
Des savoir-faire maîtrisés	97
Du demi-produit à l'objet	99
1.2.2. La forge dans le site	100
L'instantané d'un exercice pérenne	100
La qualité des productions, le statut des exécutants	101
1.2.3. Une forge villageoise ?	102
2. <i>Une fonction productive à l'image du statut de l'habitat : la forge de la station routière d'Ambrussum au Haut-Empire (Villetelle, 34)</i>	104
2.1. Le fonctionnement d'une forge de bord de route	106
2.1.1. Des travaux métallurgiques de charronnerie dès la fondation de l'îlot (état D, de 25 à 50 de notre ère) ?	106
2.1.2. Le service de forgerons-charrons (état C, de 50 à 75 de notre ère)	108
Un atelier enfermé (pièce 29) et une forge de plein air (secteur 25)	108
Une logistique complémentaire : de l'atelier principal à la forge d'appoint	109
Une production d'entretien assortie aux trafics routiers	110
Métal travaillé et objets fabriqués : la spécificité des matériaux employés, du demi-produit au bandage	112
2.2. La diversification de la production	115
2.2.1. Abandon ou continuité de l'activité métallurgique (état B, de 75 à 100 de notre ère) ?	115
2.2.2. Une fonction productive dorénavant ouverte (état A, de 125 à 175 de notre ère)	116
Deux ateliers métallurgiques analogues	116
Translation ou multiplicité d'une même unité de forge ?	117
Une production diversifiée, notamment tournée vers l'armement	118
Des pratiques réfléchies et des techniques maîtrisées	119
2.3. D'une forge de service à une forge « villageoise »	121
3. <i>Le devenir de l'artisanat spécialisé au début du Moyen Âge : l'agglomération perchée du Roc de Pampelune au VI^e siècle (Argelliers, 34)</i>	125
3.1. Des pratiques métallurgiques originales ?	127
3.1.1. Une agglomération jonchée de scories	127
Des scories éparpillées, des scories concentrées	127
Encore plus de scories ! Une brève estimation	127
3.1.2. De l'évacuation au remblaiement	128
Nivellement et comblement des espaces ouverts	128
L'appropriation du relief karstique ou le souci de rendre praticable un milieu hostile	129
3.1.3. Le fonctionnement de forges surélevées ?	130
Les foyers conservés	130
Des concentrations de parois scorifiées	131
3.2. Une qualité de fer pour chaque forge	132
3.2.1. Dans le quartier sommital, la fabrication d'objets en fer doux	134

Entre la forge 3D2 et le dépotoir 1H : une relation complexe.....	134
Du culot à la production.....	134
3.2.2. Dans l'angle nord-oriental, une production d'objets en acier.....	136
Un dépotoir principalement métallurgique.....	136
La mise en œuvre des aciers.....	137
La hiérarchisation des critères quantitatif et qualitatif pour définir une production.....	139
3.2.3. Au centre de l'agglomération, la mise en forme de demi-produit.....	139
Dans 1L1, une forge d'épuration.....	139
Un gabarit pour des demi-produits en quantité.....	140
3.3. Un village d'artisans spécialisés.....	142
3.3.1. Le fonctionnement synchrone de cinq forges spécialisées dans le façonnage d'une qualité d'alliage ferreux.....	142
La contemporanéité des forges.....	142
La spécialisation manufacturière.....	142
Des emplacements topographiques hérités du monde antique.....	143
3.3.2. Des productions destinées à l'exportation.....	144
Le nombre de jours œuvrés.....	144
La masse de fer travaillée.....	145
Le paradoxe : un site esseulé à la production massive et spécialisée.....	146
3.3.3. Le <i>salvus</i> , plus qu'un milieu hostile, une richesse !.....	147

CHAPITRE 2 : DANS LES HABITATS DISPERSÉS

149

1. <i>Du forgeron ambulante au travail du fer dans le domaine.....</i>	152
1.1. Un cas typique de forge temporaire dans un chantier de construction de la seconde moitié du II ^e siècle (bâtiment A, îlot 12, <i>Ambrussum</i> , Villetelle, 34).....	152
1.1.1. Une forge aménagée dans un chantier de construction.....	153
1.1.2. Des travaux métallurgiques ordinaires.....	154
1.1.3. Comment reconnaître une forge temporaire ?.....	155
1.2. Entretien et petits travaux de forge dans les campagnes de l'Empire.....	158
1.2.1. Une vision biaisée par les occupations tardives de <i>villae</i>	158
1.2.2. Les forges de <i>villae</i> au Haut-Empire : une situation privilégiée pour des travaux poly-artisanaux.....	159
1.2.3. Ateliers polyvalents et artisans itinérants dans les campagnes du Haut-Empire.....	161
2. <i>Existe-il des manufactures rurales ? L'Auribelle-Basse au début du II^e siècle (Pézenas, 34).</i>	162
2.1. Une occupation originale.....	164
2.1.1. Un établissement à part.....	164
2.1.2. Un dépotoir métallurgique sans aménagement apparenté.....	165
2.2. Un forgeage répétitif et normalisé.....	165
2.2.1. Les singulières scories d'une activité standardisée.....	165
2.2.2. Un corpus ferreux atypique.....	166
Des pseudo- <i>gromps</i> et <i>gromps</i> massifs.....	167
La fabrication de demi-produits.....	167
Un outil de forge à percussion indirecte.....	168
2.3. L'artisanat de type manufacture : un problème de discrimination.....	168
2.3.1. La définition du forgeage à l'Auribelle-Basse.....	168
Quantifier l'exercice.....	169
Caractériser les travaux.....	169
Reconnaître la production.....	170
2.3.2. L'Auribelle-Basse, le siège d'une manufacture métallurgique.....	170
3. <i>Vers les campagnes médiévales.....</i>	171
3.1. La genèse du concept de métallurgie paysanne.....	172
3.1.1. Une forge pour chaque occupation.....	172
3.1.2. Un concept pour répondre à des discordances.....	173
3.2. Une forge dans un bâtiment isolé à la Madeleine II aux IV ^e -V ^e siècles (Clermont-PHérault, 34).....	176
3.2.1. Un atelier organisé.....	177
Des aménagements fonctionnels.....	177
Quelques déchets pour définir les phases de travail.....	178

3.2.2. Une activité spécialisée ouverte aux échanges	179
Un exercice réglé et durable	179
Un exercice au service des exploitations dispersées.....	180
La translation des fonctions productives face à la multiplicité des activités artisanales.....	181
3.3. Des déchets métallurgiques éparpillés dans le comblement de fosses du haut Moyen	
Âge à l'Ermitage (Paulhan, 34)	182
3.3.1. Durant les VII ^e -VIII ^e siècles, un forgeage expert et durable.....	183
L'appréciation chronologique : une activité resserrée autour des VII ^e -VIII ^e siècles	183
Le discernement qualitatif : la mise en œuvre maîtrisée d'aciers.....	184
3.3.3. Pour une vision dynamique des campagnes alto-médiévales.....	185

PARTIE III : LA CIRCULATION ET LE COMMERCE DU MATÉRIAU FER

189

CHAPITRE 1 : SPÉCIFICITÉS DU SUPPORT ET DÉMARCHE **191**

1. Des enquêtes anciennes aux récentes appréciations.....	192
1.1. Les typo-morphologies.....	192
1.1.1. La primauté de la Gaule chevelue	192
1.1.2. Dans le Midi, la récente découverte d'une documentation exceptionnelle.....	193
1.2. Du contenant au contenu	194
2. Approche archéométagallurgique du demi-produit.....	196
2.1. Les critères discriminants de la filière directe	196
2.1.1. La(es) masse(s) métallique(s) de référence	196
2.1.2. Les alliages ferreux	197
2.1.3. Le taux de compactage et d'épuration	197
2.1.4. La composition chimique micro-inclusionnaire	197
2.2. Une nécessaire observation exhaustive.....	199
2.2.1. Manipuler, usiner et observer.....	199
Les contraintes d'un matériau hétérogène.....	199
Le protocole	199
2.2.2. Qualifier et quantifier.....	200
La(es) masse(s) métallique(s) de référence	200
La propreté inclusionnaire.....	200
La qualité de l'alliage ferreux.....	201
La composition chimique micro-inclusionnaire	202
3. Le demi-produit dans son réseau d'échange et de commerce	204
3.1. Provenances et filiations	204
3.2. Une typologie pour mieux apprécier les domaines de destinations fonctionnelles ..	205
3.2.1. Comportements mécaniques et spécificités morfo-fonctionnelles.....	206
Les prédispositions des alliages ferreux	206
L'influence de la propreté inclusionnaire	207
Les contraintes du volume : types mono-loupes, types multi-loupes.....	207
3.2.2. Une typo-métallographie	208
Des familles de demi-produits	208
Leurs valeurs ajoutées	209

CHAPITRE 2 : DES DEMI-PRODUITS EN CONTEXTE DE CIRCULATION ET D'UTILISATION **211**

1. Des corpus exemplaires.....	212
1.1. Les navires chargés de fer sur les côtes de Narbonnaise	212
1.1.1. Points communs et divergences	212
Une appartenance exclusivement antique	212
La typologie des Saintes-Maries-de-la-Mer rapportée aux gisements méditerranéens	213
Les particularismes chronologiques	214
1.1.2. Les épaves et les demi-produits préférés.....	214
Bagaud 2 (Hyères, 83)	214
Les Saintes-Maries-de-la-Mer (13).....	215
1.2. Les demi-produits d'ateliers de forge.....	217
2. Des matériaux, des provenances	219
2.1. Les demi-produits en contexte de circulation.....	219
2.1.1. Les fers mis en œuvre	219
Types mono-loupes, types multi-loupes.....	219
Qualités des alliages et types morphologiques : des tendances significatives	220
2.1.2. Le travail de mise en forme.....	222
L'épuration et le compactage	222
Les soudures.....	223

2.1.3. Les groupes de provenance.....	224
Les caractéristiques chimiques inclusionnaires des loupes.....	225
Des groupes de loupes aux demi-produits.....	226
2.1.4. Une typo-morphologie concordant avec une typo-métallographie.....	227
2.2. Les demi-produits en contexte d'utilisation ou de fabrication.....	229
2.2.1. Des fragments de loupe et des masses corroyées.....	229
2.2.2. Un façonnage soigné.....	230
2.2.3. Les demi-produits du Roc de Pampelune : leur filiation, leur provenance.....	231
2.2.4. Une typo-métallographie pour révéler des correspondances et des antagonismes.....	233
3. <i>Réseaux de production et standards de commercialisation des demi-produits en Méditerranée.</i>	235
3.1. La fabrication.....	235
3.1.1. Durant le Haut-Empire.....	235
Des provenances diversifiées entre le Haut-Languedoc et les Pyrénées.....	235
En aval, des manufactures de demi-produits.....	236
3.1.2. Durant l'Antiquité tardive.....	238
La micro-régionalisation des productions.....	238
La variété des échanges.....	239
3.2. La diffusion.....	241
3.2.1. Durant le Haut-Empire.....	241
Des normes pour transcrire les qualités des fers.....	241
Un large usage du standard.....	242
Des destinations fonctionnelles variées.....	243
3.2.2. Durant l'Antiquité tardive.....	244
L'utilisation de nouvelles normes ?.....	244
Des aires de diffusion régionales ?.....	245

**EN GUISE DE CONCLUSION : À PROPOS DE LA SIDÉRURGIE
ANCIENNE EN FRANCE MÉDITERRANÉENNE..... 247**

De la conquête romaine à la fin du Haut-Empire.....	247
Une production primaire concentrée.....	247
Une distribution normalisée à grande échelle.....	248
Deux filières de fabrication : des manufactures et des forges de proximité.....	250
Durant l'Antiquité tardive et le début du Moyen Âge.....	252
La vulgarisation de la production primaire.....	252
L'imbrication de flux régionaux normalisés.....	254
La pénétration des artisans spécialisés dans le monde rural.....	255

BIBLIOGRAPHIE..... - 259 -

AVANT-PROPOS

En ce qui concerne les termes métallurgiques, nous renvoyons les lecteurs au glossaire très complet publié dans le manuel de référence sur le fer (Mangin 2004b, p. 215-233).

Dans ce volume, il est présenté pour chaque site des synthèses des études archéométriques menées sur différents échantillons. Pour disposer des résultats plus détaillés, il est nécessaire de se référer au volume III : annexes.

Le terme « hydroxydation » ne peut s'appliquer en toute rigueur, qu'à des produits d'oxydation de type hydroxydes tels que la goethite (α -FeOOH), la lepidocrocite (γ -FeOOH) ou l'akaganéite (β -FeOOH). Or, selon le milieu de l'enfouissement, ce n'est pas forcément ce type de phase qui se développe en surface de l'objet. En effet, en fonction de l'aération et de la composition de l'eau peuvent se former notamment la magnétite (Fe₃O₄) et la sidérite (FeCO₃). Pour plus de détails à ce sujet on pourra consulter Dillmann *et al.* 2007 et Dillmann, L'héritier 2007. L'emploi du terme « hydroxydation » pour désigner toute forme de corrosion aqueuse qui s'est produite lors de l'enfouissement de l'objet est donc abusif. Cependant, par souci de simplification et afin de distinguer ce type de corrosion d'une oxydation à chaud qui pourrait être liée à un travail de forge, nous continuerons à l'utiliser dans ce sens tout au long du texte.

Sauf mention contraire :

- les dates données dans l'ouvrage se réfèrent à notre ère et s'entendent après Jésus Christ.
- les numéros des départements sont notés entre parenthèses.
- s. : siècle(s)
- m : mètre(s)
- ap. : après
- kg : kilogramme(s)
- av. : avant
- t : tonne(s)
- J.-C. : Jésus-Christ
- L : litre(s)
- ha : hectare(s)
- °C : degré(s) Celsius
- km : kilomètre(s)
- C : carbone en tant qu'élément chimique
- cm : centimètre(s)
- AFNOR : Association Française de Normalisation
- C.A.V. : Centre Archéologique du Var
- C.E.A. : Commissariat à l'Énergie Atomique
- C.N.R.S. : Centre Nationale de la Recherche Scientifique
- D.R.A.S.S.M. : Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines
- I.N.R.A.P. : Institut National de Recherches Archéologiques Préventives
- IRAMAT : Institut de recherche sur les archéomatériaux
- P.A.C.A. : Provence-Alpes-Côte d'Azur
- S.R.A. : Service Régional de l'Archéologie
- U.M.R. : Unité Mixte de Recherche

INTRODUCTION

LE POIDS DU PASSÉ

Le « Laboratoire de Métallurgies et Cultures » (U.M.R. 5060-IRAMAT) a été fondé en 1991 à Belfort-Sévenans (90) par Philippe Fluzin. Dans le même temps, en 1990 et 1993, se sont tenus toujours à Belfort-Sévenans (90) le symposium international du Comité pour la sidérurgie ancienne puis, à Besançon (25), un colloque sur la sidérurgie ancienne de l'est de la France dans son contexte européen (Mangin 1994c ; Benoît, Fluzin 1995). Le rôle central de ces régions dans les recherches sur la métallurgie du fer en France et en Europe y était ainsi consacré après la création en 1950 par Édouard Salin et Albert France-Lanord du « Laboratoire d'Archéologie des Métaux » à Nancy (54). En marge, les protagonistes d'une de ces manifestations soulignaient le peu de recherches menées à ce sujet dans le sud de la France (Mangin 1994b, p. 385), à l'exclusion d'un espace compris entre le Canigou (66) et la Montagne Noire (11), où de nombreuses études approfondies étaient déjà en vigueur depuis longtemps (Domergue 1982 ; Domergue 1989a ; Domergue 1989b ; Domergue 1993). Ainsi, du Haut-Languedoc aux Alpes, la plupart du temps, les quelques enquêtes demeuraient isolées les unes des autres et se cantonnaient à une simple description archéologique des aménagements. Pour remédier à cette situation, dans les années 1990-2000, des travaux sont venus rassembler ces études disparates et remettre au goût du jour des sites oubliés avec le concours de chercheurs venus notamment de l'est de la France et de Suisse, désireux de faire profiter de leurs compétences et d'essaimer l'intérêt de telles études (Feugère, Serneels 1998b ; Morin *et al.* 2000 ; Morin 2002 ; Morin *et al.* 2002). Ces nouvelles données ont été ventilées dans les récentes publications d'un manuel et d'un dossier de synthèse, toutes deux couronnant la métallurgie du fer comme axe majeur de la recherche archéologique nationale, plus de vingt ans après la création du Programme H.27-France de l'Est (aujourd'hui, Programme H.3) du Conseil Supérieur de la Recherche Archéologique – nommé « Mines et métallurgie de l'est de la France de l'Antiquité à l'Époque Moderne » (Domergue, Leroy 2000, p. 6 ; Mangin 2004a, p. 12-19 ; Mangin 2004b ; Fabre, Coustures 2005). Profitant de la reconnaissance grandissante des études sur la métallurgie du fer au cours de ces vingt dernières années, le Midi méditerranéen français est donc passé d'une terre *a priori* peu concernée par les activités sidérurgiques anciennes, à une aire seulement mésestimée par les études métallurgiques, à cause d'un passé sidérurgique industriel pratiquement inexistant, suivant un mécanisme historiographique clairement démontré (Pailler 1982 ; Pagès 2002, p. 14-16).

DES ACTIVITÉS MÉTALLURGIQUES DANS DIFFÉRENTS SECTEURS ÉCONOMIQUES

Notre thèse sur la métallurgie du fer en France méditerranéenne prend la suite de cette récente vague de recherche, mais elle ne saurait se justifier que par le seul comblement d'une carence documentaire déjà dénoncée, bien qu'encore réelle. Pour légitimer notre sujet, on pourrait alors évoquer le rôle fondamental du fer dans les sociétés occidentales depuis la fin de la Protohistoire ; un matériau qui, par son comportement mécanique, a révolutionné l'utilisation de nombreux objets dans tous les domaines de la culture matérielle. On pourrait également souligner le fait que la métallurgie du fer offre une vue significative sur l'histoire des techniques. Mais, aujourd'hui, dans le cadre de notre thèse, il s'agit surtout d'assimiler ces derniers aspects désormais devenus classiques, pour privilégier une lecture dans laquelle les civilisations anciennes trouvent une place centrale. La métallurgie du fer est alors perçue comme une activité économique exercée dans un cadre social.

Il n'en demeure pas moins que pour rendre compte des différentes opérations réalisées depuis la réduction directe du minerai jusqu'au forgeage d'un objet, notre thèse s'appuie sur la chaîne opératoire de la sidérurgie ancienne – filière dite directe – qui a été régulièrement précisée et documentée depuis maintenant plus de trente ans (Fluzin 1983 ; Tylecote, Gilmour 1986 ; Tylecote 1987 ; Benoît, Fluzin 1995 ; Serneels 1998 ; Fluzin *et al.* 2000 ; Pleiner 2000 ; Mangin 2004b ; Pleiner 2006). Cependant, cette représentation intellectuelle ne structure pas pour autant notre travail, puisqu'elle est avant tout un outil d'analyse visant à décomposer en séquences les opérations et les techniques, selon la définition *princeps* des technologues eux-mêmes (Lemonnier 1976 ; Leroi-Gourhan 1997, p. 225).

Aussi, nous avons choisi de fonder notre thèse sur la notion d'activité parce qu'elle intègre les considérations techniques de la chaîne opératoire tout en plaçant l'Homme au centre du propos. Cette notion se définit en effet dans son sens commun, comme dans son sens économique, par l'occupation d'une personne ou l'ensemble des actes que doivent accomplir les hommes pour satisfaire leurs besoins à partir de la production et de l'échange de biens ou de service (Silem, Albertini 2006, p. 13-14).

La sidérurgie ancienne occidentale peut être subdivisée en deux types d'activités. En amont, la production des métaux ferreux, laquelle rassemble l'extraction du minerai, la réduction de ce minerai, mais également certaines phases de forgeage qui complètent la réduction – spécialement l'agglomération du métal. En aval, le travail des métaux ferreux, lequel correspond approximativement au forgeage, dont la diversité est moins dans les phases techniques – traitements mécaniques, thermiques et chimiques (Fluzin 1983) –, que dans la variété des productions et des situations dans lesquelles il est exercé – de la fabrication en série d'objets spécifiques, à la forge de proximité, en passant par la forge temporaire. La production et le travail du fer sous-tendent également l'existence d'une pratique assimilée à une troisième activité, dès lors que l'on se trouve dans des sociétés sédentaires, hiérarchisées, productrices et usant de la

monnaie, ce qui est le cas depuis l'avènement de la métallurgie du fer en Occident : le commerce (Py 1993). Celui-ci est palpable de la production au travail des métaux ferreux et du travail des métaux ferreux à leur utilisation.

En conséquence, si l'on use de concepts qualifiant la sectorisation manufacturière depuis la révolution industrielle, la totalité des opérations métallurgiques permet d'avoir une vue sur des activités du secteur primaire, secondaire et tertiaire. Si l'on n'admet pas cet anachronisme, la totalité des opérations métallurgiques permet d'accéder à des activités aussi variées que l'exploitation et la transformation des produits de la terre, le façonnage de matériau semi-fini et, enfin, le transport et la distribution. Aussi, on saisit aisément les possibilités qu'offre cette manière de percevoir la métallurgie du fer : elle ouvre des fenêtres sur une grande partie des facettes économiques d'une société, à l'exclusion des travaux domestiques. Le fer n'est pas le seul matériau qui jouit de telles caractéristiques. Beaucoup d'autres subissent des transformations aussi importantes, de leur prélèvement dans la nature à leur emploi, mais tous n'engendrent pas, au cours de leur production et de leur travail, des déchets inaltérables en nombre. Tous n'exigent pas, non plus, une sectorisation aussi flagrante des activités, qui plus est, organisées autour d'aménagements construits et établis ; trois spécificités remarquables dans le cadre d'une étude archéologique qui utilise, à la base, une grille de lecture technique.

DU HAUT-EMPIRE AU DÉBUT DU MOYEN ÂGE EN FRANCE MÉDITERRANÉENNE

Au regard du cadre historiographique, le Haut-Empire s'est rapidement imposé comme la racine de notre thèse. Plusieurs raisons participent à ce choix. Déjà, cette époque est l'une des plus documentées dans le Midi méditerranéen, ce qui permet d'asseoir notre travail sur un socle solide. Ensuite, il est sans conteste le moment où l'usage du fer est démocratisé dans l'ensemble de la culture matérielle de la Gaule (Domergue 2004a), en cela on contourne les problématiques litigieuses liées à l'introduction d'un nouveau matériau – et de son travail – dans la société, pour privilégier la mise en place d'un canevas clair. Enfin, sans retomber dans une conception homogène et figée de la romanisation, le Haut-Empire correspond à l'hégémonie de Rome sur la Gaule. Cette domination est notamment marquée par une phase de recomposition monumentale dans toutes les structures et tous les réseaux de peuplement. De surcroît, celle-ci prend place au sein d'un large espace administratif créé depuis la conquête du Midi méditerranéen en 118 avant notre ère – la Gaule Transalpine puis la Narbonnaise (Fiches 1989a ; Goudineau 1989). Par conséquent, notre thèse trouve dans le Haut-Empire de la Narbonnaise un cadre administratif, social, technique et documentaire étendu et précis à la mesure d'une de ses finalités : dresser la base des connaissances sur la métallurgie du fer ancienne dans le Midi méditerranéen.

Dans un second temps, il est apparu essentiel d'appréhender les activités métallurgiques dans la longue durée pour capter les continuités et les changements, suivant une démarche ayant fait ses preuves depuis les travaux pionniers de Fernand Braudel. Ainsi, le début du Moyen Âge et, spécialement, l'Antiquité tardive et la première moitié du haut Moyen Âge ont été greffés à notre enquête – jusqu'aux VII^e-VIII^e siècles. Bien qu'il s'agisse toujours de documenter la métallurgie du fer à un temps donné, ici, la visée n'est plus de dresser la base des connaissances, mais de se servir de l'expérience acquise autour de l'étude du Haut-Empire pour explorer dans la continuité une époque mésestimée où l'argument métallurgique – et plus globalement économique – a souvent été évoqué avec préjugés, malgré les recherches novatrices, mais aujourd'hui anciennes, d'Édouard Salin et d'Albert France-Lanord (Salin 1939 ; Salin, France-Lanord 1943 ; Salin 1952-1959 ; Arnoux 1993, p. 11-26).

En tant que cadre administratif, durant l'Antiquité tardive et le haut Moyen Âge, la Narbonnaise n'est plus. Elle est démantelée en royaumes dits barbares. Néanmoins, elle reste une entité culturelle à part entière à cause d'une forte et tardive influence du monde romain – jusqu'aux VII^e-VIII^e siècles. Ainsi, bien que l'étude empiète sur une large chronologie, l'espace demeure un cadre stable, nécessité absolue dans une étude sur la longue durée. De plus, au regard de cette filiation culturelle entre la Narbonnaise I^{ère} et le Midi méditerranéen alto-médiéval français, on comprend mieux pourquoi les processus qui concernent le haut Moyen Âge ne peuvent être compris qu'en faisant le détour par le Haut-Empire, selon une démarche récemment employée dans l'étude de l'occupation du sol, justement pour renouveler la perception de cette époque (Schneider 2007b).

Pour privilégier cette lecture dans la continuité, notre thèse s'organise autour de l'évolution des trois types d'activités métallurgiques sus décrits – la production, la fabrication et le commerce. Ainsi, il est possible de mettre en évidence les choix et les comportements qui ont été adoptés pour un même exercice des cadres antiques à l'orée de la réforme carolingienne. En effet, il est avéré que les techniques métallurgiques du monde romain au début du Moyen Âge n'ont guère été modifiées. En revanche, ce qui évolue c'est la manière d'exploiter et d'appliquer les techniques, à savoir les moyens de production, pour utiliser une terminologie économique actuelle sans considération idéologique. C'est cet aspect par excellence que l'archéologie permet d'aborder, puisqu'il est l'expression matérielle de l'entreprise – dans le sens commun de ce qui est entrepris, éventuellement dans le cadre de projet et de choix, pour produire des biens ou des services à l'aide d'aménagements établis. Par ce biais, d'autres considérations économiques peuvent aussi être sondées, attendu que toutes les productions s'accordent avec des besoins, des débouchés ou des marchés. L'aspect le plus difficile à apprécier reste cependant les modes d'appropriation ou d'acquisition, c'est-à-dire le fait que l'entreprise soit privée ou publique, qu'elle soit issue d'un achat, d'une succession ou d'une conquête...

Finalement, on comprend que le dessein global de notre thèse est d'étendre les connaissances sur un pan des systèmes économiques – ou des modes de production – des cadres antiques à la mise en place du monde médiéval en s'appuyant sur la production, le travail et le commerce d'un matériau, en l'occurrence, les alliages ferreux.

UNE DÉMARCHE INTERDISCIPLINAIRE

Pour envisager nos problématiques, il a été indispensable de construire notre raisonnement sur une démarche résolument interdisciplinaire, permettant de décrypter les techniques et leurs mises en œuvre dans des environnements humains et naturels. Aussi, il a été choisi d'assimiler à une démarche archéologique une approche archéométrique.

Si les techniques métallurgiques sont si correctement connues, c'est l'ouvrage d'une discipline à part entière : l'archéométrie, née de l'application de méthodes d'analyses physiques et chimiques à des mobiliers archéologiques. Pour la métallurgie, on distingue spécialement l'archéométrie – anciennement paléométrie (Salin 1939 ; Salin, France-Lanord 1943 ; Salin 1952-1959 ; Chezeau, Fluzin 1997 ; Chezeau 2004). Elle se décline en deux grands genres d'analyses : la pétrologie, qui concerne une approche chimique des matériaux, et la métallographie, qui a trait davantage à la physique des matériaux. Le premier a été utilisé dans notre thèse dans le seul but de caractériser la provenance de certains alliages ferreux dans les problématiques concernant le commerce. Le second a été employé tout au long de notre étude pour déterminer les phases de la chaîne opératoire, la qualité des savoir-faire et les caractéristiques des produits travaillés et réalisés. Nous ne détaillerons pas ces méthodes largement démontrées, sauf pour introduire des nouveautés dans le protocole d'analyse de certains produits (Forbes 1955, 1963 et 1964 ; Fluzin 1983 ; Fluzin 1994 ; Benoît, Fluzin 1995 ; Fluzin *et al.* 1995 ; Ploquin 1995 ; Dillmann 1998 ; Fluzin, Leclere 1998 ; Fluzin *et al.* 2000 ; Fluzin 2001 ; Ploquin 2001 ; Fluzin 2002 ; Dillmann, Fluzin 2003 ; Fluzin *et al.* 2004 ; Dillmann *et al.* 2005 ; Dillmann, L'héritier 2007). Mentionnons néanmoins que la conduite d'études archéométriques nécessite des phases de travail en laboratoire relativement lourdes et longues avec notamment des usinages, des polissages à l'échelle du micron, ainsi que des observations macroscopiques et microscopiques, que nous avons menées dans le « Laboratoire de Métallurgies et Cultures » (U.M.R. 5060-IRAMAT, Belfort-Sévenans, 90, et Commissariat à l'Énergie Atomique, Saclay, 91) avec le soutien de notre laboratoire de rattachement, le laboratoire d'« Archéologie des sociétés méditerranéennes » (U.M.R. 5140, Lattes, 34).

Pour amalgamer ces données techniques aux contextes archéologiques, notre thèse se sert de l'archéologie du peuplement et de l'étude de la culture matérielle, à la manière de ce qui a déjà été effectué pour des sujets similaires, notamment dans l'est de la France (Mangin 1992 ; Mangin *et al.* 1992 ; Mangin *et al.* 2000a ; Mangin *et al.* 2000b ; Mangin, Fluzin 2003). Ce choix permet de replacer les vestiges métallurgiques – en partie analysés aux niveaux archéométriques – dans leurs contextes par la pratique d'échantillonnages, autrement dénommés fenêtres d'analyses. De la sorte, il est possible de corréliser les différentes échelles d'analyses archéologiques et archéométriques. Pratiquement, on distingue des sites dits témoins – ou de référence – en fonction de la qualité des vestiges métallurgiques découverts et de leur potentiel problématique par rapport au panorama archéologique. Ensuite, à l'intérieur du corpus métallurgique du site sélectionné, des échantillons archéométriques sont prélevés en raison de leur représentativité et de leurs possibilités analytiques. Ainsi, un va-et-vient est envisageable de la structure

microscopique à l'objet, de l'objet au contexte métallurgique, du contexte métallurgique à l'occupation préférée et de l'occupation préférée au panorama archéologique.

PARTIE I : LA PRODUCTION DU FER

**CHAPITRE 1 : RÉPERTOIRE
DES INITIATIVES
SIDÉRURGIQUES DE
L'ANTIQUITÉ AU MOYEN ÂGE**

Dans les zones méditerranéennes, la sidérurgie ancienne a fait l'objet d'enquêtes disparates. Si des études ont été coordonnées, plus ou moins récemment, autour de l'Unité Toulousaine d'Archéologie et d'Histoire (U.M.R. 5608, aujourd'hui TRACES) dans les Pyrénées-Orientales et dans l'Aude ou du Programme Collectif de Recherche « Mines et métallurgies en Provence et dans les Alpes du Sud », aucun bilan documentaire qui transgresse le cadre régional n'a encore été réellement tenté (Domergue, Leroy 2000 ; Barge 2002). Aujourd'hui, il est donc apparu indispensable de s'appuyer sur ces initiatives pour établir une liaison entre ces deux pôles et fédérer, en homogénéisant, les connaissances acquises dans une zone géographique plus grande, le Midi méditerranéen.

Ce bilan offre d'abord un meilleur cadre pour mettre en place un corpus de référence dans le traitement des problématiques visées et sur lequel l'essentiel de l'analyse est basé. Ensuite, il permet de mettre au jour les changements et d'apprécier les évolutions dans la longue durée, de l'Antiquité au Moyen Âge. Les informations collectées sur les différents sites supportent en effet une réflexion générale sur les modèles économiques adoptés à partir d'un classement typologique détaillé et justifié. Les problèmes liés à la répartition géographique des entreprises sont également insérés dans ces questions générales relatives à la similitude ou à la variabilité chronologique des productions. Ainsi, la réduction directe du minerai de fer est plus correctement estimée dans des espaces jusqu'alors entendus comme vierges de cette activité, si l'on exclut les Pyrénées-Orientales et la Montagne Noire. Sous des aspects plus pragmatiques, ce bilan forme par ailleurs un référent bibliographique indispensable à la connaissance et à la comparaison des lieux de réduction.

Pour exploiter au mieux cette documentation, cette recherche prend la forme d'un répertoire organisé par types d'entreprise sidérurgique. Il est fondé sur un catalogue (*cf.* volume III : annexes) se voulant exhaustif qui ne préjuge cependant pas des compléments futurs que les recherches toujours en cours seront susceptibles de produire.

1. UNE TYPOLOGIE DES ENTREPRISES DE RÉDUCTION DIRECTE

1.1. LES FONDEMENTS

Les recherches sur la sidérurgie ancienne en France méditerranéenne sont fréquemment isolées les unes des autres. La multiplicité, la redondance et parfois l'aspect parfois contradictoire des caractérisations des différents moyens de production dans chacune de ces enquêtes rendaient nécessaire une tentative de normalisation. Dans cette perspective, une typologie des entreprises sidérurgiques est proposée afin d'harmoniser et d'organiser des données s'inscrivant dans la longue durée, de l'Antiquité romaine au début du Moyen Âge, et dans une grande aire géographique, le midi de la France.

Conscient de la force, mais aussi de l'intérêt des habitudes acquises depuis un peu moins d'un demi-siècle dans le domaine de la métallurgie du fer, nous avons tenté d'exploiter au mieux les méthodes de description existantes qui ont été élaborées essentiellement dans le grand-est de la France ou dans le nord de l'Europe à partir de contextes sidérurgiques antiques (Cleere 1983 ; Mangin *et al.* 1992, p. 228-230 ; Pleiner 2000 ; Fabre, Coustures 2005, p. 296-303 ; Pleiner 2006). Deux types d'initiatives se dégagent de ces travaux : le district sidérurgique et le centre sidérurgique. Le district est une notion héritée de la géographie, dans laquelle il est une subdivision correspondant à la topographie ou à la composition physico-chimique des sols. Par extension, le district sidérurgique est utilisé pour rendre compte d'une multitude d'entreprises qui exploitent un gisement de minerai(s) de fer formant une unité topographique. Dans le cas où le district réunit des minerais de fer différents, tout en gardant une cohérence géographique dans l'implantation des unités de transformations, il a été choisi de considérer qu'il s'agit toujours d'un même district sidérurgique contrairement aux travaux strictement géologiques qui distinguent des entités en fonction des minerais. Le centre sidérurgique concerne uniquement un lieu de réduction établi dans un endroit fixe et ayant un volume de production très important.

En respectant les logiques propres à ces deux concepts, l'objectif de notre typologie est de ventiler ces notions dans une trame de lecture perméable aux découvertes sidérurgiques en tenant uniquement compte de l'ampleur des productions et du modèle économique adopté. Ce classement s'affranchit donc volontairement du réseau de peuplement dans lequel les initiatives sidérurgiques s'intègrent. Ainsi, on peut employer le classement typologique dans des périodes distinctes aux réalités multiples et singulières. Cette démarche permet d'apprécier des modèles de production sensiblement identiques se manifestant différemment selon l'environnement administratif et culturel dans lequel ils se développent, entre le monde antique et médiéval. Les discours réducteurs qui, par exemple, mettent en avant la primauté de la sidérurgie antique au

détriment de celle de l'Antiquité tardive et du haut Moyen Âge, tendent à être éliminés pour favoriser les comparaisons et la lecture d'une évolution technique et économique dans des contextes historiques qui ne sont jamais figés.

Pour renforcer l'impartialité de cette approche, la typologie est construite à partir d'une unité sidérurgique neutre et commune à toutes formes d'initiatives transformant le minerai en métal. Cette unité élémentaire est formée des aménagements de base nécessaires à la réduction directe : un bas fourneau et une zone de rejet des déchets, le ferrier. Un foyer d'épuration, des réserves de charbons de bois, une aire de préparation du minerai et des zones d'extraction peuvent également compléter cet ensemble.

Les types sidérurgiques envisagés découlent de cette unité élémentaire. Ils visent à transcrire les modifications qui lui sont apportées pour accroître et/ou pérenniser l'activité. Face à l'étendue des gisements ferreux, cette augmentation et cette prolongation de la production passent nécessairement par la multiplication des initiatives, caractère systématique par conséquent relégué au second plan dans la structuration de la typologie. Le caractère discriminant premier revient alors aux moyens de production adoptés, lesquels influencent autant la forme de l'entreprise, que sa multiplication. Ils sont définis par deux valeurs économiques antinomiques, objectives et facilement utilisables dans le cadre archéologique : la dispersion et la concentration – pour être schématique, entre un modèle strictement artisanal et un modèle qui tend vers l'industrialisation. Voyons donc pour les moyens de production dispersés et concentrés, les différents types d'entreprises qui dérivent de l'unité sidérurgique élémentaire et de sa multiplication sur le gisement exploité (fig. 1).

Il est bien évident que la réalisation d'une typologie oblige à une traduction théorique et, par là même, à un décorticage des modèles d'exploitation qui, dans la réalité, s'imbriquent et/ou se superposent dans l'espace et dans le temps. Rappelons alors que « tout système descriptif (...) n'a de réalité qu'en fonction d'un certain ensemble de problèmes » et qu'il traduit un choix, par l'archéologue, d'éléments supposés significatifs dans l'analyse (Gallay 1977, p. 18).

1.2. LES MOYENS DE PRODUCTION SIDÉRURGIQUES DISPERSÉS

1.2.1. L'ATELIER ISOLÉ

L'atelier isolé est équivalent à l'unité élémentaire : un bas fourneau, un ferrier, le cas échéant, un foyer d'épuration et quelques aires de travail (fig. 1). Il constitue la forme la plus modeste du modèle dispersé d'exploitation du minerai de fer. Ce cas concerne en principe une faible production et une séquence courte.

1.2.2. LE DISTRICT

Le district sidérurgique correspond à regroupement d'atelier de réduction isolé dans une unité topographique caractérisée par la présence importante de minerai(s) de fer (fig. 1).

Deux facteurs peuvent subdiviser le type du district sidérurgique : la durée et la quantité. L'estimation de la durée est difficilement accessible, dans la mesure où elle requiert des campagnes de fouille souvent agrémentées de datations radiocarbone, investigations encore peu développées dans le midi de la France. Cette subdivision n'est donc prise en compte que dans la mesure du possible, au cas par cas, pour préciser les connaissances sur un district. La quantité forme, elle, un critère de subdivision plus adapté à notre corpus archéologique. Nous nous affranchissons ici des informations liées à la superficie du district. Associer le nombre d'ateliers et l'étendue qu'ils couvrent introduit souvent l'image d'un éparpillement homogène des unités de réduction dans le district, alors qu'il s'agit d'apprécier, au cas par cas, de possibles concentrations dans le but de saisir éventuellement des dynamiques d'exploitation au cœur d'un même district. Cependant, il est bien évident que la notion d'ensemble est éminemment sous-jacente dans le district, un regroupement d'ateliers de réduction isolés.

SELON LA DURÉE

Un district sidérurgique peut se construire sur une durée moyenne à longue. Le mitage du gisement correspond aux nombreux déplacements d'ateliers de réduction plus ou moins isolés désireux de se positionner au plus près des ressources minérales et forestières au fur et à mesure qu'elles s'épuisent dans leur environnement immédiat. Dans ce cas, on parlera de **district sidérurgique chronique**. Par extension, ce sous-type concerne des districts sidérurgiques exploités sur plusieurs périodes historiques sans hiatus significatif, par exemple de l'Antiquité gallo-romaine au haut Moyen Âge.

Un district sidérurgique peut se construire sur une courte durée, c'est-à-dire qu'il correspond à un mitage plus ou moins synchrone d'ateliers de réduction pour exploiter les ressources en limitant les transports et en multipliant les entreprises. Dans ce cas, on parlera de **district sidérurgique conjoncturel**. Par extension, ce sous-type concerne l'exploitation d'un district sidérurgique sur une courte période ayant une unité historique tel le Bas-Empire ou le haut Moyen Âge. Plusieurs districts sidérurgiques conjoncturels peuvent s'échelonner sur un même gisement.

SELON LA QUANTITÉ

En se fondant sur les travaux antérieurs (Cleere 1983 ; Mangin *et al.* 1992, p. 228-230 ; Bielenin *et al.* 1995 ; Bielenin *et al.* 1996 ; Bielenin *et al.* 1998 ; Pleiner 2000 ; Pleiner 2006), on peut distinguer :

Les petits districts sidérurgiques qui se composent de quelques dizaines d'ateliers de réduction.

Les districts sidérurgiques moyens qui rassemblent plusieurs dizaines d'ateliers de réduction. Cette sous-catégorie intermédiaire permet également d'intégrer des zones nouvellement prospectées, dont on commence à saisir l'importance.

Les grands districts sidérurgiques qui regroupent quelques centaines d'ateliers de réduction.

1.3. LES MOYENS DE PRODUCTION SIDÉRURGIQUES CONCENTRÉS

1.3.1. LE CENTRE

Le centre correspond à la plus petite initiative sidérurgique du modèle concentré d'exploitation du minerai de fer (fig. 1). Il est composé d'une unité élémentaire renforcée de manière à accroître ses possibilités de production. Le trait dominant est celui d'un point vers lequel convergent les forces et les matières premières et duquel émanent d'importantes productions fabriquées à l'aide de moyens techniques centralisés. La concentration des activités et le volume de production lui donnent un caractère proto-industriel. Comme n'importe quelles initiatives sidérurgiques, le centre est directement dépendant des ressources minières et forestières du gisement sur lequel il s'installe, mais il peut être amené à les importer dans un large périmètre, dès lors que les matières premières environnantes sont épuisées par leur exploitation nécessairement intensive. Les compétences rassemblées, mais surtout la l'importance des infrastructures installées – aménagements de réduction, réseau de communication... – et la complexité des trames économiques directes et indirectes ramifiées autour du centre assurent la pérennité des installations et atténuent les perspectives de déplacement. Les centres sidérurgiques sont, de fait, utilisés de manière continue et dans une perspective durable.

Concrètement, le centre sidérurgique est caractérisé par une démultiplication et une concentration des infrastructures sidérurgiques. Ceci se matérialise par l'installation de bas fourneaux en batterie et par l'établissement durable d'aménagements artisanaux annexes notamment associés au stockage – charbon de bois... –, au traitement des matières premières – minerai... – et des produits obtenus – épuration... De telles entreprises sous-entendent une main-d'œuvre importante et par conséquent des regroupements humains (Domergue 2004a, p. 201). Le centre sidérurgique est donc souvent relié aux lieux de vie des métallurgistes et de leur famille, mais également parfois aux bâtiments du maître ou de l'autorité contrôlant l'activité. Ces dernières constructions aristocratiques et/ou militaires ne sont pas forcément couplées au centre sidérurgique, mais leur présence peut en revanche fortement faciliter l'identification du centre.

1.3.2. LE COMPLEXE

L'exploitation concentrée des gisements ferreux est également exposée à la multiplication des unités productives (fig. 1). Malgré la concentration des installations, le centre ne peut pas garantir le traitement des matières premières de tout un gisement – comme d'ailleurs actuellement, dans des modèles de production industriels. Par contre, sa capacité productive importante limite fatalement la multiplication des initiatives – suivant l'exemple de la Montagne Noire, cinq centres sidérurgiques égalent, voire dépassent, la production d'un district de deux-cents ateliers (*cf. supra*). Par ailleurs, étant donné la pérennité de la fixation topographique des centres, cette multiplication ne procède que très rarement d'une translation. Cela sous-entend la contemporanéité des établissements et dans une moindre mesure leur entente ou, tout du moins, leur relation, puisque le volume de production nécessite des importations de matières premières et des exportations de produits importantes et larges.

Nous proposons de nommer ces regroupements de centres, des complexes comme cela a déjà été effectué pour les très grands ateliers de potiers gallo-romains (Laubenheimer 1990). Actuellement, en économie, un complexe industriel est un ensemble d'entreprises complémentaires ou successives localisées dans un même lieu et concourant à une production particulière (Silem, Albertini 2006, p. 172). Ainsi, notre complexe sidérurgique est un regroupement d'entreprises entretenant de nombreux rapports et mettant en œuvre des moyens de production concentrés et diversifiés – notamment, l'extraction du minerai, le charbonnage et la réduction – dans le but de produire du métal.

2. LES SITES DE RÉDUCTION DIRECTE DES ALPES AUX PYRÉNÉES

2.1. LE RÉPERTOIRE

2.1.1. LA DÉMARCHE

LE TEMPS

Représentatives d'un lieu de réduction, les scories denses écoulées constituent l'élément déterminant dans le recensement des sites. Ce sont aussi les seuls fossiles directeurs de datation fiables et systématiquement présents, en prospections comme en fouilles, sur les entreprises métallurgiques de transformation.

Les scories denses écoulées sont les déchets de la réduction directe du minerai de fer dans un type particulier de bas fourneau utilisé à partir de la Tène finale (120-50 avant notre ère) : le bas fourneau à scories écoulées qui remplace le bas fourneau à scories piégées, pour l'instant, uniquement découvert dans des contextes protohistoriques de Gaule septentrionale (Serneels 1998, p. 19-21 ; Fluzin *et al.* 2000, p. 106-107 ; Leroy, Merluzzo 2004, p. 68-73 ; Domergue *et al.* 2006, p. 149-152). La seule prise en compte des scories écoulées permet donc de limiter le *terminus post quem* au II^e-I^{er} siècle avant notre ère, mais également de fixer le *terminus ante quem* aux XII^e-XIII^e siècles, date à laquelle le bas fourneau à scories écoulées est, lui aussi, supplanté massivement par les moulins à fer, lesquelles engendrent une modification notable des vestiges et des déchets (Izard 1994 ; Verna 2001 ; Belhoste 2002 ; Di Gangi 2002 ; Dabosi 2004). Plus tard, aux XV^e-XVI^e siècles, le procédé indirect ou la forge à la Catalane, réduction directe particulière à plus d'un titre, mettant en œuvre d'autres aménagements et fournissant là encore des types de déchets différents, substituent à nouveau les moulins à fer (Cantelaude 1995 ; Dabosi 2004 ; Domergue 2004b, p. 138-139 ; Leroy, Merluzzo 2004, p. 65 ; Mangin 2004a, p. 15 et 20 65).

Les scories issues de la réduction directe dans un bas fourneau à scories écoulées forment donc l'indicateur privilégié de l'activité sidérurgique et le mobilier datant au sens large du terme, entre les II^e-I^{er} siècles avant notre ère et les XII^e-XIII^e siècles. Ce grand intervalle chronologique trouve une légitimité dans le cadre général de notre étude, ainsi que dans la cohérence et l'unicité des procédés techniques mis en œuvre. Il permet de retracer et d'analyser l'application d'une technique, *a priori* invariable, à travers différentes sociétés aux spécificités économiques, administratives et culturelles plurielles.

L'ESPACE

D'un point de vue géographique, ce catalogue prend en compte les régions méditerranéennes, des Alpes du Sud aux Pyrénées-Orientales : administrativement, les régions Provence-Alpes-Côte d'Azur et Languedoc-Roussillon. Toutefois, le département des Hautes-Alpes, en grande partie enraciné dans les Alpes-centrales, ainsi que le nord de la Lozère, rattaché davantage au Massif Central, sont exclus de l'aire considérée où l'influence méditerranéenne prime. Dans une même logique, le sud-ouest des départements du Tarn (81) et de l'Aveyron (12) (région Midi-Pyrénées) sont pris en compte puisque, d'après la ligne de séparation des eaux, ils appartiennent plus au monde méditerranéen qu'au « Sud-Ouest » où l'influence océanique prédomine. Cela tient également pour les sites localisés dans les Alpes du Sud italiennes et sur le versant espagnol des Pyrénées-Orientales. Enfin, la Corse n'est pas concernée par l'inventaire parce qu'elle caractérise un contexte insulaire, avec des problématiques spécifiques qu'il est prématuré d'assimiler à celle de la Gaule du Sud, dans une vision d'ensemble comme la notre.

SOURCES

L'inventaire a, dans un premier temps, été effectué à partir des recherches conduites sur les deux principaux secteurs documentés : la Montagne Noire et les Pyrénées-Orientales à l'ouest et les Alpes du Sud et la Provence à l'est (Domergue, Leroy 2000 ; Barge 2002 ; Morin *et al.* 2002 ; Morin, Rosenthal 2005).

Il a été complété par un dépouillement bibliographique des documents régionaux et la prise en compte des récentes découvertes signalées. Dans bien des cas, l'élaboration de ce catalogue a nécessité de retourner aux sources et notamment aux données de fouilles (Documents Finaux de Synthèse, rapports de fouille et publications scientifiques) et aussi souvent que possible, aux séries elles-mêmes (dépôts archéologiques, musées, laboratoires et collections privées).

2.1.2. LA TRAME

Cantonnée principalement à l'activité métallurgique, la trame de présentation du site est simple et reprend les informations essentielles sur l'établissement (fig. 2). Pour tout complément, le lecteur peut se documenter dans les travaux de référence cités en bibliographie.

Les critères suivants ont été pris en compte pour l'élaboration de la fiche type du catalogue. En fonction des sites, tous les champs ne sont pas nécessairement documentés.

IDENTITÉ DU SITE :

Nom/lieu-dit, numéro d'inventaire, commune, département, type (atelier de réduction isolé, grand district sidérurgique, district sidérurgique moyen, petit district sidérurgique, centre sidérurgique).

CHRONOLOGIE :

La majorité des enquêtes a été menée sous la forme de prospection, il est donc difficile d'établir une chronologie précise de chaque site de réduction, d'autant qu'ils sont fréquemment exempts de mobiliers domestiques – céramiques, verres, ... –, principaux éléments de datation en archéologie. Leurs vestiges se limitent couramment à un épandage de scories écoulées et à quelques fragments de paroi de bas fourneau. La transformation du minerai est une activité polluante, éloignée des lieux de vie et établie au plus près des gisements de minerai et des ressources forestières. Si elle ne relève pas d'une forme d'exploitation concentrée, comme au Domaine des Forges (Les Martys, 11) (Domergue 1993, p. 127-235), elle est fréquemment dissociée d'un habitat, même temporaire comme ceux identifiés autour des aires de charbonnage moderne. On ne peut par conséquent que dater rarement les sites de réduction, dont parfois dix à plus de deux cents d'entre eux sont regroupés en district sidérurgique.

À la manière de ce qui a été fait en Suisse occidentale et centrale ou dans le Jura Vaudois depuis le début des années 1970, le recours aux datations ¹⁴C est massivement utilisé pour remédier à ce problème de datage spécifique aux sites de réduction (Pelet 1993, p. 110-113 ; Serneels 1993, p. 83-84 ; Eschenlohr 2001, p. 20). Dans le sud de la France, les recherches sont encore trop récentes pour bénéficier de campagnes de datations radiocarbone. À cela vient s'ajouter une autre particularité des sites de réduction, lesquels peuvent être temporaires ou occupés dans un temps moyen à long. Cette situation se reproduit autant dans le centre sidérurgique du Domaine des Forges (Les Martys, 11) que dans les districts sidérurgiques regroupant de nombreux lieux de réduction comme à Vert-Saint-Denis (77), dans l'est de la France et en Suisse où la production peut s'échelonner pendant plus de trois cents ans durant l'Antiquité et/ou le Moyen Âge (Domergue 1993, p. 123-125 ; Pelet 1993, p. 112-113 ; Leroy 1997, p. 213-228 ; Daveau, Goustard 2000b, p. 33-34 ; Eschenlohr 2001, p. 153-155).

Sur certains lieux de réduction, lorsque des datations plus précises sont connues, elles sont toutefois mentionnées pour affiner la chronologie. Dans le but de préciser leur validité, le support à partir duquel elles ont été établies est également signalé.

VESTIGES :

Cette rubrique présente les différents types de déchets, de produits et éventuellement d'aménagements et de constructions qui leur sont associés.

CONTEXTE SIDÉRURGIQUE ENVIRONNANT :

Ce champ replace le site dans le contexte sidérurgique environnant, antérieur, synchrone ou postérieur, dans le but de mieux comprendre les relations qu'il entretient avec le substrat local mais aussi de connaître les processus post-dépositionnels qui ont pu altérer la bonne conservation des vestiges.

TRAVAUX :

Ici, sont explicitées les différentes enquêtes de terrain menées sur le site (prospections, sondages, fouilles) et les principales publications.

EXPERTISE COMPLÉMENTAIRE OU JUSTIFICATIVE :

Cette partie présente notre perception du site, générée par le croisement des différentes informations qui le caractérisent.

2.2. UN ÉTAT DES LIEUX BRUT

Le répertoire des lieux de réduction en France méditerranéenne se compose pour le moment de trente et un sites (fig. 4 et 5, *cf.* volume III – annexes). Plus des trois quarts sont affiliés aux moyens de production dispersés – vingt-quatre. Lui-même est composé pour plus d'une moitié d'atelier de réduction isolé – quinze. L'autre partie se partage plutôt équitablement entre les différents districts sidérurgiques. Au sujet des moyens de production concentrés, la majorité des centres sidérurgiques recensés fait partie d'un même complexe sidérurgique situé dans la Montagne Noire – cinq. Seul deux sites sont des centres.

Au-delà du décompte des types de sites, les informations collectées permettent non seulement de porter un regard sur la recherche concernant la sidérurgie dans le sud de la France, mais également de dresser un premier état des lieux des types d'entreprise sidérurgique attestés en fonction de critères chronologique et géographique.

2.2.1. LA RECHERCHE ARCHÉOLOGIQUE

CHRONIQUE DES ENQUÊTES

Les recherches sur la sidérurgie ancienne dans le midi de la France ont débuté au XIX^e siècle (fig. 3). Encore balbutiant, ce courant d'enquêtes, uniquement mené sous la forme de prospections, est associé au développement de la sidérurgie indirecte en Provence notamment à Rustrel, dans le Vaucluse, et sur le plateau de Canjuers, dans le Var. Cet intérêt précoce s'inscrit dans un mouvement national incarné au niveau national par les travaux de Gabriel Auguste Daubrée (Daubrée 1868 ; Chrestian s.d. (XIX^e s.)).

Au début du XX^e siècle, la tendance s'inverse progressivement (fig. 3). Quelques prospections non spécialisées d'un côté et de l'autre du Rhône, notamment dirigées par Félix Mazauric et Jean Barruol, documentent à l'occasion le sujet, mais l'indifférence gagne ce trait de la recherche, totalement inexistant jusqu'après la seconde Guerre Mondiale, à l'image des recherches nationales dans ce domaine (Mazauric 1909 ; Mazauric 1916-1917 ; Barruol 1930).

Il faut attendre les années 1960 pour voir renaître un intérêt. Cette attention trouve une certaine précocité par rapport à la tendance nationale. Elle est essentiellement incarnée dans les

recherches de Pierre Martel qui prospecte et sonde les premiers ferriers du sud de la France, dans le grand district des Monts du Vaucluse (Martel 1963 ; Martel, Barruol 1968 ; Martel 1981 ; Martel 1985 ; Martel 1990).

Les années 1970 et 1980 constituent l'apogée des études sidérurgiques dans le Midi méditerranéen (fig. 3). On le doit principalement à l'ancienne Unité Toulousaine d'Archéologie et d'Histoire (U.M.R. 5608, aujourd'hui nommée TRACES) et, en particulier, à Claude Domergue et Robert Sablayrolles qui se sont employés à fouiller de manière exhaustive deux centres sidérurgiques de la Montagne Noire, dans l'Aude. Ces recherches originales se poursuivent durant les années 1980 et se terminent dans le courant des années 1990 (Sablayrolles 1989b ; Domergue 1993).

Jusqu'aux années 1990, les recherches sur la sidérurgie ancienne dans le Midi suivent peu ou prou une tendance commune à l'ensemble de la France. Cependant, elles ne couvrent pas de manière homogène le territoire. Si, à l'origine, un foyer éphémère s'est constitué autour des Monts du Vaucluse, l'essentiel des recherches a été par la suite conduit, en réalité, dans l'Aude, ce qui peut conduire à des distorsions de perception de l'activité.

Pour les périodes plus récentes, entre la fin des années 1990 et les années 2000, le bilan est plus difficile à dresser (fig. 3). On peut cependant faire deux remarques. D'une part, les années 1990 connaissent un infléchissement net des études sur la sidérurgie ancienne. On peut vraisemblablement l'attribuer au renouvellement générationnel de l'équipe Toulousaine d'Archéologie et d'Histoire (U.M.R. 5608) qui connaît d'un côté, la fin des fouilles au Domaine des Forges (Martys, 11) en 1995 et de l'autre, la mise en place de prospections systématiques dans l'environnement proche de ce dernier site (Decombeix *et al.* 2000). D'autre part, les années 1990 voient un éparpillement des études dans l'Arc méditerranéen. L'Aude ou les Pyrénées ne sont plus les seules régions investies. Les Alpes du Sud et la Provence sont dorénavant traitées, initialement par le Programme Collectif de Recherche « Mines et métallurgies en Provence-Alpes-Côte d'Azur » qui revisite, sous la forme de prospections ou de sondages d'urgence, l'essentiel des découvertes du XIX^e siècle à la lumière des connaissances actuelles (Barge 2002). Plus récemment, notre thèse prolonge cette tendance notamment à travers la conduite de deux fouilles archéologiques présentées plus avant dans le volume.

DES ZONES VIERGES À ÉTUDIER

Ce large panorama sur la sidérurgie ancienne dans le midi de la France laisse apparaître des inégalités et des lacunes géographiques dans la conduite des enquêtes de terrain (fig. 4 et 5).

Aujourd'hui, la Montagne Noire forme toujours le noyau dur de la recherche dans le domaine méditerranéen. À proximité, les Hautes-Corbières ou le Canigou ont également bénéficié d'un engouement, mais celui-ci s'est souvent limité à l'analyse des sources écrites médiévales et à l'étude des moulins ou des forges à la Catalane, à tort, mises en valeur au niveau national comme spécificités régionales. En revanche, pour l'Antiquité et le début du Moyen Âge, les enquêtes sont toujours très rares.

Plus à l'est, le panorama est nettement moins satisfaisant, mais il est en revanche prometteur (fig. 4 et 5). Jusqu'au Rhône, pratiquement aucune activité sidérurgique n'a été découverte. Récemment, le causse de Sauveterre a livré les premiers éléments d'un district sidérurgique qu'il faut encore estimer plus rigoureusement (Roche 2006). L'inventaire reste cependant maigre. On peut juste y ajouter le petit district sidérurgique du Bois des Lens dont les connaissances, remontant aux années 1970, ont été réévaluées dans le cadre d'un retour sur le site. Pourtant, les Cévennes sont un massif chargé en minerai de fer (Bailly-Maitre 1989, p. 61-62) dont des traces d'exploitation et de transformation sont identifiées près d'Alès (30), notamment à Courry et à Gagnières (30) au XIX^e siècle avec les mines de fer de Pierre-Morte et ses hauts fourneaux. Plus anciennement, cette activité imprègne fortement la toponymie de lieux-dits des communes de Cendras (30), Laval-Pradel (30) Trescol (30), Branoux-les-Taillades (30) et Collet-de-Dèze (48), toutes établies le long du Gardon d'Alès et, plus au nord, sur la commune de Meyrannes (30) (Wienin 1997). Et même si aujourd'hui la toponymie et l'archéologie ont emprunté des trajectoires divergentes (Zadora-Rio 2001), ce type de données constitue des pistes prometteuses d'autant qu'elles sont localement vérifiées, notamment sur le site de La Ferrière (30) où l'extraction médiévale du fer est identifiée (Bailly-Maitre 1989, p. 64-67 ; Mangin *et al.* 2000b, p. 179-180). En ce qui concerne le Haut-Languedoc, tout reste à construire. C'est d'ailleurs ce que commence à mener Catherine Verna (Maître de conférences, Histoire médiévale, Université Paris VIII) à partir de l'important dossier de sources écrites conservé à Lacaune, au sud-est du Tarn (81), animé par la sidérurgie jusqu'au XVI^e siècle.

À l'est du Rhône, la situation est tout aussi peu enviable si l'on exclut Programme Collectif de Recherche « Mines et métallurgies en Provence-Alpes-Côte d'Azur » qui a permis la redécouverte du potentiel sidérurgique de cette région dans les années 1990-2000 (fig. 4 et 5). Expertisés avec le regard des connaissances actuelles, ces lieux de réduction directe, identifiés primitivement aux XIX^e et XX^e siècles, montrent une grande diversité et une richesse en particulier dans les types de schémas de production auxquels on peut accéder par leurs études : du grand district sidérurgique des Monts du Vaucluse (04, 84) aux districts sidérurgiques de haute altitude, vers 2000 m, au col Ferrière ou à la cime du Fer (06), en passant par les ateliers isolés du Centre-Var (Morin *et al.* 2002 ; Morin, Rosenthal 2003 ; Morin, Rosenthal 2005).

LES CONTRAINTES DU MILIEU MÉDITERRANÉEN DANS LA RECONNAISSANCE ARCHÉOLOGIQUE

Les espaces méditerranéens regroupent des spécificités géographiques qui conditionnent directement la conduite des prospections et, par voie de conséquence, une partie des connaissances acquises. Les espaces ruraux méditerranéens ont en effet été largement désertés par les activités agropastorales depuis plus de cinquante ans. Celles-ci ont laissé place à un taillis dense assimilé au maquis souvent impénétrable. Beaucoup de secteurs n'ont donc pas pu bénéficier de prospections systématiques, comme cela a été possible dans l'est de la France et en Suisse.

Pour illustrer plus précisément ces contraintes, mais surtout pour expliquer leurs influences sur les connaissances accumulées, deux zones emblématiques, qui intéressent particulièrement la sidérurgie ancienne, peuvent être comparées en Languedoc oriental : les plaines alluviales du littoral montpelliérain et, directement au nord, les « garrigues » montpelliéraines formant les premiers contreforts des Cévennes. Ces deux zones, distantes de quelques kilomètres, s'opposent radicalement. Dans les plaines alluviales, les prospections sont aisées, mais en revanche la potentialité de découvrir des ateliers de réduction est très faible puisque ces lieux ne contiennent pas de minerai et sont traditionnellement pauvres en bois à cause de l'agriculture et de l'occupation humaine, massives depuis l'Antiquité (Raynaud 2003, p. 76-77). Au nord, les « garrigues » forment un milieu riche autant en minerais qu'en bois, mais elles sont très difficilement accessibles. Des travaux sur les charbonnières de la fin du Moyen Âge et de l'époque moderne y ont été pourtant conduits à la faveur de deux avantages de taille. D'une part, sur l'emplacement d'une charbonnière, la végétation qui peine à repousser est sensiblement différente par rapport au milieu environnant. D'autre part, ces charbonnières sont souvent installées le long du fond des vallons (Fabre 1996). Dans le cadre de la sidérurgie ancienne, la situation est beaucoup plus contraignante puisque l'activité ne bénéficie pas de caractéristiques intrinsèques, remarquables durablement dans ce type de paysage, hormis l'épandage de scories qu'elle produit, cependant rapidement invisible, une fois recouvert par la végétation.

A contrario, une autre caractéristique du milieu méditerranéen peut ponctuellement et localement faciliter la prospection dans les milieux boisés impénétrables : les incendies de forêt qui ravagent chaque été des milliers d'hectares. Depuis maintenant plus de trente ans, les archéologues se servent de ces désastres pour prospecter des espaces jusqu'alors difficilement accessibles. Encouragées par l'impact catastrophique de ces sinistres sur la conservation des vestiges, mais également par l'excellente lisibilité des terrains, ces enquêtes ont souvent été soutenues par les autorités régionale et nationale, conscientes du complément important qu'elles apportent à la Carte archéologique nationale. Le massif de la Saintes-Victoire (13) et des Alpilles (13), respectivement prospectés en 1989 et 1999 après le passage d'importants feux, forment des exemples remarquables à cet égard (D'anna *et al.* 1992 ; S.R.A. P.A.C.A. *et al.* 2001). Si ici, aucun vestige sidérurgique tangible n'a été découvert, il en est autrement dans le Bois des Lens (30), au nord-ouest de Nîmes, où Jean-Claude Bessac (U.M.R. 5140, Lattes) a mené, après l'incendie de 1976, une importante campagne de prospection permettant la découverte de nombreux habitats et de onze sites sidérurgiques (Bessac *et al.* 1979, p. 43-50). Il en est de même pour les deux ateliers de réduction isolés des Espouveriès (Aups, 83) découverts en 1993 par Jean-Marie Michel dans le Centre-Var (I.N.R.A.P. méditerranée/C.A.V.) lors de prospections organisées après le ravage des flammes.

Si aujourd'hui, on peut donc se réjouir de l'émergence du potentiel archéologique sidérurgique dans l'ensemble du Midi méditerranéen, il faut aussi noter que la recherche archéologique dans chaque région dépend en grande partie de ses caractéristiques géographiques et des problématiques que développent ses institutions scientifiques. Elle influence et contraint chaque thème d'étude archéologique de manière dissemblable. Pour la sidérurgie ancienne des régions méditerranéennes, la situation est particulièrement coercitive. D'un côté, les recherches

récentes ont été jusqu'à présent principalement conduites autour de la Montagne Noire (11) à partir d'un unique laboratoire basé à Toulouse. De l'autre côté, le terrain d'étude favorable à ce thème est difficilement accessible aux investigations archéologiques de toutes sortes. On peut donc raisonnablement envisager que le nombre de sites sidérurgiques, à l'heure actuelle évalué à trente, est largement sous-estimé.

L'ATTRAIT DES GISEMENTS FACILEMENT EXPLOITABLES

Le minerai de fer est très abondant dans la croûte terrestre. Il en forme le cinquième élément chimique, soit environ dix mille fois plus que le cuivre (Fluzin 1983, p. 18 ; Serneels 1998, p. 8 ; Serneels 2004b, p. 25-33). Il se trouve sous de multiples formes, parfois regroupées dans des espaces plus ou moins étendus et circonscrits : les gisements de minerai de fer, dont la plupart sont utilisables dans le cadre de la réduction directe. Contrairement à la vision moderne des mines européennes, durant l'Antiquité et le début du Moyen Âge, le minerai de fer est préférentiellement recueilli en surface, dans des gîtes très accessibles et facilement exploitables comme les affleurements rocheux, notamment exploités dans les districts du col Ferrière et de la cime du Fer (06), mais aussi dans la Montagne Noire (11). Les sols meubles contenant du minerai constituent également des gisements privilégiés. Ils sont traités par ramassages superficiels ou creusements plus ou moins importants nommés, suivant la forme, mines à ciel ouvert, puits ou minières. Ces dernières techniques s'appliquent particulièrement aux argiles détritiques des milieux karstiques sensiblement identiques à ceux du district du Bois des Lens (30). Très courants dans les contextes méditerranéens, ils renferment fréquemment des concrétions ferrugineuses appelées, parfois abusivement, pisolithes (fig. 24). Plus rarement, le minerai est prélevé dans des petites mines peu profondes et facilement exploitables, comme les remplissages karstiques d'argile détritique. C'est le cas dans le district de Canjuers (83). La richesse des gisements de minerai de fer superficiels et/ou meubles a ainsi encouragé leur exploitation intensive pour satisfaire une production parfois importante, organisée en district sidérurgique, sur un modèle dispersé, ou en centre sidérurgique, sur un modèle concentré. Cette observation pressentie dans d'autres régions françaises s'applique donc également au Midi méditerranéen (Serneels 2004b, p. 47).

Ces pratiques d'extraction restreignent de nombreuses contraintes techniques lourdes – creusement d'un encaissant dur, exhaure, ventilation, gestion des stériles... Pourtant ce n'est pas leur méconnaissance qui a dicté cet usage puisque depuis la protohistoire, par exemple en Hispanie et en Aquitaine, l'extraction minière des non-ferreux n'a de cesse que le perfectionnement de ses procédés en fabriquant des étayages très aboutis et des pompes mécaniques pour évacuer l'eau ou en perçant des travers-bancs et des puits dans des roches dures dans le but, par exemple, de renouveler l'air (Domergue 1990, p. 413-462 ; Cauuet *et al.* 2005 ; Domergue *et al.* 2006, p. 144-149).

Dans le Moyen Âge central, l'exploitation des gisements superficiels et meubles s'estompe progressivement, au moins en partie, à cause de leur raréfaction. Le minerai de fer est dès lors extrait de mines plus profondes dont les nombreux textes médiévaux font mention à partir du

XII^e siècle et dont on retrouve plusieurs traces des Pyrénées aux Alpes ou de la Bourgogne et aux Vosges (Fluck *et al.* 1995 ; Rovira, Carme *et al.* 1995 ; Rovira, M. C. *et al.* 1995 ; Steck-Hauss *et al.* 1995 ; Vergani 1995 ; Verna 1997). La multiplication des citations – à propos de l'extraction du fer – a été justifiée par l'augmentation de la quantité des sources écrites à partir des X^e-XI^e siècles et du désir de plus en plus grandissant des autorités religieuses ou laïques de contrôler ce type de production, spécialement rentable dans le contexte de forte croissance économique des XI^e-XIII^e siècles (Benoît, Cailleaux 1991, p. 354-362 ; Contamine 1997, p. 180-181). Cette multiplication des citations pourrait également découler de la hausse de la valeur ajoutée du prix du minerai de fer, dont l'extraction devient de plus en plus contraignante et, par conséquent coûteuse. Cette piste reste à vérifier, mais il n'en demeure pas moins que la modification des pratiques extractives est à prendre en compte dans l'évolution des techniques qui jalonne tout le Moyen Âge jusqu'à l'introduction du haut fourneau au même titre que la perception qu'en ont ses contemporains.

2.2.2. CHRONOLOGIE ET LOCALISATION DES TYPES

Le répertoire ainsi dressé permet de consigner une première série de remarques typo-chronologiques et géographiques sur les lieux de réduction en France méditerranéenne.

LES ATELIERS DE RÉDUCTION ISOLÉS

Les ateliers de réduction isolés regroupent quinze sites (fig. 4, 5 et 6). Seul un site fouillé permet de donner une datation absolue fiable de ce type d'entreprise, au IV^e siècle de notre ère. Une autre pourrait faire remonter ce type au III^e siècle, mais cette datation, établie dans les années 1970 à partir de données qui apparaissent aujourd'hui équivoques, doit être vérifiée. Le reste des datations se rapporte soit pour sept ateliers, à une chronologie large, entre l'Antiquité romaine et l'Antiquité tardive, soit pour six autres, à une époque indéterminée.

Pratiquement tous les ateliers de réduction isolés sont localisés dans le Var et le Vaucluse, à proximité des districts sidérurgiques des Monts du Vaucluse et du Plateau de Canjuers (fig. 4, 5 et 6). Trois ateliers isolés dérogent légèrement à cette règle. Ils sont implantés dans les départements voisins : les Bouches-du-Rhône et le Gard.

LES DISTRICTS SIDÉRURGIQUES

Les districts sidérurgiques sont représentés par neuf sites, soit environ un tiers du corpus (fig. 4, 5 et 6). Trois d'entre eux sont des grands districts, quatre se rapportent à des districts moyens et enfin deux concernent le sous-type du petit district.

Les plus vieux districts remontent au I^{er} siècle avant notre ère. Ils trouvent peut-être quelques racines au siècle précédent, mais la très grande majorité de leur production se cantonne au dernier siècle avant notre ère (fig. 4, 5 et 6). Ils déclinent rapidement, un peu avant le

changement d'ère ou au début du I^{er} siècle. Il faut attendre le début du deuxième tiers du III^e siècle pour voir à nouveau apparaître un district sidérurgique, mais leur fonctionnement s'étend également aux IV^e et V^e siècles, selon les quatre datations absolues dont nous disposons. Quant aux datations relatives, elles témoignent de chronologies plus lâches, ancrées dans le Bas-Empire, l'Antiquité tardive et le haut Moyen Âge. Par là même, elles donnent l'image d'une multiplication et d'un recoupement chronologique des fonctionnements, surtout vers l'Antiquité tardive. De ce fait, si le *terminus post quem* de cette deuxième phase d'activité des districts sidérurgiques paraît plutôt bien calé, vers le milieu du III^e siècle de notre ère, le *terminus ante quem* est en revanche encore fluctuant, mais vraisemblablement établi dans le haut Moyen Âge, entre le VII^e et le IX^e siècle. Aucune corrélation entre la chronologie et la superficie du district ne se dégage. Enfin, nul indice ne permet d'imaginer un enchaînement chronologique du fonctionnement de chaque district ; leur occupation paraît davantage se recouper dans le temps, le plus souvent autour de l'Antiquité tardive, sans que l'on saisisse plus clairement les différentes subtilités de cet assemblage chronologique.

Du point de vue géographique, les premiers districts sidérurgiques, fonctionnant principalement au I^{er} siècle avant notre ère, sont uniquement localisés entre les Pyrénées-Orientales et l'Aude (fig. 4, 5 et 6). En ce qui concerne la seconde phase de développement, intervenant entre le III^e siècle et le haut Moyen Âge, les districts sidérurgiques sont éparpillés et multipliés sur l'ensemble du midi de la France. Ils se retrouvent dans tous les départements, des Pyrénées-Orientales au Var, à l'exclusion de l'Hérault, des Bouches-du-Rhône et des Alpes-Maritimes. Par rapport à la première phase de développement qui regroupe deux à trois districts – le versant méridional de la Montagne Noire (11), le Canigou (66) et peut-être les Hautes-Corbières (11) –, le second cycle en rassemble un nombre beaucoup plus important, au moins sept – le Plateau de Canjuers (83), Fontaine-du-Vaucluse (84), les Monts du Vaucluse (04, 84), le plateau d'Albion (04, 84), le Bois des Lens (30), le Causse de Sauveterre (48), Fontaine du Vaucluse (84), et peut-être les Hautes-Corbières (11).

LES CENTRES ET LES COMPLEXES SIDÉRURGIQUES

Moins d'un quart des sites de réduction se rapporte au type du centre sidérurgique – sept. Cinq d'entre eux sont localisés sur le versant méridional de la Montagne Noire : le Domaine des Forges (Martys), Laprade-Basse, Co d'Espérou (Saint-Denis), Carreleit (Fontiers) et Camp Naout (Saint-Denis) sont regroupés dans un petit périmètre entre les vallées voisines de la Dure, du Limon et de l'Alzeau (fig. 4, 5 et 6). Ce regroupement est d'autant plus flagrant que la totalité de ces lieux de production fonctionne de manière synchrone, entre la fin du I^{er} siècle avant notre ère et la fin du III^e siècle de notre ère. Pour cette raison, il s'agit d'un complexe sidérurgique fait de cinq centres.

Les trois centres « isolés » appartiennent à des périodes chronologiques précises. L'un est daté de la seconde moitié du I^{er} siècle avant notre ère (fig. 4, 5 et 6). Installé dans le versant méridional de la Montagne Noire, il pourrait présenter les prémices du complexe sidérurgique sus détaillé. Les deux autres se rapportent au III^e siècle et à un espace également analogue : les Alpes

du Sud. Leur éloignement relatif ne permet pas de les regrouper en complexe, mais tout concourt cependant pour les associer à une dynamique commune.

3. L'ÉVOLUTION DES MOYENS DE PRODUCTION DE L'ANTIQUITÉ ROMAINE AU DÉBUT DU MOYEN ÂGE

3.1. LA SIDÉRURGIE EN GAULE DU SUD : UNE INITIATIVE ROMAINE CONCENTRÉE

3.1.1. UN SUBSTRAT SIDÉRURGIQUE INDIGÈNE INEXISTANT ?

En l'état de la recherche, dans le midi de la France, au sein d'une zone sensiblement équivalente à ce qui devient en 118 avant notre ère la Gaule Transalpine, la production de fer ne s'ancre pas dans un substrat sidérurgique indigène contrairement au reste de la Gaule et notamment dans l'Yonne ou en Bretagne où des entreprises de réduction protohistoriques, parfois d'ampleur, sont reconnues dès le IV^e siècle avant notre ère (Domergue *et al.* 2006, p. 139-140). Cette situation particulière avait déjà été remarquée par les protohistoriens ; la présence de fer étant justifiée par le renforcement progressif des relations avec les régions septentrionales depuis le VI^e siècle avant notre ère (Py 1987, p. 156-157, 222, 228 et 449-453 ; Py 1993, p. 64 et 126-127). Ces échanges sont particulièrement visibles dans le mobilier métallique manufacturé dont le caractère stéréotypé traduit, à bien des égards, un apport de type commercial et non de type invasion. La circulation du fer pouvait également être réalisée sous la forme de matériaux plus ou moins bruts. Ainsi, les forgerons méditerranéens pouvaient produire des objets dont les déchets de fabrication apparaissent dès le VI^e siècle avant notre ère et se multiplient dans les siècles suivants (Py 1987, p. 100 et 477). Aucun demi-produit standardisé de type celtique, tels les *currency bar* ou les lingots bipyramidés, n'a été découvert en contexte méditerranéen (Doswald 1994). En revanche, des loupes grossièrement dégrossies se retrouvent fréquemment dans les *oppida*, dans des contextes du II^e et du I^{er} siècle avant notre ère (Willaume 1987, p. 118 ; Berranger, Fluzin 2007). Leur présence pourrait refléter la persistance d'une pratique plus ancienne associée à l'importation de fer sous une forme de masse brute à peine épurée et compactée. Selon cette hypothèse, il ne faut pas considérer des approvisionnements uniquement dans le monde celtique septentrional. Sans être exhaustif, la *Sierra Nevada* et la *Sierra Menera* en Espagne, ainsi que la Lombardie et la région de *Populonia* en Italie ont produit du fer dès le V^e ou le III^e siècle avant notre ère (Domergue 2004b, p. 139 ; Polo Cutando, Villagordo Ros 2007). Elles sont donc susceptibles d'avoir exporté une partie de leur production à moyenne ou grande distance vers le midi de la France.

En Gaule du Sud, la transformation du minerai de fer semble apparaître au II^e siècle avant notre ère, mais elle ne se développe réellement que dans le siècle suivant (fig. 7). Cette introduction tardive ne se disperse pas sur le territoire, elle se concentre uniquement autour du Canigou, de la Montagne Noire et peut-être des Hautes-Corbières, dans les départements actuels des Pyrénées-Orientales et de l'Aude. Assez mal documentées, les activités de réduction prennent seulement la forme de districts sidérurgiques. Celui du versant méridional de la Montagne Noire (11) constitue l'exemple de référence. Il compte plus de deux cents ateliers de réduction, plutôt modestes, fonctionnant de manière synchrone essentiellement durant le I^{er} siècle avant notre ère. La particularité de la sidérurgie dans le sud de la Gaule réside donc dans le fait qu'elle semble être une activité au moins fortement influencée par la colonisation romaine, sinon directement développée au moment où l'existence institutionnelle de la Gaule Transalpine comme « *provincia* » est stabilisée. Cette lecture paraît d'autant plus valide quand on sait que Narbonne, capitale de la province, se trouve à proximité de toutes les zones productrices. Cette situation s'inscrit dans un mouvement profond, avéré dès le début du II^e siècle avant notre ère, qui voit l'augmentation importante de la production indigène de tous les métaux, certainement sous l'impulsion d'une demande accrue de Rome en pleine expansion (Domergue *et al.* 2006, p. 152-153).

3.1.2. L'AVÈNEMENT DE COMPLEXES SIDÉRURGIQUES DURANT LE HAUT-EMPIRE

Cinq des sept centres sidérurgiques de Narbonnaise – Domaine des Forges, Laprade-Basse, Co d'Espérou, Carreleit et Camp Naout – ont vraisemblablement fonctionné entre la fin du I^{er} siècle avant notre ère et la fin du III^e siècle. Les deux autres centres se rapportent uniquement aux III^e-IV^e siècles – Col Ferrière et Cime du Fer (fig. 4 et 5). Le centre sidérurgique n'existe donc pas durant la période républicaine ni, plus tard, au début du Moyen Âge. Il est la seule forme d'exploitation du minerai pour l'instant recensée au Haut-Empire (fig. 7). Aussi, il apparaît comme un moyen de production sidérurgique typique de cette période en Gaule du Sud.

L'autre caractéristique de ces centres est qu'ils ne sont jamais associés à des initiatives isolées. Leur fonctionnement participe toujours d'une dynamique commune qui mène parfois au rassemblement de centres, ce que nous proposons de nommer un complexe sidérurgique. En effet, les cinq centres, ayant fonctionné simultanément entre le I^{er} siècle avant notre ère et la fin du III^e siècle, sont regroupés dans un petit périmètre de 5 km de côté sur le versant méridional de la Montagne Noire qui était, un siècle auparavant, exploité par plus de deux cents ateliers formant un grand district sidérurgique (fig. 4 et 5). Les deux autres centres ne peuvent pas être assimilés à un complexe, mais ils illustrent une politique de conquête simultanée : l'investissement de deux vallées voisines dans les Alpes du Sud aux III^e-IV^e siècles (*cf. infra*). Il n'en demeure pas moins que le fonctionnement pérenne des centres à partir de bas fourneaux agencés en batterie conforte l'hypothèse d'un mode de production concentré aux capacités productrices importantes qui,

selon les estimations réalisées au Domaine des Forges (Martys, 11), génère entre 10 et 27 t de fer par semaine, soit entre 500 et 1300 t par an ou, si l'on considère les trois cents ans de son fonctionnement, entre 150000 et 400000 t (Decombeix *et al.* 1998 ; Decombeix *et al.* 2000).

Le fait que le seul complexe sidérurgique aujourd'hui reconnu pour toute la durée du Haut-Empire – le complexe du versant méridional de la Montagne Noire – se superpose directement, voire se mêle durant un premier temps, au fonctionnement d'un district sidérurgique directement antérieur, soulève la question du devenir des autres districts préexistants du I^{er} siècle avant notre ère : le Canigou et, peut-être, les Hautes-Corbières (fig. 4, 5 et 7). Les enquêtes sur ces zones sont rares, mais les sources orales signalent couramment des grands ferriers antiques de plusieurs hectares faisant référence à des centres sidérurgiques. Par ailleurs, une inscription du II^e siècle, découverte à Narbonne (*CIL* XII, 4398), mentionne l'existence de « mines de fer sur la rive droite », apparemment de l'Aude, affermées à un notable de la ville : *T. Iunius Fadianus* (Rancoule, Solier 1977, p. 24 ; Domergue 2004a, p. 186). Enfin, des prospections dans le Canigou laissent apparaître que les réductions dans certains lieux ne sont pas abandonnées au changement d'ère, mais qu'elles se poursuivent jusqu'aux II^e-III^e siècles (Barrouillet *et al.* 1989, p. 29). Cette observation, interprétée par les auteurs comme une raréfaction des ateliers, pourrait peut-être davantage être considérée comme une concentration de la production, à l'image de la Montagne Noire. Dans ces conditions, il semble tout à fait vraisemblable que le regroupement de cinq centres sidérurgiques en complexe dans le versant méridional de la Montagne Noire ne constitue qu'un cas parmi d'autres. On peut donc envisager sérieusement, au moins la présence d'ateliers de réduction, sinon l'existence de complexes sidérurgiques dans le Canigou et les Hautes-Corbières à côté de l'exemple de référence qu'est la Montagne Noire.

3.1.3. L'ADMINISTRATION DES CENTRES SIDÉRURGIQUES ROMAINS

Si la naissance du complexe sidérurgique du versant méridional de la Montagne Noire prend racine dans un district antérieur, son avènement brutal, qui amène plus de deux cents ateliers de réduction à disparaître au détriment de cinq centres, témoigne d'un processus soudain inconciliable avec une évolution économique élémentaire liée à une demande accrue. Plus particulièrement, au Domaine des Forges (Martys, 11), malgré les débuts hésitants de l'exploitation vers 60/50 avant notre ère, sa modification structurelle rapide entre 50 et 30-20 avant notre ère signifie plus une concentration favorisée par des influences extérieures qu'un développement économique fulgurant d'un simple atelier de réduction – mise en place de bas fourneaux en batterie, de bâtiments de stockage pour le charbon de bois et, plus tard, d'un habitat doté d'équipements luxueux (Domergue 2004a, p. 185). Les autres centres sidérurgiques n'ont pas bénéficié de fouilles aussi minutieuses, mais, pour certains, la chronologie de leur fonctionnement signe un processus de concentration identique – Co d'Espérou et Laprade-Basse. Or, au I^{er} siècle de notre ère, la Gaule passe aux yeux du pouvoir romain de la position d'une terre de pillage en proie au dépouillement, à la situation d'un territoire conquis dont il faut exploiter,

gérer et contrôler au mieux les ressources, notamment du sous-sol, aux grandes potentialités (Sablayrolles 2005, p. 419). Cette situation fait suite à une politique de conquête engagée trois siècles plus tôt en Ibérie depuis la fermeture des mines en Italie, sans doute vers le début du II^e siècle avant notre ère, pour préserver les sources minières, éviter une pénurie de main d'œuvre dans les *latifundia* italiens ou se défendre contre les dangers d'éventuels mouvements sociaux menés par les populations importantes travaillant dans ces exploitations (Gourdiolle, Landes 1998, p. 53, 66). En conséquence, le basculement rapide vers un mode de production sidérurgique concentré autour du changement d'ère pourrait être mis en parallèle avec une initiative émanant de près ou de loin de l'autorité romaine.

Suivant l'échelle et le lieu considérés, le III^e siècle prend des tournures différentes, d'une époque de mutations importantes et brutales en Narbonnaise avec des dynamismes révélés dans différentes activités artisanales (Brun, Congès 1996 ; Fiches 1996), à une crise économique et sociale de l'Empire à Rome et dans les institutions dirigeantes (Loriot 1995, p. 311-313). Les répercussions sur la production primaire du fer prennent également des formes diverses, en fonction du type d'entreprise sidérurgique. Il apparaît en effet qu'une grande partie des districts de la Gaule septentrionale continue à fonctionner jusqu'aux IV^e-V^e siècles (Mangin *et al.* 1992 ; Dieudonné-Glad 2000, p. 64 et 74-75 ; Leroy *et al.* 2000a, p. 21). Pourtant, inversement, ce III^e siècle marque l'arrêt des centres sidérurgiques de la Montagne Noire. Cette situation a aussi été constatée pour la même période en Gaule septentrionale où les quelques rares autres exemples de centres sont abandonnés – les Ferrys (La Bussière, 45) et les Clérimois (89) (Dunikowski, Cabboi 1995, p. 170-172 ; Rebiscoul 2003, p. 138). Pour autant, dans toutes ces régions, la réduction du minerai de fer persiste sous d'autres formes de production (*cf. infra*). Aussi, comme leur avènement, le déclin des centres et des complexes sidérurgiques semble pour beaucoup dépendre de décisions prises au plus près du pouvoir romain (fig. 7). D'autres grandes productions concentrées de Narbonnaise, comme les ateliers de potiers de Sallèles d'Aude (11), subissent apparemment un sort identique pour être translatées vers le nord et l'est de la Gaule à partir du II^e-III^e siècle de notre ère (Jamet 2001, p. 258). L'exploitation impériale du fer suit peut-être un déplacement analogue, puisque l'Empire romain prend le contrôle de mines de fer au début du III^e siècle en Pannonie, Dalmatie et Norique (Sablayrolles 1989a, p. 157).

En définitive, si l'exploitation et la production du fer sous l'Empire n'ont pas toujours été contrôlées par le pouvoir central comme dans le cas des métaux précieux (Sablayrolles 1989a, p. 159-161), et si Claude Domergue ne s'est engagé que prudemment dans cette voie en raison de la connaissance qu'il a des textes et de l'épigraphie romaine, comment ne pas percevoir une forte influence, directe ou indirecte, de Rome dans le fonctionnement des centres et des complexes sidérurgiques de Narbonnaise (Domergue 1993, p. 409-410 ; Leroy 2001, p. 90 ; Domergue 2004a, p. 187) ? Cette organisation en complexe sidérurgique sous-entend forcément l'existence de règles précises. On pense notamment ici à un schéma bien connu de concessions minières exploitées en faire-valoir indirect par des entrepreneurs – *conductores* – louant chacun une partie du gisement en contrepartie d'une redevance au(x) propriétaire(s), qui demeure(nt) l'usufruitier (Domergue 1994, p. 99). Robert Sablayrolles a démontré que, dans l'Empire, les mines sont contrôlées soit par l'état – *ferrariae gallicae* –, soit par une institution émanant du Conseil des

Gaules – *arca ferrariarum* –, soit par les cités, soit par des particuliers de haut rang souvent proches du pouvoir impérial (Sablayrolles 1989a ; Domergue 1994, p. 99-100 ; Sablayrolles 2005). Tous peuvent prétendre aux contrôles d'un centre sidérurgique. La question est de savoir alors quelle(s) est(sont) l'(es) autorité(s) pouvant véritablement prescrire, puis garantir, le bon fonctionnement de cinq centres sidérurgiques dans une petite zone géographique comme le versant méridional de la Montagne Noire, à quelques dizaines de kilomètre de Narbonne ? Ce problème est d'autant plus difficile à traiter que la situation administrative a pu changer au cours des trois siècles d'activité.

3.2. ENTRE LA FIN DE L'ANTIQUITÉ ET LE DÉBUT DU MOYEN ÂGE, LE FOISONNEMENT DES INITIATIVES SIDÉRURGIQUES

3.2.1. LA MULTIPLICATION DES INITIATIVES SIDÉRURGIQUES

À partir du milieu du III^e siècle, on assiste à une dispersion des lieux de réduction dans l'ensemble du Midi méditerranéen au gré des gisements exploitables à partir des départements actuels des Pyrénées-Orientales et de l'Aude (fig. 4 et 5). Cet éparpillement est particulièrement perceptible à l'est du Rhône où se développent notamment treize ateliers isolés et au moins quatre districts entre le Vaucluse et les Alpes méridionales – Fontaine-de-Vaucluse (84), les Monts du Vaucluse (84, 04), le plateau d'Albion (84, 04), le plateau de Canjuers (83). Quelques indices laissent supposer que la situation doit être équivalente en Languedoc et dans les Cévennes où se trouvent les districts du Bois des Lens et du Causse de Sauveterre, et aussi d'anciens vestiges autour des récentes exploitations situées dans le bassin minier d'Alès. Dans ce corpus, seuls trois districts sont assez précisément datés – Bois des Lens (30), les Monts du Vaucluse (84, 04), plateau de Canjuers (83). Le reste des activités est rapporté à une chronologie large à l'aide du mobilier découvert en surface. D'autres datations doivent donc être réalisées sur les ferriers, non pour confirmer la conjoncture mise en évidence, mais plutôt pour préciser les dynamismes propres à chaque initiative sidérurgique.

Aujourd'hui, il semble assez vraisemblable que le fonctionnement de ces différentes exploitations ne s'enchaîne pas l'un après l'autre (fig. 7). Leur occupation, plus ou moins échelonnée dans le temps, se recoupe fréquemment autour du Bas-Empire et de l'Antiquité tardive, entre le IV^e et le VI^e siècles.

En amont, les datations les plus précoces indiquent que ce processus de dispersion débute au début du second tiers du III^e siècle (fig. 7). Ces initiatives sidérurgiques se mettent donc en place alors que les complexes sidérurgiques fonctionnent encore. L'occupation des centres sidérurgiques marque d'ailleurs durant cette phase quelques hiatus, notamment au Domaine des Forges (Martys, 11), entre les années 230 et 240. À l'origine, la propagation des entreprises sidérurgiques paraît s'ancrer dans une dynamique plus profonde qui transgresse strictement l'abandon des moyens de production concentrés. En revanche, ce processus profite directement du déclin des productions massives, puisqu'il trouve son apogée dans les siècles suivants, entre le IV^e et le VI^e siècles.

En aval, il est difficile de déterminer la fin du fonctionnement des districts, même si l'on sent assez nettement un fléchissement de la situation à partir du début VII^e siècle (fig. 7). Conscient des problèmes de datation inhérents aux contextes archéologiques du haut Moyen Âge, nous proposons de fixer avec prudence l'abandon, sans-doute progressif, de ces districts entre le VII^e et les IX-X^e siècles.

3.2.2. LA MISE EN PLACE PROGRESSIVE DE MOYENS DE PRODUCTION DISPERSÉS

La diffusion des initiatives sidérurgiques s'accompagne d'une mutation des moyens de production qui gagnent à devenir dispersés. En effet, les unités de réduction sont majoritairement structurées en districts. Plus minoritaires sont les ateliers isolés (fig. 4 et 5). D'ailleurs, leur écartement doit être largement relativisé puisque ce type d'entreprise se situe en très grande partie à proximité des districts. L'exploitation du minerai de fer se fonde donc majoritairement sur le fonctionnement de simples ateliers de réduction la plupart du temps regroupés dans des zones – les districts – à la périphérie desquelles des initiatives plus locales prennent place sans que l'on sache clairement de quels processus elles procèdent : tentative d'extension, dispersion décroissante à partir du centre, initiative locale sans relation aucune...

Pour l'heure, en l'absence de datations systématiques, la taille des districts semble autant être corrélée à la durée de fonctionnement qu'à la capacité productrice – quantité d'unités fonctionnant simultanément –, du reste probablement hétérogène dans le temps. Il est donc bien difficile d'estimer la production d'un district. À travers les enseignements des nombreuses recherches réalisées notamment dans le Jura, un ordre de grandeur peut cependant être avancé par unité (Pelet 1993, p. 97-99 ; Serneels 1993, p. 84, 122, 148). Chaque atelier pouvait fabriquer entre 1 et 50 t de fer sur une durée variant entre dix et plus de deux cents ans. La main-d'œuvre y était limitée de trois à cinq personnes, sans commune mesure avec celle beaucoup plus importante des centres sidérurgiques du Haut-Empire – entre cinquante et cent personnes (Pelet 1993, p. 89 ; Domergue 2004a, p. 200-201). L'autre caractéristique est que les intervenants ne sont pas logés sur place comme l'indique l'absence presque systématique de lieux de vie, même temporaires, aux abords des ateliers. Occupent-ils des villages essentiellement peuplés de métallurgistes-mineurs ou les habitats polyvalents et agricoles, les solutions sont multiples et

nécessitent des études de cas précises qui restent à mener (Mangin *et al.* 1992, p. 181 ; Daveau, Goustard 2000b).

Enfin, bien que le district sidérurgique et l'atelier isolé soient les formes de productions majoritaires, il ne faut pas omettre la présence d'autres types d'exploitation notamment au début de cette période, vers les III^e-IV^e siècles, dans ces temps de mutation. En effet, il apparaît que les moyens de production concentrés semblent persister au moins jusqu'au IV^e siècle et, cela, particulièrement dans des espaces montagnards nouvellement investis. C'est le cas des centres sidérurgiques fonctionnant aux III^e et IV^e siècles au col Ferrière (Saint-Dalmas-de-Valdeblone, 06) et à la cime du Fer (Saint-Etienne-de-Tinée, 06), deux vallées voisines dans les Alpes du Sud (fig. 4, 5 et 7). Cette situation se retrouve également dans les Pyrénées, à Lercoul en Ariège, un site particulièrement documenté (Dubois 2000). Ici, au III^e siècle, une batterie de deux bas fourneaux – réduite à un bas fourneau dans un second temps – dotée d'aménagements extérieurs a fonctionné pendant un peu plus de cent ans pour produire environ 140 t de fer. L'aspect remarquable de ces exemples d'exploitations concentrés, est la récurrence de leur emplacement en altitude, entre à 1500 et 2100 m. Illustreraient-ils une forme particulière d'exploitation adaptée aux conditions montagnardes – une alternative à celle mise en évidence dans les Hautes Baronnies (65) (Fabre *et al.* 2001 ; Beyrie *et al.* 2003) –, ou sont-ils un dernier avatar de l'exploitation impériale du minerai de fer en Gaule du Sud ? La question reste à régler.

3.2.3. UNE DYNAMIQUE COMMUNE

Le dynamisme et l'éparpillement des initiatives sidérurgiques sur de nouveaux gisements entre le Bas-Empire et le haut Moyen Âge trouvent un écho dans d'autres régions françaises et notamment dans l'est de la France et en Suisse où des études exhaustives ont été menées sur le sujet depuis une vingtaine d'années (Pelet 1993, p. 110-114 ; Serneels 1993, p. 185 ; Daveau, Goustard 2000a ; Daveau, Goustard 2000b ; Eschenlohr 2001, p. 153 ; Leroy 2001, p. 91-92 ; Leroy à paraître). Ici également, un mitage des gisements de fer est mis en évidence entre les IV^e-V^e et VII-VIII^e siècles. Il se traduit par le développement de districts sidérurgiques dans tout le Grand-Est de la France et notamment dans l'arc Jurassien, un espace jusqu'alors peu pénétré par la métallurgie de la transformation du minerai. On peut donc supposer que le développement de la sidérurgie transgresse le cadre régional où les études ont été conduites et couvre une grande partie de la Gaule dans un large haut Moyen Âge. Aussi, comment doit-on comprendre cette multiplication et cette diffusion des initiatives sidérurgique en se dégageant de la vision péjorative des années 1970 qui interprétait ce phénomène comme le passage à une économie locale perpétuellement menacée par la pénurie et dominée par des activités peu performantes (Duby, Wallon 1975, p. 365-367 ; Le Goff 1999b, p. 116-117) ?

Les archéologues et les historiens du haut Moyen Âge ont pendant longtemps eu du mal à convaincre d'une perception dynamique des bouleversements intervenants à cette époque à cause du morcellement de la documentation (Février 1976). Aujourd'hui, notre inventaire et les

parallèles envisagés permettent de se fonder sur un panorama large qui met en avant l'importance du phénomène de la multiplication des entreprises sidérurgiques et, dans la majorité des cas, leur regroupement en district. Il est dès lors difficile d'associer à la sphère domestique toutes ces entreprises d'autant que l'exploitation des terres et des ressources naturelles se trouve durant l'Antiquité tardive et le haut Moyen Âge souvent sous l'égide et le contrôle de propriétaires fonciers privés ou publics, ou encore sous l'autorité ecclésiastique (Contamine 1997, p. 31-33, 57-63 ; Schneider 2006b ; Schneider 2007a). Du reste, d'un point de vue strictement archéologique, le fonctionnement simultané de plusieurs unités de production dans un district sidérurgique sous-entend une relative autonomie du travail, mais aussi un ordre et des règles qui gèrent la bonne marche générale de l'ensemble. Dans ces conditions, à quel régime rapporter le fonctionnement des districts sidérurgiques, le moyen de production sidérurgique dispersé le plus récurrent ?

Par opposition au centre et au complexe sidérurgiques, le district sidérurgique renvoie l'image d'entreprises fondées sur un système collectif. Des modèles de production du fer sous ce régime sont connus dans le Moyen Âge central sous diverses formes (Arnoux 1993, p. 51-56 ; Beck *et al.* 1997). Celui dénommé communauté de férons a été précisément étudié par Mathieu Arnoux en Normandie grâce aux importantes sources écrites disponibles du fait du long et tardif usage de cette forme d'exploitation, du XI^e au XVI^e siècle. D'autres communautés de férons sont également connues dans la forêt d'Othe aux confins de la Bourgogne et de la Champagne, dans les Alpes, les Pyrénées, en Angleterre et en Italie (Arnoux 1993, p. 26-29, 393-396). Bertrand Gille qui fut l'un des précurseurs dans cette recherche avait déjà noté dans cette structure les vestiges d'une société communautaire archaïque (Gille 1968). Aussi, dans le mode de production dispersé, certains districts sidérurgiques ne pourraient-ils pas être des regroupements d'ateliers administrés par un système communautaire ? À partir des X^e-XI^e siècles, le désir de plus en plus grandissant des autorités laïques et religieuses de contrôler la production du fer montre que la structure du substrat métallurgique préexistant est parfois fondée sur un modèle alternatif. De plus, si les premières mentions de férons peuvent être imputées à l'augmentation du nombre des sources écrites, l'apparition de cette dénomination peut également suggérer une réaction « institutionnelle » visant à mieux structurer – et donc à nommer – une organisation préexistante au moment où la pression des autorités laïques et religieuses se fait de plus en plus grandissante. La question du contrôle des différentes exploitations sidérurgiques dispersées ne sollicite certainement pas une réponse univoque, mais la probable existence, dans le haut Moyen Âge, d'exploitation sidérurgique communautaire encourage à penser une affinité et, peut-être, une correspondance entre ce régime et le moyen de production en district.

**CHAPITRE 2 : LES MOYENS
DE PRODUCTION DISPERSÉS DE
LA FIN DE L'ANTIQUITÉ
ROMAINE : L'APPORT DE
NOUVELLES DOCUMENTATIONS**

Ces trente dernières années, la sidérurgie ancienne en France méditerranéenne a vu la découverte progressive de son potentiel archéologique, matérialisée tout particulièrement dans la conduite d'une importante fouille menée par Claude Domergue sur le centre sidérurgique du Domaine des Forges (Martys, 11) : le site de référence pour ce type d'entreprise en Europe occidentale. À propos du district sidérurgique, la situation est paradoxale. Ce type regroupe le plus grand nombre de ferriers dans les neuf ensembles qui le représentent, pourtant très peu de fouilles s'y sont intéressées. Malgré les enquêtes menées dans les années 1960 et 2000, le déficit documentaire est donc patent notamment par rapport à ce qui s'est fait dans l'est de la France et en Suisse depuis les années 1970. En ce qui concerne les ateliers de réduction isolés, la situation est encore moins avancée. Aucun des seize sites reconnus n'a fait l'objet de fouilles archéologiques, peut-être parce qu'il était convenu d'avance que ce type d'aménagement témoigne d'une réduction exceptionnelle, effectuée par une petite communauté de personnes, peu encline à documenter l'histoire de la sidérurgie. De ce constat découle un autre bilan : en Narbonnaise, la sidérurgie du Haut-Empire est davantage documentée notamment par rapport à celle de la fin de l'Antiquité et du début du Moyen Âge.

Dans ces conditions, il est donc apparu nécessaire d'enquêter sur les districts sidérurgiques et les ateliers de réduction isolés. Comblant un vide documentaire n'a cependant pas été notre seule motivation qui trouve davantage de finalité dans le traitement de problématiques historiques et techniques. Mise à l'épreuve de nouveaux faits archéologiques, les connaissances sur ces deux types d'entreprises sont alors confrontées pour mieux cerner les véritables réalités de telles initiatives. Ainsi, il est possible d'aborder la figure emblématique du « métallurgiste-paysan » étudiée par les ethnologues depuis plus de vingt ans et utilisée pour le Moyen Âge sous couvert d'autarcie et de poly-activités paysannes (Martinelli 1992 ; Arnoux 1993, p. 136 ; Contamine 1997, p. 40-41 ; Le Goff 1999b, p. 112-114 ; Béaur *et al.* 2003). Plus généralement, c'est la question des modalités d'intégration des entreprises sidérurgiques dans la société et les campagnes de la fin de l'Antiquité et du début du Moyen Âge qui anime notre propos. Renseignant aussi l'histoire des techniques, les problèmes de l'ampleur et de la qualité des productions sont enfin débattus pour permettre de donner un ordre de grandeur aux entreprises et une image du bagage technique employé par les métallurgistes.

Pour ce faire, nous avons choisi d'ancrer notre étude sur une double démarche alliant archéologie et archéométrie – ici en l'occurrence la métallographie – appliquée à deux fouilles. Le premier dossier concerne un atelier de réduction isolé du Bas-Empire aux Espérelles (Martigues, 13). Le second s'intéresse au petit district sidérurgique du Bas-Empire du Bois des Lens dans le Gard, à une dizaine de kilomètres au nord-ouest de Nîmes.

1. L'ATELIER DE RÉDUCTION ISOLÉ OU LA CONQUÊTE DE NOUVEAUX GISEMENTS : LES ESPÉRELLES (MARTIGUES, 13) AU BAS-EMPIRE

Dès la fin du XIX^e siècle, les pourtours de l'étang de Berre (13) ont été investis par les recherches archéologiques auxquelles on peut attacher de grands noms tels Émile Espérandieu et Jules Formigé. Cet engouement précoce n'est certainement pas étranger à la richesse des vestiges monumentaux qui jalonnent ce paysage comme les *oppida* de Saint-Blaise (Saint-Mitre-les-Remparts, 13), de Saint-Pierre (Saint-Pierre-les-Martigues, 13) et bien d'autres jusqu'à celui de Constantine au nord de l'étang (Lançon-de-Provence, 13). Dans ce berceau de l'archéologie protohistorique provençale, les enquêtes se sont succédées jusqu'à la naissance, dans les années 1970, de l'archéologie préventive française à partir du chantier de la Bourse à Marseille (13) qui influença directement les grandes campagnes de sauvetage menées dans l'île de Martigues (13) et la création d'un service archéologique territorial propre à cette même ville (Chausserie-Laprée 2005, p. 10-24).

Dans cette effervescence, le passé métallurgique des environs n'a pas été particulièrement défini. Si des hauts fourneaux ont fonctionné notamment à Saint-Louis, au nord de Marseille, de 1855 à 1905, l'histoire de la sidérurgie dans la région est enracinée dans la vie mouvementée des hauts fourneaux de la SOLLAC Méditerranée – anciennement SOLMER – de Fos-sur-Mer (13) mis en fonction en 1974 (Raveux 1998 ; Raveux 1999 ; Carbonnel *et al.* 2000 ; Godard, Bouffartigue 2006). Pourtant, de nombreux auteurs se sont interrogés sur l'origine étymologique de Ferrières, nom du quartier septentrional de la ville actuelle de Martigues (Chausserie-Laprée 2005, p. 223). Mais, entre la pauvreté des ressources minières à l'échelle industrielle, l'absence de vestiges archéologiques probants et le lourd poids de l'histoire sidérurgique récente, les études ont été centrées sur l'époque contemporaine et ses conflits sociaux. Dès lors, la métallurgie ancienne a uniquement été traitée du point de vue du forgeage, notamment par Frédéric Trément qui s'est intéressé à l'occupation du sol autour des étangs de Saint-Blaise (13) et par Michel Rétif qui a travaillé sur les activités de forge sur l'île de Martigues durant la protohistoire (13) (Rétif 1998 ; Trément 1999, p. 195-197).

La découverte du bas fourneau des Espérelles (Martigues, 13) se trouve au carrefour des particularités archéologiques et industrielles qui caractérisent Martigues et l'étang de Berre. Il a en effet été mis au jour en 2004 lors d'une campagne de diagnostics menée sur le tracé d'un pipeline reliant le terminal pétrolier de Lavéra (Martigues, 13) et la raffinerie Total de La Mède (Châteauneuf-les-Martigues, 13). Après avoir décrit cette fouille inédite, l'ensemble des informations est évalué au regard du contexte économique et historique pour tenter de cerner les motivations de cette entreprise rapidement abandonnée après la première réduction. Le bas fourneau des Espérelles constitue par conséquent un exemplaire sidérurgique singulier qui illustre soit une initiative locale exceptionnelle, soit une tentative avortée, propre à la conquête de

nouveaux gisements. En cela, il est le terrain privilégié pour montrer l'intérêt d'une étude où archéologie et archéométrie sont menées conjointement.

1.1. LES STRUCTURES DE RÉDUCTION

Le site des Espérelles (Martigues, 13) est situé au fond d'un vallon très encaissé qui accidente le versant septentrional du massif de la Nerthe à environ 1,5 km de l'île de Martigues (fig. 8 et 9). Sa fouille a été menée en septembre 2004 sous notre direction avec la collaboration du Service Archéologique de la ville de Martigues dirigé par Jean Chausserie-Laprée (Pagès, Rétif 2006).

La surface fouillée couvre un peu plus de 170 m² (fig. 10). Elle renferme un bas fourneau, un foyer d'épuration, une aire de grillage du minerai et une zone de stockage pour le charbon de bois. Aucun vestige d'habitat n'a été découvert à proximité. Le mobilier est donc uniquement métallurgique.

1.1.1. LE BAS FOURNEAU

Le bas fourneau des Espérelles est un aménagement destiné à la réduction directe du minerai de fer. Trois datations ¹⁴C, sur des charbons de bois provenant des couches de fonctionnement et d'abandon du bas fourneau, déterminent une utilisation entre les années 260 et 380, c'est-à-dire autour des années 320 (+/- 60) de notre ère (références des échantillons ¹⁴C : Ly-13400, Ly-13401, Ly-13402 provenant respectivement des US10, US8 et US12).

Sous plus de 150 cm d'alluvions, le bas fourneau est conservé sur 40 cm de hauteur (2 à 3 assises) (fig. 11, 12 et 13). Il est adossé à l'ubac et ouvre au nord, vers l'aval, dans le fond d'un étroit vallon. La construction forme un fer à cheval trapu avec deux puissants et larges piédroits consolidant l'ouverture (230 x 150 cm). L'élévation du bas fourneau est constituée de quatre couches soigneusement appareillées permettant une isolation thermique élevée. Celles-ci sont posées sur les niveaux détritiques du substrat calcaire (fig. 11, 12 et 13). À l'extérieur, le bas fourneau est ceinturé par un parement de blocs massifs en calcaire sur une épaisseur d'environ 50 cm. Ensuite, le cœur de la construction est fourré avec des blocs massifs en grès sur environ 40 cm de profondeur. Les deux dernières couches dessinent précisément la cuve en forme de fer à cheval dont les jambages sont parallèles et très allongés. La première est constituée de fragments de *tegula* parfois disposés tête-bêche et de petites dalles de grès. Elle est recouverte par la seconde couche : une paroi en argile réfractaire d'environ 3 cm d'épaisseur sans rechapage

supplémentaire avec, par endroits, une seule pellicule de scories agglomérées. Si le fond de la cuve est légèrement encaissé dans les niveaux détritiques du substrat calcaire (3 cm), il ne dispose pas de paroi particulière. Il est légèrement incliné vers l'ouverture.

Dans l'élévation de la cuve, de part et d'autre de l'ouverture, les parois en argile réfractaire sont arrachées sur environ 16 cm de longueur. Cet espace correspond à l'épaisseur de la porte, amovible, détruite à chaque réduction pour laisser s'évacuer la scorie et surtout pour récupérer la loupe. Des débris de cette paroi se retrouvent devant sous la forme d'un épandage épars (fig. 11 et 13). Sur celui-ci, un important amas de blocs en grès et en calcaire correspond à une partie de la destruction de l'élévation du bas fourneau. Si la cuve mesure hors porte 52 x 98 cm, sa longueur avec la porte est réduite à 82 cm. Étant donné le volume de l'amas de destruction et la forme de la construction, on peut très raisonnablement restituer une cheminée d'au moins 120 cm de haut. Le volume interne de la cuve devait donc être approximativement de 0,5 m³.

Aucun vestige dans les parois comme dans le mobilier ne permet de discuter du mode de ventilation (fig. 19 et 20). Les aérations naturelles et/ou forcées devaient cependant être performantes puisque, comme l'indiquent la nature des scories et leurs analyses métallographiques (*cf. infra*), les températures atteintes étaient élevées et constantes.

1.1.2. LE FOYER D'ÉPURATION

À environ 150 cm à l'ouest du bas fourneau, un foyer de forge oblong (80 x 65 cm) est creusé dans les niveaux détritiques du substrat calcaire sur 25 cm de profondeur (fig. 10). Il est muni d'un revêtement en argile réfractaire de 2 cm d'épaisseur. Très rubéfiée, celle-ci renferme un comblement cendreux et charbonneux contenant de très nombreuses scories avec des indices de forge indéniables (*cf. infra*). Aucun vestige de tuyère ou de muret ne permet de restituer un soufflet. De nombreuses perturbations sont visibles dans le foyer. Sa forme très modeste rompt avec l'image traditionnelle connue des foyers d'épuration (Fabre 2004a), mais montre en revanche de grandes similitudes avec des exemples ethnographiques africains (Echard 1968 ; Huysecom 1996). Comme au Gravas (*cf. infra*), en contexte de réduction, la proximité de l'installation du foyer d'épuration est le facteur déterminant pour bénéficier de l'inertie thermique de la loupe de fer directement sortie du bas fourneau.

1.1.3. DU CHARBON ET DU MINERAI

Cinq zones d'épandages de charbons de bois sont localisées devant le bas fourneau (fig. 10). Deux d'entre elles couvrent une importante surface. L'une (510 x 120 cm) se trouve un peu en retrait, à 5 m du bas fourneau, en contrebas, vers l'entrée du vallon, à l'ouest. Elle regroupe uniquement des charbons de bois comme les trois lentilles d'environ 1 m² disséminées dans les 170 m² de la fouille. Ce sont vraisemblablement les vestiges des stocks de combustibles

accumulés pour réaliser la réduction, peut-être précédée au préalable par une phase de grillage du minerai. Le deuxième épandage important se situe directement devant l'ouverture du bas fourneau. Celui-ci (280 x 160 cm), dont l'encaissant a légèrement chauffé, comprend, outre des charbons de bois, de très nombreux morceaux de minerai rubéfié (2 à 3 cm³) qui renvoient, soit à l'existence d'une aire de grillage et de préparation, soit au déversement de la charge résiduelle lors de l'ouverture du bas fourneau. Du reste, le minerai utilisé est un oxyde de fer concentré (possiblement de la goethite) dont la formation provient probablement de la précipitation du fer en solution en milieu basique (Coniacien-Santonien non différenciés du Crétacé supérieur) au contact du milieu acide de faciès voisin (Turonien supérieur du Crétacé supérieur) (Anonyme s.d.) (fig. 9). Il se trouve généralement dans des poches isolées et disparates dont aucun vestige d'exploitation n'a été découvert.

1.2. DU DÉCHET À LA PRODUCTION

1.2.1. RÉPERTOIRE TYPOLOGIQUE ET LOCALISATION

Le site de réduction des Espérelles livre très peu de mobilier métallurgique (655 individus pour 25,4 kg) (fig. 14). La très grande majorité provient du foyer d'épuration et de ses abords immédiats (590 individus pour 22,5 kg). Le reste est issu des niveaux d'abandon du bas fourneau (46 individus pour 2,5 kg) et des aires de travail localisées devant l'aménagement de réduction (13 individus pour 0,4 kg).

D'un point de vue typologique, les scories sont très majoritairement représentées par le type écoulé qui possède parfois de nombreuses empreintes de charbons de bois (400 individus pour 16,6 kg) (fig. 14). Ce type est toujours de couleur vert-jaune et n'est pas sensible au magnétisme (fig. 16). En revanche, il existe très ponctuellement des scories très magnétiques pouvant être, au moins en partie, des *gromps* (14 individus pour 0,5 g) (fig. 17). Ces précédents types sont également de couleur vert-jaune. Les fragments de paroi rubéfiée (125 individus pour 2,5 kg) ou scorifiée (91 individus pour 5,4 kg) sont également bien représentés. Ils proviennent essentiellement de la désagrégation du revêtement en argile réfractaire du foyer d'épuration.

1.2.2. BILANS MÉTALLOGRAPHIQUES

Dans ce lot, neuf scories ont été prélevées pour être analysées plus en avant à l'aide des techniques métallographiques (fig. 15). Cinq d'entre elles sont des scories de réduction peu

magnétiques de couleur verdâtre à la morphologie écoulee avec parfois de très nombreuses empreintes de charbon (échantillons 18.1, 18.2, 18.3, 18.4 et 18.6) (fig. 16). Elles représentent la majorité du corpus des déchets. Les quatre autres sont des scories de même morphologie possédant en revanche une sensibilité magnétique très élevée (échantillons 6.1, 18.5, 18.7 et 18.8) (fig. 17 et 18). Elles ont été retenues notamment afin d'observer les résidus métalliques, vestiges du produit de la réduction pouvant à l'occasion posséder les traces de sa première épuration quand il s'agit par exemple de *gromps*.

Mis à part l'échantillon 6.1 qui provient de l'amas de destruction situé devant le bas fourneau, tous les autres sont issus du comblement du foyer d'épuration, qui regroupe la très grande majorité des scories et les plus représentatifs.

En ce qui concerne les scories écoulees peu magnétiques, étant donné l'homogénéité du lot et les résultats métallographiques, il a été décidé dans un second temps d'analyser uniquement deux spécimens de ce type aux niveaux macrographique et micrographique (échantillons 18.1 et 18.3) (fig. 15 et 16). Ces deux échantillons sont des fragments de scorie écoulee de couleur verdâtre. Ils sont constitués d'une structure très homogène de très grandes lattes de fayalite de couleur vert-jaune visibles à l'œil nu (15 mm de long). L'ensemble est très compact. Ces scories ne contiennent pas de wustite. Elles renferment uniquement quelques microbilles de métal, non réoxydées à chaud, toujours localisées à proximité des rares porosités ovoïdales. Tous ces éléments constituent les caractéristiques discriminantes de déchets de réduction proches du laitier qui rejoignent précisément les particularités du type II de la classification des scories de réduction établie par Cécile Mahé-Le Carlier et Alain Ploquin (Mahé-Le Carlier, Ploquin 1999, p. 62-69 ; Fluzin *et al.* 2000, p. 154-155 ; Ploquin 2004). Ils signent des températures de réduction élevées et continues suivies d'un refroidissement lent. Ce type de déchet ne se retrouve qu'exceptionnellement sur les sites de réduction directe comme dans l'atelier de Latté à Oulches (36) au IV^e siècle (Mahé-Le Carlier *et al.* 1998 ; Dieudonné-Glad 2000, p. 74-75). Le fait que la wustite soit absente de ces scories démontre parallèlement un rendement de réduction élevé.

À propos des scories magnétiques, les résultats sont de plusieurs ordres.

D'après la morphologie et l'étude de l'échantillon 18.7, ce déchet forme une petite scorie de fond de four (fig. 15 et 18). Ce terme peut paraître impropre car aucun creusement n'a été aménagé pour accueillir ce type de déchet. Il s'agit plutôt d'une scorie résiduelle accumulée sur le fond de la cuve, juste sous la loupe qui s'est constituée un peu plus haut, à l'endroit le plus chaud, là où débouche la tuyère. Cette pseudo-scorie de fond de four est composée d'une multitude de billes métalliques non réoxydées à chaud, baignant dans une matrice fayalitique identique à celle remarquée dans les scories de réduction précédemment décrites. Les billes inférieures au millimètre sont ferritiques. Quelques-unes peuvent cependant atteindre le centimètre et, dans ce cas, être en acier eutectoïde (0,8 % de C) ou hypereutectoïde (entre 0,8 et 1,7 % de C). Ceci signifie qu'à proximité de la loupe, l'environnement réducteur était apte à cémenter significativement les morceaux de métal agglomérés. Les billes millimétriques montrent, quant à elles, une phase intermédiaire de réduction précédant l'agglomération métallique.

Les échantillons 6.1 et 18.5 sont des *gromps*, c'est-à-dire des morceaux de fer possédant des vestiges de martelage et d'oxydation – provenant d'un environnement de forge – baignant

entièrement dans une gangue de scorie très proche des pseudo-laitiers (fig. 15 et 17). Les fragments métalliques sont constitués, soit de fontes blanche (de 2,5 à 3,5 % de C) et grise (de 3,5 à 6 % de C) (échantillon 6.1), soit d'acier eutectoïde (0,8 % de C) en grande partie décarbure en ferrite avec localement des battitures en formation et une réoxydation à chaud superficielle, caractéristique de « brûlures » réalisées dans un foyer de forge (échantillon 18.5). La morphologie de leurs inclusions et de leurs porosités présente parallèlement des vestiges formels de compactage répartis selon un gradient d'épuration. Ces deux *gromps* sont donc issus d'une phase de décarburation et d'épuration d'une loupe qui possédait, au moins localement, des zones très carburées d'acier eutectoïde (0,8 % de C) et de fontes blanche (de 2,5 à 3,5 % de C) et grise (de 3,5 à 6 % de C).

Un dernier échantillon permet de discuter de cette phase d'épuration (18.8) (fig. 15). Il renferme d'une part les caractéristiques d'une scorie formée à proximité de la loupe de métal (métal partiellement réduit et en cours d'agglomération, puits de diffusion gazeux réducteur), d'autre part les faciès métallographiques d'un déchet consécutif à une phase de forgeage en milieu oxydant (métal réoxydé à chaud, battitures globulaires, lamellaires et en bille). Par conséquent, il apparaît probable que cette scorie se soit constituée dans un premier temps à proximité de la loupe, mais qu'elle ait été, dans un second temps, alimentée par des déchets de forgeage. Ceci pourrait signifier qu'une partie au moins de la scorie de réduction était encore liée à la loupe au moment de sa sortie du bas fourneau et de son épuration dans le foyer de forge. Une proportion indéterminée de scories de réduction semble donc avoir contribué à la fabrication des déchets propres à la phase d'épuration.

1.2.3. ENSEIGNEMENTS TYPOLOGIQUES ET ARCHÉOMÉTRIQUES : UNE UNIQUE RÉDUCTION DE HAUTE QUALITÉ

La typologie des scories comme leur étude métallographique confirment l'existence d'une activité de réduction du minerai de fer aux Espérelles dans un bas fourneau à scories écoulées. La singularité de cette activité réside dans l'unicité de la phase de réduction. C'est du moins ce que révèlent la petite masse de déchets recueillie sur l'ensemble du site (un peu plus de 25 kg) et l'état de la paroi interne du bas fourneau sur laquelle aucun rechapage n'est visible, une unique pellicule scoriacée étant présente (fig. 13 et 14).

À propos de cette unique réduction, la typologie des scories et leur étude métallographique montrent également qu'elle a été conduite dans un environnement thermique élevé (aux environs de 1300°C) et constant, permettant une réduction avec un rendement performant notamment par rapport à la majorité des autres ateliers de la même époque (*cf. infra*). Les oxydes de fer restés en solution sont en effet quasiment inexistantes dans les scories écoulées qui possèdent parallèlement du métal en quantité négligeable, uniquement sous forme de billes microscopiques. Pour ces raisons, les scories sont à rapprocher d'un type de déchet proche du laitier, scorie typique du haut fourneau. Le métal non aggloméré paraît persister uniquement dans

les scories périphériques à la loupe, comme dans le pseudo-fond de four analysé. La nature de ces scories de réduction soulève le problème de l'utilisation d'ajouts – essentiellement calcaires – dans le but d'abaisser la température de fusion des matériaux non réductibles et permettre ainsi une meilleure agglomération métallique. Ce procédé a été mis en évidence dans l'atelier de Latté à Oulches (36) au IV^e siècle (Dieudonné-Glad 2000, p. 68-70 et 75), un des rares sites avec lequel les scories des Espérelles trouvent des éléments de comparaison.

L'autre particularité du site des Espérelles vient du fait qu'il conserve une phase de travail du métal postérieure et distincte de la réduction à proprement parler : l'épuration primaire de la loupe « fraîchement » fabriquée. De nombreux éléments indiquent que le foyer de forge rudimentaire identifié à proximité du bas fourneau a été utilisé pour réaliser l'épuration de l'alliage ferreux produit. À ce propos, l'étude métallographique des *gromps* permet d'apprécier les propriétés du métal fabriqué et la qualité des travaux de post-réduction.

Au sujet de la qualité du métal produit, mis à part les microbilles de ferrite, tous les autres fragments métalliques plus volumineux sont soit en acier eutectoïde, soit en fontes blanche et grise. Corrélées avec le type de scories produit – proche du laitier – et l'environnement thermique performant du bas fourneau, ces observations métallographiques concourent à penser que la loupe était, au moins en partie, constituée d'une zone très fortement chargée en carbone – acier – pouvant localement former de la fonte. L'autre caractéristique de cette loupe est son taux d'agglomération probablement très élevé, dès sa sortie du bas fourneau. Cette singularité se traduit dans la qualité du processus de réduction engendrant automatiquement une forte agglomération métallique, mais elle est également perceptible dans le peu de pertes métalliques issues de la phase d'épuration (moins de 500 g).

Le traitement d'une telle qualité de métal n'a pas causé de grandes difficultés lors de la première épuration puisque d'une part, peu de pertes métalliques sont observées sur le site et d'autre part, la décarburation et le compactage des alliages ferreux très carburés (fonte et acier hypereutectoïde) semblent maîtrisés. Si ces éléments renseignent quant à la maîtrise technique de cette phase de travail, ils illustrent aussi que la qualité du métal produit est en adéquation avec le bagage technique dont les métallurgistes disposent. La production de cette qualité de métal apparaît par conséquent au moins comme une tentative réussie sinon comme une initiative volontairement conduite. Nombreux sont les sites de réduction où les fragments métalliques trop carburés sont abandonnés à cause des problèmes techniques posés par leurs traitements (*cf. infra*).

Pour finir, il faut s'interroger sur la concentration des scories de réduction dans le foyer destiné à l'épuration (fig. 14). Cette situation doit probablement résulter de deux phénomènes. D'un côté, les études métallographiques attestent qu'une masse de scorie indéterminée était agglomérée à la loupe lors de son épuration dans le foyer de forge. De l'autre, tout argumente dans le sens d'un nettoyage complet du bas fourneau dans l'attente d'une seconde réduction. Outre l'absence de scorie dans les niveaux d'utilisation et d'abandon, il paraît étonnant que la couche de fonctionnement, essentiellement constituée de charbons de bois, ne soit épaisse que d'une dizaine de centimètres sans considérer que la cuve du bas fourneau a été soigneusement

curée et nettoyée. Le foyer de forge rudimentaire, peu aménagé et non adapté à des réutilisations successives, a alors servi de dépotoir.

1.3. UNE EXPLORATION SIDÉRURGIQUE SANS LENDEMAIN

Le bas fourneau à scories écoulées des Espérelles (Martigues, 13) est un atelier isolé de réduction directe du minerai de fer qui a fonctionné une seule fois au tournant des III^e et IV^e siècles. Il constitue un exemple remarquable à plus d'un titre. D'abord, sa découverte fortuite au cours d'un diagnostic dans le fond d'un vallon sous pratiquement deux mètres d'alluvions illustre, peut-être à l'excès, les contraintes inhérentes à la reconnaissance des activités de réduction dans les régions méditerranéennes. Ce processus d'enfouissement a favorisé la bonne conservation du bas fourneau qui forme certainement, à l'heure actuelle, l'exemplaire le mieux conservé du sud-est de la France et probablement l'un de ceux les mieux préservés des régions méridionales. Au-delà de cet aspect cependant, c'est par la richesse documentaire, particulièrement dans le domaine de la production, que l'établissement prend toute sa dimension.

D'une part, l'atelier des Espérelles est défini par un processus de réduction très performant, à mettre en corrélation avec la qualité de la construction du bas fourneau. Produisant des scories écoulées proches du laitier et un alliage ferreux probablement fortement aciéré tant en proportion qu'en teneur, il témoigne de savoir-faire très élaborés que l'on ne peut, en l'état de la recherche, mettre en parallèle qu'avec l'atelier de Latté à Oulches (36) daté du IV^e siècle (Dieudonné-Glad 2000). Cette maîtrise technique des activités de réduction se traduit dans la qualité de l'épuration de la loupe où une décarburation et un compactage ont été pratiqués sans pertes significatives de métal. Les différentes compétences rassemblées ici signent une entreprise de réduction relativement exceptionnelle. Les métallurgistes semblent ainsi être des professionnels de la transformation du minerai de fer bénéficiant d'un bagage technique spécialisé en contradiction avec la figure du « paysan-métallurgiste ».

D'autre part, l'atelier des Espérelles n'a fonctionné qu'une seule fois, pour une unique réduction. Aucun élément technique ne permet d'expliquer cet abandon qui, au regard de la qualité de construction du bas fourneau, apparaît prématuré et reflète une décision imprévue et non envisagée au moment de l'installation de l'atelier. L'aménagement de réduction bâti sur un plan en fer à cheval massif est en effet constitué de trois parements mettant en œuvre des matériaux spécifiques avec une facture élevée – chemise externe en blocs de calcaire, fourrage en blocs de grès et paroi interne en *tegulae* et argile réfractaire – non seulement dans le but d'autoriser de nombreuses réductions, mais également d'isoler correctement la cuve afin de rendre le processus performant.

Enfin, l'atelier de réduction des Espérelles forme une initiative esseulée et atypique. Esseulé parce qu'il se trouve à plus de 80 km d'une autre entreprise sidérurgique, sur la bordure de cette très grande plaine formant le delta du Rhône, la Camargue, dans un environnement n'ayant accueilli aucune autre activité de ce type (*cf. supra*) (fig. 4 et 5). Atypique parce qu'il se trouve dans un réseau de peuplement dense, largement exploité et fortement structuré par de nombreux établissements agricoles et des agglomérations secondaires au titre desquelles on peut mentionner les plus proches : Tholon (Martigues), le probable site de *Maritima Aviticorum*, et peut-être le *vicus* de Saint-Pierre (Saint-Pierre-les-Martigues, 13) (Démians D'archimbaud 1994 ; Trément 1999 ; Trément 2001 ; Chausserie-Laprée, Rétif 2002 ; Chausserie-Laprée 2005).

Face à ces constats, on peut faire nôtres les questions suivantes : quelles sont les motivations et les causes qui ont stimulé l'installation de l'atelier de réduction et son abandon à la suite d'une unique réduction ?

Au tournant des III^e et IV^e siècles, le pourtour de l'étang de Berre est totalement inséré dans le réseau commercial romain en vigueur dans toute la Méditerranée. À cette époque, cette organisation de l'habitat présente quelques signes de mutations conformes à ce que l'on connaît ailleurs en Narbonnaise (Trément 1999, p. 205-208, 240-243 ; Chausserie-Laprée, Rétif 2002), mais rien ne justifie, ni même dans la panoplie des activités économiques, l'installation d'une activité sidérurgique. Il est donc très peu probable que cette production de fer soit motivée par une demande exceptionnelle locale. Cela est d'autant plus évident si l'on tient compte du fait que l'installation d'un atelier avec des métallurgistes professionnels est forcément beaucoup plus coûteuse et contraignante que l'achat de matière première ferreuse en circulation depuis la protohistoire sous forme de demi-produits (*cf. infra*, partie III) (Doswald 1994). Dans ces conditions, l'hypothèse selon laquelle l'atelier des Espérelles est le vestige de la tentative d'une conquête de nouveaux gisements rapidement abandonnée, nous paraît la plus en adéquation avec l'ensemble des éléments à notre disposition. Ce constat trouve un écho dans une tendance générale mise en exergue dans notre inventaire et spécialement dans la répartition géographique des ateliers isolés, lesquels sont généralement localisés à la périphérie des districts. Ainsi, ils seraient destinés à sonder le potentiel minéral des environs dans la perspective d'agrandir le district et/ou de se placer plus près de certaines matières premières. Ils illustrent donc tant, la forme embryonnaire du district sidérurgique, que le désir de conquérir de nouveaux gisements, ambition qui anime la majorité des entreprises sidérurgiques de Narbonnaise à partir du III^e siècle, au moment où périssent les entreprises sidérurgiques concentrées de la Montagne Noire, du Canigou et sans doute des Corbières. Loin de l'image d'une production autarcique menée par un « paysan-métallurgiste », l'atelier isolé apparaît donc comme le symbole du dynamisme économique du Bas-Empire, même s'il présente une tentative au devenir limité.

Reste à apprécier les causes de la désertion de l'atelier des Espérelles et, plus globalement, les raisons qui ont entravé le développement de cette initiative sidérurgique embryonnaire. Du point de vue des ressources en matières premières, on pourrait avoir des difficultés à comprendre comment des métallurgistes spécialisés et expérimentés auraient pu s'installer dans un gisement relativement pauvre en minerai de fer et/ou en bois. Des exemples de tentatives minières

infructueuses sont connus jusqu'aux XIX^e-XX^e siècles (Bouquet *et al.* 2006), mais ils concernent essentiellement les minerais des métaux non-ferreux, beaucoup moins fréquents que le minerai de fer. Dans le vallon des Espérelles, à l'heure actuelle, du minerai se trouve encore en quantité, mais de manière disparate ce qui ne nous permet pas d'apprécier réellement sa potentialité. La qualité du minerai a également pu jouer un rôle. Si, comme le suggèrent les analyses, la réduction a été correctement conduite, les propriétés de la masse de fer produite n'ont peut-être pas convaincu les métallurgistes. Dans les alliages ferreux, le carbone n'est pas le seul élément qui modifie sensiblement les qualités du métal. Le phosphore, le soufre et le manganèse provenant du minerai peuvent aussi être déterminants et même handicapants. Sans analyses chimiques complémentaires, pratiquées conjointement sur le minerai et les scories, cette question ne peut être abordée. Enfin, il ne faut sans doute pas négliger la piste concernant la juridiction des exploitations minières et le contexte administratif et politique des territoires s'étendant autour de l'étang de Berre, fortement structurés administrativement à cette époque (Sablayrolles 1989a ; Chausserie-Laprée, Rétif 2002, p. 190-194 ; Gasco 2002), mais malheureusement l'épigraphie et les textes ne sont pas réellement démonstratifs à ce propos.

À la lumière de ces différentes observations, les causes de l'abandon restent assez énigmatiques. Il n'en demeure pas moins que le mouvement de foisonnement sidérurgique auquel se rattache l'atelier des Espérelles encourage autant la multiplication des entreprises que leur échec rapide, lequel apparaît plus comme un calibrage dans l'exploitation du sol que comme un revers économique, technique ou administratif.

2. LE GRAVAS (SAINT-MAMERT-DU-GARD, 30) : UN ATELIER DU BAS-EMPIRE DANS LE PETIT DISTRICT SIDÉRURGIQUE DU BOIS DES LENS

Le Bois des Lens forme un des premiers contreforts des Cévennes, à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest de Nîmes, sous la forme d'une chaîne de sommets nord-sud de 7 km de long culminant entre 160 et 280 m (fig. 19 et 20). Dans le courant des années 1970, Jean-Claude Bessac a coordonné de nombreux travaux dans ce massif, en menant notamment de grandes campagnes de prospections, des sondages archéologiques et des fouilles exhaustives. Si ces recherches ont principalement été axées sur les carrières de calcaire, elles ont aussi conduit à la découverte de onze sites sidérurgiques, dont dix ferriers et une zone d'extraction du minerai (Bessac *et al.* 1979 ; Bessac 1986 ; Bessac, Bonnaud 1998) (fig. 20). Ces onze lieux associés à la production du fer sont uniquement situés dans les calcaires cristallins blancs du Barrémien supérieur à faciès urgonien, lesquels renferment de nombreuses crevasses contenant des concrétions pisolithiques ferrugineuses provenant du faciès sidérolithique de l'Éocène (Anonyme 1979a) (fig. 24). Par conséquent, cet ensemble géologique paraît conditionner l'emplacement des entreprises sidérurgiques et, par extension, fournir un des éléments essentiels à la réduction : le minerai de fer pisolithique.

Deux bas fourneaux ont été sondés depuis la découverte de ce complexe sidérurgique. L'un, au Dévenau, fouillé par Jean-Claude Bessac dans les années 1970, fonctionne, d'après la céramique, à la fin du I^{er} siècle avant notre ère (Bessac *et al.* 1979, p. 48-50 ; Bessac 1986 ; Bessac, Bonnaud 1998, p. 145 et 146) (fig. 21, 22 et 23). L'autre, exploré dans le cadre de notre thèse en 2005, est daté par ¹⁴C de la fin du IV^e siècle de notre ère (Pagès *et al.* 2006, p. 29-32).

Après avoir présenté cette dernière fouille inédite, l'ensemble des données est confronté pour tenter de cerner les caractères structurels des entreprises sidérurgiques situées dans ce massif. Le Bois des Lens offre en effet un terrain privilégié pour apprécier les mécanismes et les dynamismes de l'exploitation artisanale d'un massif en partie tourné vers les ressources du sous-sol – le calcaire et le minerai de fer – et non exclusivement vers les activités agro-pastorales (Bessac *et al.* 1979, p. 41).

2.1. LES STRUCTURES DE RÉDUCTION

Le site du Gravas a été découvert au cours des prospections coordonnées par Jean-Claude Bessac dans le Bois des Lens dans les années 1970. Il est situé à l'extrémité occidentale de la

commune de Saint-Mamert-du-Gard (30), contre la limite communale de Crespian (30), sur un grand replat localisé au pied des dernières pentes abruptes du versant oriental du massif du Bois des Lens (fig. 20). Il est formé d'un épandage de scories de 250 m² dans lequel sont implantés un bas fourneau à scories écoulées et un foyer d'épuration (fig. 25). Aucun vestige d'habitat n'a été découvert à proximité. Le mobilier est uniquement métallurgique. Sa fouille a été menée sous notre direction en avril 2005 (Pagès *et al.* 2006, p. 29-32).

2.1.1. LE BAS FOURNEAU

Le bas fourneau du Gravas est une structure de réduction du minerai de fer pisolithique qui a fonctionné vers la fin du IV^e siècle ou, de manière plus large, entre 320 et 420 de notre ère. Cette chronologie est basée sur deux datations ¹⁴C de charbons de bois issus des niveaux de fonctionnement et d'abandon de l'aménagement de réduction (références des échantillons ¹⁴C : Gd-12783, Gd-12784 provenant respectivement des US104 et US105).

Le bas fourneau n'est pas conservé en élévation, il a été totalement arasé par la réfection d'une piste pour la défense des forêts contre les incendies qui a également détruit tous les niveaux d'occupation (fig. 25 et 26). Il ne reste qu'une fosse oblongue (210 x 90 cm) de 30 cm de profondeur sur laquelle était élevée (moitié est) la cheminée et dans laquelle (moitié ouest) s'écoulaient les scories, retrouvées en position primaire. Légèrement excavé dans le substrat argilo-calcaire, le bas fourneau procède essentiellement à l'évacuation des scories par écoulement. Une petite partie est piégée dans le fond de la cuve, plus encaissée par rapport à la porte par laquelle les déchets coulent (fig. 27).

La restitution de l'élévation se fonde sur le matériel de construction découvert au cours de la fouille et des prospections de Jean-Claude Bessac, lequel signale des « morceaux de parois de four en terre réfractaire, en connexion avec des fragments de *tegula* d'un type précoce » (Bessac, Bonnaud 1998, p. 144). Durant la fouille, peu de blocs de grès ont été découverts (43 éléments pour 4,3 kg) (fig. 28). L'essentiel du matériel correspond à des morceaux de paroi en argile réfractaire (720 éléments pour 172,3 kg) et des fragments de *tegula* (191 éléments pour 8,2 kg). Le calcaire semble également employé dans la construction du parement extérieur (fig. 25, 26 et 27). Il se retrouve dans la partie excavée de la cuve. Celle-ci est aménagée avec ces blocs disposés à plat dans le fond, et en orthostate sur les bords. Ces blocs sont liés par une épaisse couche d'argile rouge locale, et recouverts par une nouvelle couche d'argile réfractaire avec des dégraissants minéraux. Ainsi, raisonnablement, on peut reconstituer une élévation avec une paroi interne principalement constituée de *tegulae* et d'argile réfractaire et une paroi extérieure en argile réfractaire et en blocs de calcaire. Cette dernière est au moins mise en œuvre dans la partie basse afin de consolider la construction. Le grès paraît employé dans des éléments particuliers comme les contours de la porte du bas fourneau ou des orifices aménagés dans la paroi pour loger les blocs tuyères renouvelables.

Des fragments de tuyères ont en effet été mis au jour dans les niveaux d'abandon du bas fourneau (8 éléments pour 1,2 kg) (fig. 35). Si leur longueur originale n'est pas déterminable, ils ont un conduit de 4 cm de diamètre et un contour semi circulaire à base plate très vitrifié et/ou scorifié. Les tuyères correspondent donc au type dit cylindrique à base plate, connu de la protohistoire au Moyen Âge dans différentes régions françaises (Pelet 1993, p. 17-28 ; Dunikowski, Cabboi 1995, p. 95-100 ; Leroy 1997, p. 131-134). Cette face plate est destinée à faciliter la mise en place du bloc tuyère dans la paroi du bas fourneau, dont la base est également aplatie. Elle autorise son renouvellement, rendu obligatoire par l'obstruction du conduit due à la scorification du bec plus ou moins profondément logé dans le fond de la cuve. Leur emplacement et leur nombre ne sont pas déterminables au Gravas. Cependant, leur présence signe précisément l'utilisation d'une soufflerie manuelle. L'alimentation en air par tirage naturel, utilisant l'aspiration de la cheminée à partir de plusieurs entrées, n'est toutefois pas exclue.

Les parois du fond de la cuve du bas fourneau forment un espace oblong de 45 x 55 cm. La cheminée mesure généralement entre 100 et 150 cm. Le volume interne global de la cuve peut être estimé à environ 0,3 m³.

2.1.2. LE FOYER D'ÉPURATION

Un foyer de forge très arasé est installé à 130 cm au sud-ouest du bas fourneau (fig. 25 et 27). Creusé (40 x 20 x 5 cm) directement dans de substrat, il est grossièrement aménagé avec une paroi très rubéfiée d'argile locale. Aucun vestige de tuyère ou de muret ne permet de restituer la zone de soufflerie. Son aspect modeste, analogue à de multiples exemples ethnographiques africains, relativise l'image des foyers d'épuration généralement avancée dans les recherches (Echard 1968 ; Huysecom 1996 ; Fabre 2004a). Comme aux Espérelles, en contexte de réduction, la proximité de l'installation du foyer d'épuration est le facteur déterminant pour bénéficier de l'inertie thermique de la loupe de fer directement sortie du bas fourneau.

2.2. DU DÉCHET À LA PRODUCTION

2.2.1. RÉPERTOIRE TYPOLOGIQUE ET LOCALISATION

Sur les 250 m² de l'épandage de scories, seuls 20 m² ont été fouillés pour explorer les vestiges sidérurgiques. Dans ce sondage, plus de 354 kg de scories ont été récoltés (fig. 29). La majorité (7696 individus pour 290 kg) provient des niveaux recouvrant le bas fourneau, reliquat

des niveaux d'occupation bouleversés. Ce dernier renferme 62 kg de déchets (1500 individus) essentiellement issus des phases d'abandon (1190 individus pour 47 kg) et de la moitié ouest du creusement destiné à l'écoulement des scories (209 individus pour 8,5 kg). Le foyer de forge contient pratiquement 2 kg de petits déchets, isolés uniquement au tamisage à partir de la totalité de son comblement cendreux (leur dimension dépasse rarement 0,5 cm³).

D'un point de vue typologique, les scories sont principalement du type écoulé dense avec une forte sensibilité magnétique (9171 individus pour 320 kg). Seulement deux sont en forme de culot (1736 g). Ces derniers peuvent provenir du foyer d'épuration ou du bas fourneau. À cela vient s'ajouter près de 5 kg de scories très magnétiques (23 individus), contenant probablement de nombreuses agglomérations métalliques, et plus de 6 kg de petits fragments métalliques/magnétiques uniquement issus du tamisage (leur volume dépasse rarement 0,5 cm³).

Enfin, le fait qu'en moyenne chaque scorie écoulée dense pèse 35 g témoigne d'un fort taux de fragmentation que l'on peut expliquer par les bouleversements successifs du site également visibles dans la conservation très partielle des aménagements de réduction.

2.2.2. BILANS MÉTALLOGRAPHIQUES

Sur le site du Gravas, aucune scorie écoulée n'a été prélevée. D'un point de vue typologique, elles forment en effet des exemplaires caractéristiques des déchets de réduction directe en bas fourneau, peu à même de fournir des éléments métallographiques supplémentaires à la réflexion générale et maintes fois documentées sur de nombreux sites (Fluzin, Leclere 1998, p. 138 ; Serneels 1998, p. 19-20 ; Mahé-Le Carlier, Ploquin 1999, p. 62). Ce choix a également été motivé par le fort taux de fragmentation de chaque spécimen (35 g en moyenne). Il a permis d'alléger la phase analytique et de concentrer les études sur d'autres échantillons.

Dans le lot de déchets métallurgiques du Gravas, quatre scories ont été sélectionnées pour être étudiées en métallographie (fig. 30). Parmi elles se trouvent les deux scories en culot de manière à déterminer s'il s'agit de scories de fond four ou de culot d'épuration, phases qu'elles renseigneront alors suivant leur origine (échantillons 101S.1 et 101S.2) (fig. 32). Ensuite, dans le cadre du prélèvement, les scories magnétiques ont été privilégiées afin de mesurer les particularités du métal produit et, éventuellement, préciser les travaux de post-réduction matérialisés par le foyer de forge rudimentaire. À ces titres, ont été sélectionnés un fragment métallique de forme écoulée partiellement enveloppé dans de la scorie (échantillon 102.2) et une grosse scorie très magnétique avec des traces manifestes de martelage (échantillon 102.1) (fig. 33 et 34).

Tous les échantillons proviennent des niveaux d'abandon et/ou de destruction recouvrant le bas fourneau, aucun spécimen représentatif et étudiable n'étant présent dans la fosse constituant le soubassement de l'aménagement de réduction. Si le site a été bouleversé, il y a en revanche très peu de risques d'intrusion, aucun vestige d'anthropisation n'étant connu dans les alentours.

Les études métallographiques caractérisent l'échantillon 101S.2 comme un petit culot de fond de four ; déchets pouvant être corrélés avec les vestiges archéologiques qui livrent un surcreusement dans le fond de la cuve (*cf. supra*) (fig. 30 et 32). Il est composé d'une matrice fayalitique homogène chargée en dendrites de wustite, mais également en billes et en fragments métalliques non réoxydés à chaud. Il reste donc beaucoup de fer en solution sous des formes d'oxydes (wustite) et de métal (billes et les fragments). Cette constatation corrobore le caractère de l'activité reflété par la typologie des scories de réduction – très denses et magnétiques – retrouvées sur le site. La réduction au Gravas semble être menée sous des températures relativement basses qui engendrent un rendement peu élevé, cependant tout à fait conforme à ce que l'on connaît de manière générale en Occident durant l'Antiquité et le haut Moyen Âge. Au regard de ces observations, il est apparu inutile d'étudier l'autre scorie en forme de culot (échantillon 101S.1), qui présente très certainement une même configuration métallographique.

Les enseignements établis à partir des deux autres échantillons très fortement sensibles au magnétisme (102.1 et 102.2) sont plus variés parce qu'ils permettent d'aborder la qualité du métal produit et de préciser les travaux d'épuration.

L'échantillon 102.1 est une masse importante (1310 g) constituée d'une matrice fayalitique chargée en globules de wustite dans laquelle sont présents de très nombreux chapelets métalliques (environ 30 % de la section) essentiellement localisés autour des porosités formant des puits de diffusion gazeux réducteur (fig. 30 et 33). Le métal, sous forme de ferrite, a été compacté et aggloméré sur un côté, dans un contexte de forge. Les métallurgistes se sont sans doute aperçus de la proportion importante en scorie résiduelle. Ils ont donc abandonné le travail et la pièce. Il est probable qu'il s'agisse d'une scorie périphérique à la loupe fortement chargée en fer que les métallurgistes ont tenté de compacter dans l'espoir qu'elle soit suffisamment métallique. Cet échantillon renseigne par ailleurs sur la qualité des réductions faites au Gravas. Celles-ci semblent être menées à relativement basse température avec un rendement assez faible, de nombreux oxydes et parties métalliques non agglomérées restant en solution.

L'échantillon 102.2 est un petit morceau métallique constitué, au milieu, de fonte grise (de 3,5 à 6 % de C) et, en périphérie, de fonte blanche (de 2,5 à 3,5 % de C) (fig. 30 et 34). D'une morphologie pratiquement écoulee, il ne possède pas de vestige de plan de frappe sur ses différentes faces enrobées de scories. En revanche, à l'intérieur, la morphologie et l'agencement des porosités et des inclusions en cours d'écoulement témoignent d'une action d'agglomération qu'il faut raccorder à la décarburation périphérique de l'ensemble. Cette pièce en fonte a subi une très légère épuration (décarburation partielle et compactage) qui donne davantage l'impression d'être une tentative avortée et isolée, plus qu'une technique couramment utilisée et maîtrisée. Sur le site du Gravas, la fonte semble donc être accidentellement produite comme le montre également la typologie de l'échantillon 108.1, sorte de pseudo-laitier semblable à certains déchets du site de réduction des Espérelles (*cf. supra*) (fig. 31). Seul exemple de ce type, elle a été documentée au niveau morphologique dans le dossier des analyses métallographiques pour montrer que quelques rares scories se rapprochant des laitiers sont très ponctuellement produites. Cependant, les métallurgistes ne paraissent pas armés pour affronter les problèmes techniques

posés par le traitement d'une telle masse de fonte, trop dure et cassante sans effectuer au préalable une décarburation poussée.

2.2.3. ENSEIGNEMENTS TYPOLOGIQUES ET ARCHÉOMÉTRIQUES : DES RÉDUCTIONS ORDINAIRES

Les analyses métallographiques confirment l'existence d'une activité de réduction sur le site du Gravas dans un bas fourneau à scories écoulées produisant des petites scories de fond de four. Parallèlement, malgré la mauvaise conservation du site, la lecture croisée des vestiges arasés et des analyses métallographiques confirme l'existence d'une seconde phase de travail de post-réduction : l'épuration primaire de la loupe venant d'être réduite.

À propos des travaux de réduction, si le bas fourneau du Gravas a parfois pu produire des petits morceaux de fonte, le répertoire typologique et les analyses métallographiques concourent pour évaluer l'environnement thermique des réductions à un niveau moyen, voire bas (1200-1300 °C), avec des amplitudes importantes, demeurant cependant locales et peu durables. Avec un faible rendement, cette configuration est commune aux sites de réduction directe en bas fourneau ; elle a été reconnue dans un grand nombre d'ateliers de l'Antiquité et du haut Moyen Âge (Pelet 1993, p. 96-97 ; Serneels 1993, p. 115-117 ; Leroy 1997, p. 159-163 ; Daveau, Goustard 2000b, p. 25-30).

Au sujet du métal fabriqué sur le site du Gravas, la scorie fortement chargée en fer peu aggloméré et le morceau de fonte permettent de fournir un panorama significatif, à l'image de la production qui peuvent être caractérisée comme hétérogène : hétérogène comme l'est l'environnement thermique dont elle est issue. Il faut donc envisager des loupes essentiellement ferritiques, mais localement carburées (teneurs en carbone disparates pouvant aller jusqu'à l'eutectoïde – 0,8 % de C –), avec des taux d'agglomération très variables et de nombreuses zones spongieuses dans lesquelles demeure de la scorie résiduelle (Fluzin 2006).

L'autre particularité du site du Gravas vient du fait qu'il conserve une phase de travail du métal postérieure et distincte de la réduction au sens strict : l'épuration primaire de la loupe « fraîchement » fabriquée. De nombreux éléments confirment que le foyer de forge rudimentaire identifié à proximité du bas fourneau a été utilisé pour réaliser l'épuration de l'alliage ferreux. À ce propos, les métallurgistes ne semblent pas capables de traiter les masses de fonte. Leur travail se concentre sur les loupes hétérogènes en ferrite et en différents aciers. Ces travaux sont associés à de nombreuses pertes métalliques visibles dans le grand nombre de petits fragments magnétiques (8 kg de petits fragments métalliques inférieurs à 0,5 cm³) et dans les scories très magnétiques (23 individus pour 5 kg), dont une partie est des *gromps* (fig. 29). Une grande proportion de ces vestiges métalliques de petites dimensions n'a pas été comptabilisée car elle se trouve dans les niveaux d'occupation remaniés et détruits lors de la création de la piste pour la défense des forêts

contre les incendies. Dans ces couches de décapage, fouillées à la pelle mécanique, le dénombrement n'a concerné que les scories volumineuses supérieures à environ 30 cm³.

Si l'incapacité à traiter des morceaux de fonte traduit une limite dans les savoir-faire, les nombreuses pertes métalliques issues de l'épuration du massiau ne doivent pas être entendues comme telles. Ces dernières viennent plutôt confirmer l'hypothèse concernant la nature de la masse de fer produite : une loupe hétérogène (ferrite et acier) avec des taux d'agglomération très variables et de nombreuses zones spongieuses où persiste de la scorie résiduelle. Des compétences techniques spécifiques sont évidemment requises pour réaliser une épuration de qualité et limiter les pertes de métal notamment sur des loupes très carburées mais, dans le cas du Gravas, le rendement de cette phase de travail dépend davantage de l'homogénéité de la loupe à traiter et de son taux d'agglomération élevé.

2.2.4. ESTIMATIONS QUANTITATIVES DE LA PRODUCTION

FONDEMENT

Vu la masse de déchets découverte sur site du Gravas, il est primordial d'estimer la production pour pouvoir donner un ordre de grandeur qui, dans sa grossièreté, suffit à situer l'entreprise. Des analyses archéométriques peuvent être pratiquées pour préciser plus finement les rendements et les teneurs chimiques (Serneels 1993, p. 17-19 ; Serneels 1994 ; Serneels 2001 ; Fluzin *et al.* 2004 ; Serneels 2004a), mais ici nous baserons nos calculs sur des fourchettes établies à partir de nombreux travaux concordants avec le type de production révélé par le répertoire typologique et les analyses (Pelet 1993, p. 97-99 ; Serneels 1993, p. 84, 122-123, 148 ; Leroy 1997, p. 176-182 ; Decombeix *et al.* 1998 ; Merluzzo *et al.* 2001). Le minerai utilisé au Gravas a déjà été étudié dans quelques-uns des travaux auxquels nous faisons référence (Pelet 1993, p. 97-99 ; Serneels 1993, p. 84, 122-123). Il s'agit de concrétions ferrugineuses, sous la forme de pisolithe, qui proviennent du faciès sidérolithique de l'Éocène (fig. 24). Ce type est traditionnellement reconnu comme riche en fer notamment parce qu'il est associé à une gangue de stérile argileuse facilement séparable. Une fois lavé, il est constitué d'une teneur en oxyde de fer commune à la majorité des minerais utilisés pour ces époques, entre 40 et 65 % (Serneels 1993, p. 36-40 ; Serneels 2004b, p. 27-28 ; Serneels, Eschenlohr 2004). Aussi, les estimations proposées se fondent sur des études comparables qui permettent de subodorer l'ampleur de la production, mais en aucun cas d'en assurer strictement et précisément le volume. C'est d'ailleurs pour cette raison que nous traiterons les données sous forme de fourchettes afin de rendre lisibles les variabilités inhérentes à ce type de démarche (fig. 36).

MASSES DES MATIÈRES PREMIÈRES ET DES PRODUITS

En se reportant aux différents travaux, on peut envisager que la masse des loupes fabriquées correspond à entre 15 % et 35 % de la masse de scories produites lors des différentes réductions.

Dans l'emprise de la fouille (20 m²), 354 kg de scorie ont été récoltés, mais l'épandage de déchets couvre une surface plus grande de 250 m². En prenant en compte le phénomène d'éparpillement, on peut envisager que le site contient au minimum 3500 kg de scories. En toute logique, il est improbable que des scories issues d'une autre production soient venues interférer dans le volume de scories sur lequel se fonde ce raisonnement. En revanche, certaines scories ont peut-être été prélevées pour servir, par exemple, de matériaux de remblaiement tandis que d'autres ont été dispersées lors des nombreux remaniements du site. Dans le cas le plus critique, l'estimation de la production est donc sous-évaluée.

D'après les rapports précédents, le bas fourneau du Gravas aurait produit entre 525 kg et 1225 kg de fer sous la forme de loupes non épurées. Par rapport aux ateliers des districts sidérurgiques sensiblement comparables de l'est de la France, qui produisent selon les cas entre 30 et 50 t de métal sur une longue durée, cette production paraît au moins très modeste sinon fortement sous-estimée (Pelet 1993, p. 97-99 ; Serneels 1993, p. 84, 122, 148). Cette situation est peut-être en partie due aux nombreux bouleversements du ferrier du Gravas.

Dans une transformation chimique, telle la réduction directe du minerai de fer, la loi de Antoine-Laurent de Lavoisier (XVIII^e siècle) « rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme » se vérifie. Toutes les substances introduites dans le bas fourneau doivent donc d'une manière ou d'une autre en ressortir. Celles non réductibles et non volatiles – silice, alumine, chaux, ... – se concentrent dans la scorie avec une partie de fer, sous forme d'oxydes et de métal dispersé. Le reste est constitué par la loupe. En prenant à rebours ce schéma, on peut déduire la masse de minerai mise en œuvre dans ces réductions. Il est *a priori* équivalent à la somme des masses des éléments produits. En pratique, le processus est plus complexe car, lors de la réduction, la paroi fond et rentre en jeu dans le processus physicochimique comme les charbons de bois qui contiennent également de nombreuses matières non réductibles. Dans certains cas, l'utilisation de fondant peut également modifier considérablement les calculs, mais sur le site du Gravas, cette pratique semble exclue par la nature du minerai utilisé (concentration suffisante et oxyde de fer facilement réductible). Inversement, la réduction engendre un dégazage important des matières volatiles, telles l'oxygène et l'eau qui engendrent une perte importante dans la masse des réactifs (Serneels 1993, p. 17-18 ; Leroy *et al.* 2000b, p. 43-45 ; Serneels, Eschenlohr 2004). Au total, on peut donc apprécier, toujours d'après les travaux de référence, que la masse du minerai correspond à la somme des masses des scories et des loupes à laquelle il faut rajouter, en plus, entre 20 et 40 % du résultat.

Le bas fourneau du Gravas aurait donc utilisé entre 4800 et 6600 kg de minerai de fer.

DURÉE DE FONCTIONNEMENT

Au regard des vestiges archéologiques, la cuve du bas fourneau forme, en plan, un espace oblong d'environ 45 cm sur 55 cm. Sur une telle base, d'après les vestiges de l'élévation ainsi que les comparaisons archéologiques, ethnographiques et expérimentales (Andrieux 1988 ; Andrieux 1991a ; Andrieux 1991b ; Andrieux 1995 ; Bocoum 2002), la hauteur de la cheminée pouvait osciller entre 100 et 150 cm et donc former un volume interne d'environ 0,3 m³, capacité tout à fait conforme à ce que l'on connaît par ailleurs. Plus en avant, d'après le volume estimé de la chambre de réduction, il est probable que chaque réduction produise entre 20 et 30 kg de scories. Par conséquent, étant donné la masse totale de scories évaluée, le bas fourneau du Gravas aurait fonctionné entre 175 et 233 fois, ce qui sous entend un renouvellement de la construction du bas fourneau. Théoriquement, dans un schéma de production artisanal, chaque réduction requiert une demi-semaine de travail. Cette durée comprend la réduction (entre 6 et 24 heures), la préparation des charges de minerai et de charbons de bois et la réfection ou la (re)construction du bas fourneau plus ou moins endommagé au cours du processus de transformation. Selon ce cycle, les états successifs du bas fourneau des Gravas auraient fonctionné, sur un modèle d'exploitation continu, entre un et deux ans ou, sur un schéma d'exploitation plus lâche, entre deux et quatre ans. Le fait que toutes les réductions soient conduites au même endroit, dans un bas fourneau reconstruit ou réparé à chaque nouveau cycle, plaide en faveur d'une utilisation régulière et assez fréquente des lieux. Dans cette configuration, on peut estimer qu'au maximum une réduction est faite tous les quinze jours, c'est dire que l'atelier du Gravas a été utilisé pendant neuf ans, au plus. Le résultat est sensiblement identique si l'on considère que la réduction du minerai est saisonnière, puisque le cycle est alors plus concentré – par exemple toutes les semaines pendant la moitié de l'année, l'autre moitié étant consacrée à d'autres activités, complémentaires ou non.

2.3. DU CHARBON AU BOISEMENT ET INVERSEMENT

2.3.1. LE BOISEMENT EXPLOITÉ

ÉCHANTILLONNAGE ET IDENTIFICATION TAXINOMIQUE

Dans l'ensemble des comblements charbonneux des aménagements excavés – bas fourneau et foyer de forge – et notamment dans les vestiges de la dernière réduction, la majorité des fragments de charbon de bois supérieurs à 4 mm a été identifiée (Chabal 2006). Statistiquement, dans la mesure où l'échantillonnage a porté sur cents litres de sédiments tamisés

et prélevés dans plusieurs niveaux archéologiques, ils reflètent fidèlement, selon toute probabilité, les essences exploitées par les métallurgistes (Chabal 1997, p. 38, 55 et 61).

Pour un total de soixante-quatorze fragments, les charbons de bois observés appartiennent à trois ou quatre taxons : l'Arbousier, le Chêne vert et/ou kermès et la Filaire – à feuilles larges ou à feuilles étroites – et/ou l'Alaterne ; des arbustes méditerranéens non distingués par l'anatomie du bois. Leurs proportions diffèrent significativement puisque l'Arbousier réunit 91 % des fragments tandis que les deux autres rassemblent 5 et 4 %.

UNE EXPLOITATION RÉGULIÈRE ET ANCIENNE D'UN TAILLIS ASSEZ DENSE

Par la composition forestière dont la répartition taxinomique témoigne, il s'agit de boisements méditerranéens conformes aux potentialités de l'environnement immédiat du site. Du fait des essences représentées, ce sont certainement des taillis, c'est-à-dire des boisements de repousse contrairement, par exemple, à des boisements plus matures, des futaies où le Chêne blanc ou l'Érable de Montpellier seraient représentés. L'hypothèse de formations dégradées de *saltus* peut néanmoins être écartée car les espèces reflètent des boisements plus denses, aptes à retenir une certaine humidité et à donner des rejets de souche d'un certain calibre dans le cadre d'une exploitation par coupes.

Le déséquilibre homogène des fréquences en faveur de l'Arbousier révèle une distorsion dans les essences exploitées par rapport au milieu environnant pour lequel 20 % des essences donnent 80 % des fréquences, comme dans le combustible domestique. Cette distorsion rappelle des situations connues sur d'autres sites artisanaux, tels les fours de potiers gallo-romains de Sallèles d'Aude (11) ou ceux médiévaux du Mas-Viel (Argelliers, 34) (Chabal 2001 ; Breichner *et al.* 2002, p. 81-95). Cette configuration est interprétée comme une exploitation de bois en coupes de taillis, par conséquent systématique et organisé, privilégiant quantitativement les brins de taillis et secondairement les petits ligneux. Des pratiques raisonnées comparables sont connues dès l'Antiquité romaine chez les potiers et dans la gestion générale des bois et des boisements des forêts sous juridiction romaine (Puton 1891 ; Jacob 1981).

Il est ainsi possible que l'exploitation du bois pour le bas fourneau du Gravas se soit inscrite dans une exploitation semblable, tirant parti au mieux des calibres disponibles selon leur utilisation prévue, en remarquant que jamais l'essence par elle-même ne semble un critère important de sélection des combustibles (Chabal 1997, p. 55).

2.3.2. LE CHARBONNAGE

Les charbons de bois retrouvés en contexte archéologique ont la même structure, qu'ils proviennent de la combustion de bois ou de la combustion de charbon de bois. On ne peut donc pas identifier directement la forme du combustible utilisé, excepté lorsqu'on retrouve un stock de charbon de bois issu de charbonnage. En théorie, une réduction de minerai peut être pratiquée

avec du bois ou du charbon de bois. En pratique, de nombreux vestiges retrouvés sur des fouilles de contextes sidérurgiques attestent l'utilisation systématique de charbon de bois depuis la protohistoire. De plus, d'après les considérations précédentes sur les essences utilisées et le type de boisement très probablement exploité – un taillis ancien –, on peut dire que les charbons de bois du bas fourneau du Gravas peuvent provenir de branches d'un calibre propre à avoir fait l'objet d'un charbonnage, c'est-à-dire de branches de plus de 5 cm de diamètre (Fabre 1996). Ici, l'observation directe des charbons de bois très fragmentés ne permet pas de mesurer les diamètres des tiges, car les gros calibres donnent aussi des cernes annuels de croissance à fort rayon de courbure au niveau du bois de cœur. En revanche, ce diagnostic permet d'exclure l'utilisation de petites tiges impropres au charbonnage. Toutes les essences, au-dessus d'un certain diamètre, sont en théorie aptes à être charbonnées. Il est seulement impératif d'empêcher l'inflammation de la meule, c'est-à-dire d'empêcher l'entrée d'oxygène. Ce risque serait bien trop grand si on utilisait des fagots, nécessairement très aérés. Enfin, notons que l'Arbousier a une grande longévité, il peut atteindre 5 à 8 m de haut, mais il existe surtout en taillis et donne alors des brins d'un calibre équivalent à ceux du Chêne vert. Il se prête donc tout à fait au charbonnage. La densité de l'Arbousier, élevée comme celle du Chêne (0,7-0,8), donnera un charbon dense, dont la combustion – comburation – sera durable, ce qui est intéressant pour l'activité de réduction.

2.3.3. ESTIMATION DE LA SURFACE DE BOISEMENT EXPLOITÉE

La réduction du minerai de fer est grandement consommatrice de charbon de bois. Elle a été par exemple le facteur déterminant de la déforestation des Pyrénées durant la fin du Moyen Âge et l'époque moderne. Il est donc intéressant de tenter d'apprécier la surface de bois exploitée pour réduire 4800 à 6600 kg de minerai de fer. Pour ce faire, il faut commencer par mesurer la quantité de charbon de bois qui permet de calculer le nombre de stères débitées à partir du rendement des deux procédés de charbonnage historiquement reconnus : le charbonnage en meule ou en fosse.

D'après les différents travaux sur lesquels sont fondées les estimations, il est admis qu'il faut mettre en œuvre – en masse – entre deux et quatre fois plus de charbons de bois que de minerai dans les charges destinées à la réduction (Leroy *et al.* 2000b). Par conséquent, le bas fourneau du Gravas aurait employé entre 5600 et 24000 kg de charbon de bois.

SELON LE CHARBONNAGE EN MEULE

Le charbonnage en meule permet d'obtenir entre 17 et 28 % de la masse initiale de bois (Ledebur 1895, p. 71 ; Domergue 2004a, p. 205). Selon ce rapport de proportion, entre 32 940 et 85 710 kg de bois ont été employés. Pour un bois d'une densité moyenne de 0,8 comme l'Arbousier ou le Chêne, il faut environ 800 kg de bois pour faire un stère (F.A.O. *et al.* 1983, p.

annexe 4). Par conséquent, la fourchette est ramenée entre 41 et 107 stères. Pour confirmer cette démarche, on peut réaliser une nouvelle estimation en utilisant la densité moyenne du charbon de bois (entre 250 et 300 kg/m³) et le rendement volumique moyen du charbonnage en meule (environ 60 % du volume initial) (Ledebur 1895, p. 71 ; F.A.O. *et al.* 1983, p. annexe 4), les résultats obtenus sont très sensiblement identiques.

Plus avant, Lucie Chabal envisage que dans les taillis languedociens dont la nature de l'exploitation et du boisement sont comparables, les coupes de bois de taillis peuvent être minimisées à 2 st/ha/an (Breichner *et al.* 2002, p. 93). Ce rapport n'est applicable que dans le cas d'une exploitation de taillis entièrement dévolue à la réduction et non à plusieurs activités avec une rotation de coupes inférieure à 20 ans, ce qui semble bien être le cas ici. Selon cette équation, la réduction au Gravas a engendré l'exploitation de 20 à 104 hectares, soit un carré de 447 à 1020 mètres de côté.

SELON LE CHARBONNAGE EN FOSSE

Le rendement volumique moyen du charbonnage en fosse est plus faible que le charbonnage en meule, entre 30 et 50 % du volume initial (F.A.O. *et al.* 1983, p. chapitre 5). En considérant cette donnée, le charbon de bois mis en œuvre au Gravas est compris entre 38 et 266 stères, c'est-à-dire entre 19 et 133 hectares, soit un carré de 436 à 1153 mètres de côté.

2.4. UN PETIT DISTRICT SIDÉRURGIQUE À LA LUMIÈRE D'UNE NOUVELLE DOCUMENTATION

Les recherches archéologiques sur les campagnes de Gaule du Sud développent souvent des questions autour des activités agropastorales. Le Bois des Lens offre un cadre privilégié pour apprécier un autre type d'exploitation du terroir essentiellement fondé sur les ressources minérales et l'artisanat. La synthèse des résultats obtenus à partir de la fouille du Gravas permet de réexaminer l'ensemble de ces artisanats en proposant une lecture alternative sur l'exploitation traditionnelle des sols.

2.4.1. UN ATELIER DE RÉDUCTION ORDINAIRE

Le bas fourneau à scories écoulees du Gravas (Saint-Mamert-du-Gard, 13) est un atelier de transformation du minerai de fer selon le procédé direct, où environ deux-cents réductions ont été conduites dans la seconde moitié du IV^e siècle et/ou au début V^e siècle dans un intervalle probablement inférieur à neuf années. L'atelier est organisé autour d'un bas fourneau à scories principalement écoulees, dont le fond de la cuve et la zone d'écoulement des déchets sont excavés dans le sol géologique naturel. À un peu plus d'un mètre, un foyer d'épuration très rudimentaire est installé pour réaliser la première épuration de la loupe afin de bénéficier de l'inertie thermique de la réduction.

La qualité du processus de réduction est conforme à la majorité des entreprises sidérurgiques répertoriées pour l'Antiquité et le début du Moyen Âge en Europe occidentale. En effet, dans le bas fourneau, l'environnement thermique est plutôt bas, avec des amplitudes ponctuelles parfois importantes, ce qui mène à de faibles rendements de production. Au cours de chaque opération, une partie des oxydes de fer reste en l'état et, s'ils sont réduits, une autre partie se retrouve éparpillée sous la forme de fragments ou de billes dans la scorie. Peu d'entre eux sont agglomérés à la loupe : approximativement, entre 17 et 30 % des oxydes de fer du minerai. Le faible rendement de l'opération est accentué par les pertes métalliques engendrées lors des premières phases d'épuration pendant lesquelles une grande partie de la masse de la loupe – entre 30 et 50 % suivant les expérimentations – est perdue à cause de l'évacuation de la scorie résiduelle, mais surtout de l'égrènement des parties métalliques périphériques sous l'effet des chocs (Leroy *et al.* 2000b ; Urteaga *et al.* 2000 ; Fluzin 2002, p. 69). Ce phénomène est d'autant plus accentué quand la loupe est hétérogène, ce qui paraît être le cas ici. Apparemment, les loupes produites possèdent un taux d'agglomération faible ainsi qu'une composition chimique variant entre la ferrite et l'acier, parfois jusqu'à l'eutectoïde. Selon toute probabilité, entre 500 et 1200 kg de cet alliage ferreux ont été produits au Gravas.

2.4.2. LE GRAVAS : UNE UNITÉ DU DISTRICT DU BOIS DES LENS ?

D'après les estimations, entre 4800 et 6600 kg de minerai de fer ont été employés. Cette masse nécessite une exploitation organisée du gisement de minerai de fer pisolitique, d'autant que la production semble continue, ce qui sous-entend un approvisionnement régulier. Un ramassage systématique en surface ne paraît pas être suffisant pour y subvenir. Il est donc tentant d'associer, à l'atelier du Gravas, le site des Garrigues situé en contrebas, à quelques centaines de mètres. Il est matérialisé par des traces de terrassements anciens très vraisemblablement liées à l'extraction du minerai de fer présent sous la forme d'une grande concentration de concrétions ferrugineuses grossièrement arrondies et dont le diamètre varie entre un et cinq centimètres (Bessac *et al.* 1979, p. 44). Aujourd'hui inaccessible à cause de la végétation, ce site a été découvert par Jean-Claude Bessac lors de prospections conduites à la fin des années 1970, après le passage du feu. Étant donnée la proximité géographique entre les deux lieux, cette hypothèse paraît très

vraisemblable. La minière des Garrigues n'a sans doute pas été uniquement exploitée par les métallurgistes du Gravas. Trois autres ferriers sont situés à environ un kilomètre du gisement : le Génastas, les Quatre Limites et le Pin de Valord. L'un d'eux – les Quatre Limites – a été détruit par les crues répétées du ruisseau à côté duquel il était établi, dans la Combe des Chèvres, tandis que les deux autres sont aujourd'hui inaccessibles à cause de la végétation. Là encore, ils ont été localisés par Jean-Claude Bessac au cours de prospections. Aucun indice ne permet de préciser leur datation, mis à part au Génastas où quelques *tegulae* datent le fonctionnement de l'Antiquité ou de l'Antiquité tardive (Bessac *et al.* 1979, p. 43-45). La présence actuelle d'une concentration importante de minerai dans la minière des Garrigues montre que l'abandon des activités de réduction n'est pas associé à l'épuisement des ressources minérales. Alors, qu'en est-il des ressources en combustible ? D'après les estimations, dans le cas d'un charbonnage en meule ou en fosse, le bois a été exploité sur une surface approximativement comprise entre 19 et 133 hectares. Comme pour le minerai, ces données sur l'exploitation du boisement donnent un ordre de grandeur qui permet d'exclure un abandon des réductions dicté par une pénurie en bois.

Au lieu de concevoir l'abandon de l'atelier du Gravas comme une désertion des lieux et de l'activité, ne pourrait-on pas alors envisager une « translation locale » de l'atelier dans la perspective de se placer au plus près des gisements de bois ou de minerai ? Ce cas de figure a été de nombreuses fois discuté (Serneels 1993, p. 123-124 ; Eschenlohr 2001, p. 147-149). Dans notre cas, on ne parlera que du combustible puisque le minerai est toujours facilement accessible sur le site des Garrigues. Les ferriers du Génastas, des Quatre Limites et du Pin de Valord pourraient alors participer de ce processus, mais l'on comprend mal les motivations qui auraient guidé ce déplacement n'excédant pas le kilomètre, même si cela permet de se trouver un peu plus près de telle ressource. Sans datation très précise permettant de comparer la chronologie de ces différents lieux de réduction, la question reste ouverte, mais, selon toute vraisemblance, il est peu probable que ces quatre lieux de réduction soient le résultat de déplacements successifs d'un unique atelier. Plus sûrement, ils résultent soit d'entreprises synchrones implantées autour du gisement des Garrigues en fonction de la topographie et des ressources forestières, soit d'ateliers de réduction indépendants et isolés introduits à des époques suffisamment espacées pour que la mémoire de l'ancien lieu de réduction ne soit plus assez prégnante ou que celui-ci ne réunisse plus assez d'atouts issus de son ancienne utilisation – chemin, installation périphérique... La découverte de *tegulae* sur le ferrier de Génastas signe son appartenance à une large Antiquité (Bessac, Bonnaud 1998, p. 144). Un petit écart chronologique entre l'activité du lieu de réduction et celui du Gravas peut donc être envisagé. Dans ces conditions chronologique et topographique, on peut donc raisonnablement entrevoir un fonctionnement sensiblement synchrone de cet ensemble de quatre ateliers de réduction – le Génastas, les Quatre Limites, le Pin de Valord et le Gravas – autour du gisement des Garrigues.

2.4.3. UNE NOUVELLE CHRONOLOGIE

Pour alimenter le débat, il faut également tenir compte des six autres ateliers de réduction découverts par Jean-Claude Bessac, mais surtout du sondage qu'il a mené, dans les années 1970, à un peu plus de deux kilomètres au sud du Gravas, sur le bas fourneau du Dévenau (Montpezat, 30). Daté par la céramique de la fin du I^{er} siècle avant notre ère, il est construit sur un plan quadrangulaire à angles arrondis (69 x 48 cm) avec des parois directement ancrées sur le substrat calcaire. Ces parois sont formées de trois épaisseurs : de l'intérieur vers l'extérieur, une couche réfractaire de 3 cm, une couche d'argile native de 3 à 6 cm et un parement de pierres réfractaires locales (grès et calcaire gréseux) associées à des *tegulae*. Au sud, la paroi n'est pas conservée ou alors elle a été détruite pour permettre l'écoulement des scories retrouvées en position primaire dans un emplacement prévu à cet effet, légèrement entaillé dans le rocher naturel (Bessac, Bonnaud 1998, p. 145-147).

La datation des lieux de transformation du minerai de fer a souvent posé problème car il est rare de découvrir des céramiques dans des petits ateliers de réduction à cause de l'inexistence quasi-systématique d'habitat en rapport, les nuisances engendrées par cette activité étant trop abondantes pour qu'un lieu de vie coexiste à proximité (*cf. supra*). En ces termes, la valeur chronologique des tessons de céramiques en provenance de la couche supérieure enveloppant les aménagements sidérurgiques, doit être évaluée d'autant que plusieurs habitats de la seconde moitié du I^{er} siècle avant notre ère sont situés dans un rayon de 500 m (Bessac *et al.* 1979, p. 50 ; Bessac, Bonnaud 1998, p. 143). Il est donc possible que ces tessons proviennent de colluvionnements et/ou d'épandages périphériques aux habitats sans rapport direct avec la réduction.

Pour arbitrer, on peut apprécier le contexte général du Bois des Lens. Ce massif est principalement connu par la quinzaine de carrières antiques exploitées intensivement du début du Haut-Empire au milieu du II^e siècle de notre ère, pour extraire un calcaire fin oolithique particulièrement prisé dans la fabrication des sculptures et les décors des monuments romains de Narbonne à Nice (Bessac 2002, p. 29-34). Si l'on considère le développement des carrières dans des lieux reculés comme un facteur déterminant dans l'acculturation des sociétés environnantes, mais également la venue de carrières expérimentés avec de nouvelles techniques dans les exploitations romaines du Bois des Lens et l'exportation de la pierre à moyenne distance notamment par voie maritime dans des monuments prestigieux romains, il est difficile de concevoir, qu'à quelques centaines de mètres de là, une petite production de fer se développe dans un cadre « local » pour satisfaire les besoins des populations indigènes ou des carrières (Bessac 2002, p. 38-39 ; Bessac, Sablayrolles 2002b, p. 8-9 ; Bessac, Sablayrolles 2002a, p. 181-183 ; Rauzier 2002 ; Rauzier 2003). Cette déduction est d'autant plus recevable, qu'au I^{er} siècle avant notre ère, les entreprises sidérurgiques ne sont pas encore éparpillées sur le territoire. Elles se concentrent entre la Montagne Noire et le Canigou, sous des formes d'exploitation concentrée (*cf. supra*), alors que le substrat local protohistorique des campagnes nîmoises ne paraît pas pénétré par une pratique de la réduction du minerai de fer. L'approvisionnement en matière première est

davantage ancré dans l'importation de demi-produits ; masse de fer déjà réduite, partiellement épurée et mise en forme de différentes manières.

Pourtant, deux carrières du Haut-Empire ont fourni quelques scories lourdes écoulées. L'une se trouve à 3 km au nord du Gravas, la carrière de la combe de la Pesada, et l'autre est située à 15 km au sud, la carrière du Barutel (Mazauric 1916-1917, p. 206-209 ; Bessac 1986 ; Bessac, Bonnaud 1998, p. 144). Ces artefacts sont issus de la réduction, mais aucun élément ne permet de situer précisément l'installation et, étant donné qu'ils se trouvent en petit nombre, ils peuvent être le fruit de déplacements multiples post-dépositionnels. Une telle activité ne peut pas être définitivement exclue dans les niveaux de fonctionnement de ces deux carrières, mais, d'une manière générale, si des travaux de forge sont souvent visibles dans ces contextes d'extraction pour entretenir les outils de taille, les entreprises de réduction paraissent beaucoup moins courantes, voire inexistantes (Bessac 1996, p. 122-124 ; Anderson *et al.* 2003, p. 77-273).

2.4.4. UNE EXPLOITATION ARTISANALE DU TERROIR

Aujourd'hui, il apparaît donc que les quatre ateliers de réduction – dont fait partie le Gravas – regroupés autour de la minière des Garrigues, sinon la totalité des entreprises de réduction du Bois des Lens participent d'un processus artisanal sensiblement commun, lié à la réduction du minerai de fer et se concentrant autour des IV^e et V^e siècles. De nouvelles enquêtes doivent être conduites pour asseoir plus correctement cette hypothèse et préciser la chronologie, mais d'ores et déjà, on ne peut manquer d'associer à cet environnement, les autres entreprises artisanales traitant des matières minérales connues dans le Bois des Lens, pour cette même époque. Au moins trois carrières – du Frigoulet, du Pielles et du Roquet – voient leurs pierres exploitées durant l'Antiquité tardive sans que l'on puisse pleinement cerner la production qui paraît, du reste, assez modeste notamment par rapport au Haut-Empire et en partie axée vers la production de jarres d'environ 70 cm de diamètre (Bessac 1996, p. 299-305) (fig. 20). L'exploitation artisanale du territoire ne se cantonne pas seulement à ce domaine : deux ateliers de producteurs de céramiques communes à pisolithes se trouvent également au pied du massif durant les V^e-VI^e siècles (Provost 1999, p. 361-362, 605-606) (fig. 20). Cette activité ne peut en aucun cas être convoquée pour conforter notre hypothèse de datation, une production de céramiques locales étant également reconnue dans la seconde moitié du I^{er} siècle avant notre ère sur le gisement des Brus, dans le Bois des Lens (Bessac *et al.* 1979, p. 45-47 et 79). En revanche, si l'on considère les nombreux parallèles qui ont été réalisés entre la fabrication des poteries et la réduction du minerai, notamment en éthologie africaine autour de la symbolique de ces activités, mais aussi en archéologie préhistorique et protohistorique autour de l'apparition et de la diffusion de ces deux types de production liés aux Arts du feu, la répartition des céramiques communes à pisolithes en contexte d'utilisation peut former un jalon pour mesurer la diffusion des alliages ferreux produits dans le Bois des Lens (Py 1993, p. 127-128 ; Gosselain 2002, p. 199-211). Cette analogie est renforcée par le fait que ces deux artisanats utilisent des gisements de matières

premières semblables – les argiles contenant le minerai et les pisolithes ainsi que le bois des forêts –, mais elle est surtout très lisible puisque les céramiques communes à pisolithes constituent une vaisselle propre aux V^e-VI^e siècles diffusée dans un cadre régional, de Narbonne (34) à Arles (13) (Raynaud 1993). À partir des données accumulées au Gravas, on pouvait déjà apprécier la modestie de la production nommée de manière aléatoire « locale », mais la concomitance de ces entreprises permet d'illustrer le réseau de diffusion – et non la quantité – dans lequel les produits de ce petit district sidérurgique du Bois des Lens peuvent être commercialisés.

Le Bois des Lens offre donc un cadre privilégié pour observer et analyser sur la longue durée l'exemple d'un bois exploité durant toute l'Antiquité pour ses ressources naturelles. Schématiquement, durant le Haut-Empire, l'extraction de la pierre, très correctement documentée, montre un exemple d'une activité relativement importante, avec une diffusion assez large, de Narbonne à Nice. Pendant le Bas-Empire et l'Antiquité tardive, la situation change. Les entreprises artisanales – extraction de la pierre, réduction du minerai, fabrication de poteries – voient le volume de leur production et la portée de leur distribution se rétrécir. Dans le même temps, on assiste peut-être à une légère diversification des activités ou, du moins, au nivellement de leur importance.

PARTIE II : LE TRAVAIL DU FER

Une fois la transformation du minerai en métal envisagée, c'est le forgeage du fer métallique plus ou moins brut qui se trouve au cœur de notre recherche, c'est-à-dire le travail des alliages ferreux jusqu'à ce que ceux-ci deviennent des objets, mais aussi, jusqu'à ce que ces objets soient entretenus ou recyclés. Si le forgeage est envisagé dans des cadres identiques à ceux pris en compte pour la réduction du minerai, l'analyse du travail du fer dans les régions méditerranéennes, de l'Antiquité romaine au début du Moyen Âge, se fonde sur une démarche spécifique, spécialement adaptée aux problématiques que cette phase de mise en œuvre soulève.

Pour étudier le forgeage, l'inventaire classique de sites archéologiques n'est pas utilisé systématiquement, même si son emploi peut rester utile au cas par cas, notamment pour mesurer l'insertion des travaux de forge dans le maillage antique des exploitations domaniales. Depuis l'avènement de l'archéologie rurale romaine et de l'archéologie médiévale, les fouilles et les prospections n'ont pas cessé de signaler la présence récurrente de scories sur les occupations humaines, du modeste lot éparpillé dans une ferme isolée à l'important dépotoir établi dans les faubourgs d'une agglomération (Le Roux 1988 ; Feugère, Serneels 1998a, p. 259 ; Guyon *et al.* 1998, p. 277 ; Mauné 1998 ; Raynaud 1998, p. 162-165 ; Vidal 1998 ; Brun 1999, p. 161 ; Trément 1999, p. 195-197 ; Leroy *et al.* 2000a, p. 19 ; Rivet *et al.* 2000, p. 434 ; Buffat 2004, p. 171-174 ; Bailly-Maitre 2006). S'en sont d'ailleurs suivies des confusions dans l'attribution des phases de travail exercées, entre la réduction du minerai et le forgeage des objets, ainsi qu'entre tâche temporaire et exercice pérenne. Aujourd'hui, un strict inventaire des lieux de forge ne mettrait en lumière que l'état d'avancement des fouilles engagées sur chaque opération. Depuis les II^e-I^{er} siècles avant notre ère, le fer a, en effet, totalement intégré la culture matérielle des sociétés du midi de la Gaule. Dans le même temps, il a été massivement travaillé dans ces mêmes lieux de vie. La romanisation n'a fait que confirmer ou accentuer ce processus (Py 1987, p. 222, 453-456, 477-482 ; Py 1993 ; Feugère, Serneels 1998a, p. 258-259).

Par conséquent, si pratiquement toutes les occupations ont abrité, un tant soit peu, une activité de forge, le véritable objectif est de caractériser précisément l'activité de forge qui se développe dans chaque fondation de Narbonnaise. Pour cette raison, ce sont les différents types d'établissements, fleurissant dans les campagnes antiques et alto-médiévales, qui doivent structurer notre enquête. Les récurrences et les particularismes des activités sont ainsi distingués en fonction du statut de l'habitat et de la période d'occupation. Reprenant une distinction simple et diachronique dans le peuplement rural, notre enquête s'organise autour des deux chapitres : l'habitat groupé et l'habitat dispersé. Dans chacun d'eux, l'analyse est fondée sur l'examen détaillé de sites dits témoins, lesquels sont préférés en fonction de la qualité des fouilles et des vestiges métallurgiques, mais aussi selon leur statut et leur chronologie. Ainsi, huit contextes archéologiques ont été choisis essentiellement en Languedoc oriental pour qu'une certaine homogénéité dans le corpus soit respectée – le site d'*Olbia* de Provence (Hyères, 83) n'apparaît pas étranger au lot tant ses caractéristiques sont communes aux forges des habitats groupés. Chaque chapitre est agencé de manière à ce que soient en premier lieu énoncés les grands traits des travaux de forge et qu'ensuite soient déclinés les particularismes et les précisions au fil des périodes considérées. Tout cela pour observer l'insertion des travaux de forges dans le réseau de peuplement des cadres antiques au système de production pré-seigneurial.

CHAPITRE 1 : DANS LES HABITATS GROUPÉS

Les habitats groupés des campagnes ont bénéficié de dénominations différentes selon la période : agglomération secondaire pour l'Antiquité et village pour l'époque médiévale. Ces terminologies dissemblables ont conduit à insinuer une notion de rupture entre le monde gallo-romain et médiéval. Traditionnellement, les recherches se sont attachées à cultiver cette distinction. Plus récemment toutefois, un mouvement s'est attelé à proposer une lecture alternative en érigeant sur le même plan les concepts de continuité et de changement pour s'intéresser spécialement aux époques dites de transition. Sans renier les différences entre les deux périodes, les formes d'habitat alto-médiévales et médiévales ont alors été perçues comme des fondations originales, des adaptations d'héritages antiques ou, encore, comme un composite de ces deux propositions (Février 1976 ; Colardelle 1989 ; Archeomedes 1998 ; Wickham 2001 ; Raynaud 2002b, p. 50-51 ; Schneider 2007b ; Van Ossel à paraître). Ainsi, une filiation, avec des modalités variables, a été introduite entre les habitats groupés antiques et médiévaux. Ce lignage dans le peuplement a sous-tendu implicitement un glissement des fonctions productives des agglomérations secondaires aux villages. Néanmoins, ce thème économique n'a jamais réellement fait l'objet d'une attention. Hormis l'histoire agraire et celle stricte des techniques, les activités des secteurs secondaire et tertiaire ont été principalement abordées traditionnellement, par âges historiques, pour servir de base dans des argumentations spécifiques à chaque période, mais rarement dans une approche transversale privilégiant continuité et changement, sans mésestimer ni l'un ni l'autre de ces aspects.

Le terme d'agglomération secondaire est né d'un double désir. D'une part, qualifier, sans minorer, des habitats groupés gallo-romains qui disposent d'aménagements « urbains » ou collectifs, mais qui restent subordonnés à la capitale de la cité. D'autre part, éviter les écueils de l'utilisation de termes antiques, lesquels traduisent des réalités administratives, alors que l'archéologie figure, le plus souvent, une réalité matérielle (Mangin *et al.* 1986, p. 17-22 ; Bénard *et al.* 1994, p. 20-21 ; Fiches 2002, p. 15-16). Dynamisée par le débat sur les relations entre les villes et les campagnes et par le développement des enquêtes archéologiques rurales, l'étude de ces agglomérations secondaires a connu un véritable succès à partir des années 1970-1980 (Finley 1975 ; Leveau 1983 ; Fiches 1989a ; Polfer 2001 ; Weber 2001). De la sorte, la fonction productive de ces agglomération a souvent été mise en avant pour illustrer les différentes facettes de leur rôle économique (Mangin 1996 ; Ferdière 1999 ; Ferdière 2001 ; Polfer 2001). C'est notamment par ce biais que le travail du fer a été précocement et précisément étudié dans l'est de la France tout spécialement (Mangin, Tassaux 1992, p. 471-473 ; Bénard *et al.* 1994, p. 231-242 ; Mangin 1994a, p. 49-53 ; Mangin *et al.* 2000a, p. 313-318 ; Mangin *et al.* 2000b).

Le village n'a pas connu de problème sémantique équivalent étant tout à la fois une réalité contemporaine et une évidence archéologique matérialisée dans le paysage en raison de leur désertion « récente », entre les XIV^e et XVI^e siècles. C'est d'ailleurs par cette entrée – le village déserté – que les études ont été amorcées (Démians D'archimbaud 1980, p. 3-48). Pour autant, dès le début, la question de la genèse s'est posée pour être rapidement dominée par une conception : l'*incastallamento* (Toubert 1973, p. 349-354). Le regard porté consistait principalement en une approche régressive de l'histoire, du présent vers le passé, du visible vers l'enfoui. Si cette méthode a largement porté ses fruits pour le Moyen Âge central, elle a rencontré des limites

importantes au sujet des premiers temps médiévaux. À travers cet accès en effet, le haut Moyen Âge a davantage eu tendance à être considéré comme un recommencement que comme une recomposition dominée par des héritages antiques et des apports extérieurs. Quelques mises en gardes précoces ont pourtant souligné les contradictions de cette façon de voir (Février 1976 ; Février 1980 ; Fixot 1980), mais il a fallu attendre les années 1990 pour que soient désormais envisagées avec plus d'acuité ces époques de transition que sont l'Antiquité tardive et le haut Moyen Âge. Cette impulsion a cependant préférentiellement touché l'histoire religieuse, l'histoire du peuplement et, plus généralement, la genèse et la topographie de la ville et du village (Réunion Des Musées Nationaux 1989, p. 352-417 ; Schneider 2000 ; Faton 2006, p. 32-45, 102-107 ; Schneider 2007b). À propos de l'artisanat et de l'économie, au mieux une vision plutôt misérabiliste prédomine, quand ces aspects ne sont celle-ci ou bonnement négligés du discours (Heers 1968, p. 31-38 ; Fourquin 1975, p. 365-367 ; Chapelot, Fossier 1980, p. 24-25, 29-30 ; Contamine 1997, p. 38-39 ; Feugère, Serneels 1998a, p. 259 ; Le Goff 1999a, p. 112-121, 127-137). Pourtant, des antinomies ont été relevées dans les études, notamment entre le statut de plus en plus privilégié du forgeron au sein la société alto-médiévale et le penchant besogneux et indigent que les recherches accordent à ses travaux pour illustrer un dur quotidien de labeur. Dans le fond néanmoins, les données accumulées sont toujours d'actualité et exploitables, et pour certaines, véritablement remarquables (Salin 1939 ; Salin, France-Lanord 1943 ; Salin 1952-1959). Le problème n'est pas tant la véracité des renseignements collectés, mais leur discernement et leur conceptualisation. Les faits archéologiques alto-médiévaux ont souvent été manipulés en comparaison avec l'Antiquité romaine ou le Moyen Âge central. Ainsi, leur traitement souffre souvent d'une sorte d'anachronisme de jugement qui dégrade, ou du moins rabaisse, l'image de la réalité qu'ils représentent.

Organisé chronologiquement, notre discours concerne en premier lieu les forges des agglomérations secondaires gallo-romaines. Davantage connues et souvent mieux conservées, celles-ci permettent de dresser une première série de principes régissant le fonctionnement d'une forge d'habitat groupé. D'un côté, la pérennité et la structuration des aménagements métallurgiques sont distingués sur la base de l'ilot VI d'*Olbia* (Hyères, 83) à la transition de notre ère. De l'autre, la diversité et la spécialité des travaux et des productions métallurgiques sont illustrées à partir de la forge de Lunel-Viel (34) au milieu du II^e siècle. Dans un second temps, ces prédispositions sont ajustées et relativisées en fonction des positions économiques particulières que peuvent adopter certains établissements dans leur environnement au cours de leur évolution. Nous prendrons ici pour exemple l'atelier métallurgique de la station routière d'*Ambrussum* (Villetelle, 34) durant les deux premiers siècles de notre ère. Enfin, sur la base de ces connaissances faites de différentes facettes, le devenir du travail du fer au début du Moyen Âge est examiné à travers les forges de l'habitat perché du Roc de Pampelune (Argelliers, 34) au VI^e siècle.

Les sites ont été choisis au sein de deux fourchettes chronologiques : le Haut-Empire et l'Antiquité tardive. Ceci tient aux sources, à leur nature et à leur disponibilité. En Narbonnaise, en effet, le Haut-Empire est riche de nombreux vestiges correctement conservés et particulièrement

documentés. Il est surtout, à partir de l'époque augustéenne, le théâtre de programmes monumentaux de constructions et de réorganisations qui visent à normaliser l'occupation du sol sous la pression de la tradition romaine et, cela, avec une certaine stabilité au moins jusqu'à la fin du II^e siècle – aménagements routiers et urbains, centuriations, créations de *villae*... Le Haut-Empire de Narbonnaise renvoie donc l'image d'un tableau plutôt stable, reconnu autant dans les villes que dans les campagnes. Il constitue ainsi un soubassement particulièrement propice pour établir aisément un fondement à notre travail. *A contrario*, le Bas-Empire est peu représenté dans nos travaux à cause de raisons pratiques. Les contextes de cette époque sont souvent des mutations des occupations antérieures qui doivent supporter des études fines et délicates en inadéquation avec notre sujet qui cherche, pour l'instant, à défricher un thème (Fiches 1996). De plus, constituant la partie supérieure des gisements, ces occupations dites tardives sont fréquemment très arasées, voire lacunaires. Cette documentation est donc retranchée momentanément pour privilégier des temps plus intelligibles. C'est le cas de la fin du V^e siècle et du VI^e siècle qui forment une époque plus commodément appréciable dans nos régions parce qu'elle présente une certaine maturité face au changement introduit depuis le III^e siècle (Schneider 2007a, p. 19-29 ; Schneider 2007b). Outre des évolutions, elle rassemble également des fondations *ex nihilo* qui permettent d'aborder des vestiges sans se soucier des recoupements et des pollutions notoires dans les occupations multiples. La situation est, en quelque sorte, plus affirmée et illustre plus ostensiblement le premier pas effectué par la société vers le Moyen Âge. De fait, les vestiges sont plus commodément lisibles et favorables pour porter notre recherche.

1. DES TRAITES COMMUNS

1.1. PÉRENNITÉ ET STRUCTURATION DES AMÉNAGEMENTS : L'ÎLOT DES FORGERONS À *OLBIA* AU DÉBUT DE LA PÉRIODE ROMAINE (HYÈRES, 83)

À l'origine, *Olbia* de Provence (Hyères, 83) est une fondation massaliète établie vers 325 avant notre ère dans un contexte de colonisation et de sauvegarde maritime pour dissuader les pirates salyens et ligures et, éventuellement, pour servir d'escale sur la route maritime reliant les côtes provençales à l'Italie. Directement installée à l'ouest de l'isthme de la presqu'île de Giens, en face des îles d'Hyères, *Olbia* disposait vraisemblablement à l'époque d'un passage maritime vers l'est, dans le tombolo alors en cours de formation (fig. 37). Ainsi ouverte sur la Méditerranée de part et d'autre, elle est située sur un emplacement stratégique, au point le plus méridional de la côte provençale. Divisée en quarante îlots semblables, préétablis selon un plan orthonormé de type hippodaméen, elle occupe un carré fortifié de 161 m de côté (Février *et al.* 1989, p. 216-221) (fig. 38). Restant probablement sous le contrôle de Marseille en 49 avant notre ère – reddition de Marseille à César – et intégrant peut-être la cité d'Arles dans le II^e siècle de notre ère, *Olbia* est habitée dans sa forme originelle au moins jusqu'aux III^e-IV^e siècles de notre ère, mais reste occupée selon des modalités mal définies jusqu'au VII^e siècle (Ollivier *et al.* 2005 ; Brun 2006).

Lors de sa fondation, *Olbia* n'est pas un comptoir commercial, mais elle devient probablement, dès le II^e siècle avant notre ère, un lieu de transit entre le continent et la Méditerranée, comme cela est clairement attesté sous le Haut-Empire (Brun 2006). À la fois débouché pour des matières et des objets venus d'Orient et d'Occident et destinés aux établissements de l'intérieur des terres, *Olbia* sert aussi à l'exportation du vin et de l'huile produits dans les nombreuses *villae* connues dans les environs. Centre de commerces, cette fondation est également un lieu de sociabilité concentrant un rôle religieux indéniable et des services tels des thermes et de nombreux commerces ayant pignon sur la rue principale qui, partant de la porte monumentale, traverse l'agglomération en son milieu d'est en ouest (fig. 38).

Des IV^e-III^e siècles avant notre ère à la première moitié du I^{er} siècle de notre ère, une forge propose ses services sur cette rue principale, à deux pâtés de la porte principale, dans l'îlot VI (fig. 38). Notre contribution s'attache spécialement à analyser le dernier état de cet atelier métallurgique – à la transition de notre ère – dans le dessein de révéler deux des traits caractéristiques des forges d'habitat groupé : la pérennité et la structuration des aménagements

métallurgiques. Ce choix chronologique découle du cadre de notre étude, mais il tient aussi à la conduite des fouilles qui se sont effectuées très récemment sur les niveaux les plus anciens – les plus profondes couches ont été fouillées durant les campagnes 2006 et 2008.

1.1.1. UN ATELIER CORRECTEMENT ÉTABLI

LA FORGE DE L'ÉPOQUE ROMAINE : UN ATELIER PARMI D'AUTRES !

Fouillé à partir de 1947 par Jacques Coupry, le site d'*Olbia* est réinvesti depuis 1982 par Michel Bats qui a concentré l'exploration essentiellement sur un îlot d'habitation : l'îlot VI (Bats 2006 ; Ollivier 2006). Donnant sur la rue centrale à deux pâtés de la porte principale, celui-ci se présente sous la forme d'un rectangle (34,5 x 11 m) qui a connu, à l'époque romaine, l'évolution interne complexe d'un habitat, tantôt couplé à des entrepôts, notamment d'amphores, tantôt associé à des magasins (Bats *et al.* 2006a) (fig. 38). Un de ses aspects remarquables tient surtout au fait que, de sa fondation jusqu'à une trentaine d'années avant son abandon, il abrite au moins un atelier de forge. On serait ainsi tenté de le nommer « l'îlot des forgerons ».

En effet, dès la fin du IV^e siècle avant notre ère, un premier atelier métallurgique est implanté dans une pièce qui occupe la partie nord-occidentale de la construction – secteur 9, moitié ouest (fig. 39). Ensuite, avant le milieu du II^e siècle avant notre ère, cette forge est déplacée dans l'espace mitoyen immédiatement à l'est de la précédente tout en conservant la partie ouest comme dépendance – secteur 9, moitié est (fig. 40). Ici, l'exercice est attesté jusque dans les années 40/30 avant notre ère. Cependant, à partir des années 75 avant notre ère, cette activité métallurgique est dédoublée pour dorénavant occuper deux lieux : la salle nord-orientale et, à l'opposé, la pièce sud-orientale de l'îlot – secteur 2 (fig. 40). Dans les années 40/30 avant notre ère, le bâtiment est profondément restructuré. La totalité des installations de forge est alors à nouveau déplacée et concentrée dans une unique pièce située dans le cœur de l'îlot – secteur 7B (fig. 41). Ce stade matérialise la dernière phase de l'activité métallurgique qui est abandonnée aux environs de 20 de notre ère (Bats *et al.* 2006b ; Bouet, Bats 2006). Il fait l'objet d'une analyse détaillée plus avant. L'occupation du bâtiment perdure jusqu'aux années 50, jusqu'au moment où il subira un important incendie qui le ravage totalement. Après un début de réoccupation, vite abandonnée, l'espace reste libre de toute construction (Andreau, Bats 2006a ; Andreau, Bats 2006b). Plus tard, entre les années 475 et 650, la zone est réoccupée. L'habitat se matérialise sous une forme plus difficilement discernable, dont il ne subsiste que des fosses et des fonds de cabane (Tréglià 2006). L'aspect singulier de cette réoccupation est qu'elle abrite à nouveau une activité de forge importante, sans relation aucune avec la précédente (Ollivier *et al.* 2005).

DES AMÉNAGEMENTS TYPIQUES

Dans l'îlot VI d'*Olbia*, le début de la période romaine – dans les années 40/30 avant notre ère – est marqué par la restructuration de l'îlot, alors organisé en trois parties distinctes (fig. 41). Le tiers sud est conçu comme une adaptation locale de maison à *pastas*, une habitation organisée autour d'un vaste couloir-galerie desservant toutes les pièces. À l'opposé, au contact de la rue principale, le tiers nord de l'îlot est dévolu à un magasin « indéterminé » (Bats *et al.* 2006b ; Bouet, Bats 2006). Enfin, la partie centrale de l'îlot est occupée par un atelier de forge en fonction jusqu'aux années 20 de notre ère.

Deux foyers de forge excavés dans le sol d'occupation structurent l'espace métallurgique localisé dans la partie centrale de l'îlot VI – secteur 7B.

Le premier foyer (FY61164) est formé d'un creusement circulaire d'un diamètre interne de 30 cm et d'une profondeur de 8 cm (fig. 42 et 43). Ses parois sont très rubéfiées sur plus de 10 cm d'épaisseur. Sa fonction métallurgique ne laisse guère de doute, puisqu'il présente un comblement cendreuse associé à quelques petites scories. Ce foyer est pourvu, immédiatement au nord, d'une brique en terre cuite disposée sur le champ (60 x 15 cm, US61191), dont il ne subsiste que la partie fichée dans le sol. Même si aucun orifice n'est visible, suivant une disposition traditionnelle, sa fonction d'écran thermique pour un soufflet paraît la plus évidente (Serneels 1998, p. 27-29 ; Serneels *et al.* 2004, p. 87-89).

Le second foyer de forge (FY61166) est beaucoup plus massif (fig. 42 et 43). Il comprend un creusement oblong important (100 x 40 cm) avec un profil en cuvette d'une profondeur moyenne de 15 cm qui présente un pendage longitudinal d'est en ouest. Son extrémité la plus profonde comporte un surcreusement circulaire d'une quinzaine de centimètres de diamètre, dont l'existence demeure problématique : soit un reliquat d'un aménagement plus ancien, soit un dispositif encore indéterminé interne au foyer de forge. La rubéfaction des parois est moins prononcée que dans l'autre foyer, mais elle s'étend principalement dans sa partie centrale sur 2 à 4 cm d'épaisseur. À ce même endroit, directement au nord, un muret en blocs de calcaire – non brûlés – et en fragments de meule est conservé sur une assise (50 x 15 x 15 cm). De la même manière que dans le foyer précédent, ce dernier était très probablement censé protéger un soufflet, positionné en arrière, au nord. Ce muret était doté, côté foyer, d'un revêtement d'argile retrouvé effondré sur le comblement cendreuse de la forge (US61184). Celui-ci permettait de protéger le calcaire susceptible d'éclater sous la chaleur, mais surtout d'aménager précisément une sortie à l'air, lequel était insufflé par le soufflet dans la tuyère.

Toujours du côté nord du foyer de forge oblong (FY61166), à une vingtaine de centimètres, juste derrière le muret, une nouvelle fosse trapézoïdale (FS61187) non rubéfiée d'environ 1 m de côté est creusée sur une petite profondeur (10 cm), très certainement pour accueillir le soufflet de la forge et aménager son emplacement (fig. 42 et 43).

Dans cette dernière fosse (FS61187), une poche de sable grossier a été individualisée au nord-est du creusement (US61187). Un comblement identique a également été découvert dans un fond d'amphore (US61247) disposé dans la tranchée de fondation du mur sud de la forge (MR6192), à 1,5 m du foyer de forge oblong (FY61166). Tous deux pourraient être des vestiges

de stockage de matières sableuses, ajoutés couramment utilisés dans les travaux de forge, notamment pour réaliser les soudures en limitant la formation d'oxydes.

L'atelier de forge est également muni d'une enclume en galet en roche métamorphique (34 x 26 cm, US61200) (fig. 42, 43 et 44). Celle-ci a été découverte fichée à demi dans le sol, dans le prolongement oriental du foyer oblong (FY61166). Sa surface supérieure est couverte de nombreuses cupules et incrustée d'oxydes de fer, témoins de son utilisation comme support de frappe.

Dans les mêmes niveaux de fonctionnement, il existe dans la partie nord de la pièce (secteur 7D) un aménagement de chauffe, dont la fonction demeure problématique (fig. 41). Il est constitué d'un sol carré en béton (SL61159/61128, 168 x 172 cm), vestige d'un sol précédent, construit contre le mur ouest de l'îlot et associé, sur son côté est, à un foyer sommaire installé sur des fragments de paroi de *dolium*. Le pendage du béton permettait à des liquides chauffés sur le feu de s'écouler dans la rue par l'intermédiaire d'un orifice d'évacuation retrouvé percé dans le mur. Leur écoulement a imprégné le béton d'un dépôt noirâtre apparemment gras. Cet aménagement ne possède pas une forme métallurgique et ne livre aucun mobilier associé au travail du fer. Sa proximité avec la forge ne permet cependant pas d'envisager une fonction domestique, mais argumente davantage dans le sens d'une installation artisanale plus ou moins complémentaire du forgeage, employant des matériaux non métalliques (Serneels *et al.* 2004, p. 96-97).

DES DÉCHETS HOMOGENES

À la période romaine, dans tout l'îlot VI (356 spécimens pour 9155 g), les scories se trouvent principalement dans l'espace artisanal (le secteur 7B renferme 328 éléments pour 8405 g) (fig. 46). Ici, elles sont essentiellement présentes dans les niveaux d'abandon du foyer de forge oblong et de la fosse peu profonde où était installé le soufflet (FY61166 et FS61187 livrent 151 éléments pour 5900 g). Dans l'état de fonctionnement, les déchets sont, en effet, très peu nombreux (90 éléments 1940 g). Cette rareté est d'autant plus flagrante que seule une très petite partie est épanchée autour de l'aire de forgeage (US61148). La majorité est concentrée sous la forme d'un tas, dans un petit dépotoir aménagé dans l'angle sud-ouest de la pièce (US61148 : 67 éléments pour 1440 g). Quant aux pièces métalliques, elles sont pratiquement inexistantes, puisque aucun élément associé à l'activité métallurgique n'a été découvert, hormis cinq petits spécimens indéterminés très hydroxydés.

Dans l'atelier de forge, le lot de scories se distribue principalement en deux ensembles : d'une part, les scories en culot caractéristiques du travail de forge (15 éléments pour 1780 g) et, d'autre part, les scories informes moyennement denses souvent formées de fragments de scories en calotte (305 éléments pour 4760 g) (fig. 46). Tous les culots de forge possèdent une forme plano-convexe similaire, qu'ils proviennent du dépotoir ou du foyer de forge. Dans les deux lieux aussi, leur masse (entre 100 et 150 g) et le rayon de courbure de leur face inférieure (entre 18 et 22 cm) sont sensiblement identiques. Les battitures forment le troisième lot de déchets métallurgiques (1755 g) (fig. 45). Elles proviennent essentiellement du foyer oblong (FY61166) et

des alentours immédiats de l'enclume en galet. Elles sont le plus souvent lamellaires, mais elles peuvent parfois être globulaires ou en bille.

L'analyse métallographique a porté uniquement sur les culots de forge, ici seul type de support susceptible de préciser cette activité (fig. 47 et 48). Les scories en calotte étant toutes de morphologie très similaire, deux échantillons ont été prélevés dans le lot provenant du dépotoir (US61148 ; échantillons 61148.1 et 61148.3) et deux autres dans le corpus que livrent les couches d'abandon du foyer oblong (US61167 ; échantillons 61167.1 et 61167.2). Leur examen macroscopique et micrographique dévoile des particularités communes. Les quatre échantillons sont, en effet, caractérisés par une très grande homogénéité structurale. Leur matrice fayalitique, généralement à lattes, renferme toujours un nombre important de globules de wustite, issus de la dissolution des battitures essentiellement globulaires et lamellaires, et de la réoxydation à chaud d'un semis très épars de fragments et de billes métalliques ferritiques – moins de 1 % de la section.

1.1.2. UN FONCTIONNEMENT RÉGLÉ

MUTATION OU MULTIPLICITÉ DES ESPACES DE TRAVAIL ?

Durant la période romaine, l'atelier de forge de l'îlot VI – de 40/30 avant notre ère aux années 20 de notre ère – possède deux foyers de forge excavés à 50 cm d'intervalle (FY61164 et FY61166). Leur contiguïté pose la question de leur contemporanéité et de leur utilisation simultanée.

À première vue, les deux foyers semblent destinés à chauffer des objets pour qu'ils soient ensuite façonnés à chaud ; la seule différence réside dans les dimensions du foyer oblong qui autorisent la manipulation de pièces plus volumineuses et donc plus variées (fig. 42 et 43). Suivant ce raisonnement, l'organisation des lieux paraît peu propice à l'utilisation des deux foyers par un même forgeron ; leur zone d'utilisation se chevauchant notamment pour accéder à l'enclume en galet localisée à l'est du foyer oblong. Il pourrait donc être envisageable que les deux foyers ne fonctionnent pas simultanément, du moins dans leur forme d'origine. Suivant cette hypothèse, l'arasement accentué du foyer circulaire (FY61164) et de sa brique en adobe tend à montrer que la dernière forge en activité est le foyer oblong (FY61166), d'ailleurs encore doté de son muret en élévation. Cette éventualité est soutenue, d'un côté, par le rayon de courbure des culots conservés qui reproduisent peu ou prou le fond du foyer oblong et, de l'autre côté, par l'emplacement de l'enclume en galet. Dans le même temps, le foyer rond n'est pas forcément abandonné. Il peut avoir servi de foyer secondaire, dit d'attente, ou de réserve de charbon de bois.

En considérant avec plus d'attention l'éventuelle complémentarité fonctionnelle des aménagements, une vue alternative sur la question se dessine cependant. Cette piste trouve son fondement dans le taux différentiel de rubéfaction des deux foyers : la forge circulaire (FY61164) dispose de parois à peine indurées mais chauffées profondément sur 10 cm, tandis que l'oblongue

(FY61166) possède des parois très solidifiées sur seulement 4 cm. Cette différence est difficilement imputable à la seule utilisation prolongée ou non des foyers de forge. En effet, le temps de chauffe engendre plus généralement une détérioration de la paroi – et par la suite un rechapage – qu’une rubéfaction profonde des contours. De plus, si l’on considère les ateliers de forgeage antérieurs à la période romaine de l’îlot VI, on constate que toutes les forges employées sont oblongues ou rectangulaires. Le foyer circulaire forme une sorte de singularité sans précédent ni continuation. Il apparaît donc difficile de voir en lui une simple forge. Il pourrait s’agir davantage d’un aménagement métallurgique particulier, sans rapport avec la chauffe des objets destinés à être martelés. On peut alors envisager, vu la rubéfaction profonde et diffuse, qu’il s’agit d’un foyer de cémentation. Cette opération ne nécessite pas forcément une température élevée, mais demande en revanche des temps de chauffe longs – à 920°C, environ 0,02 % de C sont transférés sur 1 mm d’épaisseur au métal – dans un milieu préférentiellement confiné pour accentuer les transferts gazeux entre les ciments et le métal. Le foyer circulaire se prête particulièrement à cette pratique et en dévoile également les stigmates. Suivant cette alternative, la filiation entre les scories, l’enclume et le foyer oblong (*cf. supra*) ne serait pas à remettre en question. Le foyer circulaire (FY61164) serait un aménagement complémentaire au véritable foyer de forge de forme oblong (FY61166). Aujourd’hui, nous privilégions cette seconde éventualité.

D’après l’organisation spatiale de l’atelier, notamment l’emplacement du foyer oblong (FY61166) et de l’enclume adjacente, il semble que le forgeron soit droitier. En effet, au risque de se brûler, il ne peut que saisir le métal chauffé avec la pince de la main gauche, pour frapper avec le marteau de la main droite sur l’enclume située toujours à droite (fig. 42 et 43). La présence d’une seconde personne dans l’atelier paraît également probable, puisqu’il est impossible d’actionner le soufflet et de chauffer en même temps une pièce, les espaces de travail étant diamétralement opposés. D’après les enquêtes ethnographiques réalisées en Afrique et les témoignages modernes sur les forges occidentales, cette personne est souvent considérée comme « l’apprenti ». Sa fonction de second lui permet de se former notamment en observant le « maître » à la place privilégiée du souffleur (Martinelli 1993 ; Martinelli 1996 ; Hahn 1997).

LA MAÎTRISE DE L’EXERCICE, LA GESTION DES DÉCHETS

Cette organisation établie est mise au service d’un travail également maîtrisé et routinier. En effet, la petitesse et le calibrage des culots – entre 100 et 180 g – sous-tendent une production de déchets relativement faible et un nettoyage régulier du foyer. Cela témoigne de la volonté de contrôler au mieux les cycles de chauffe, afin d’estimer visuellement la température. Les analyses métallographiques confirment ces informations en mettant en évidence l’exécution de cycles de chauffe homogènes, réguliers, relativement élevés en température, et plutôt courts, pour certainement limiter les pertes au feu et éviter les modifications structurales des métaux travaillés. Ces caractères discriminants signalent donc le fonctionnement presque routinier d’une forge de fabrication organisée autour de savoir-faire et de coutumes maîtrisés.

En conséquence, si l'organisation de l'atelier et du travail trouvent une cohérence certaine et témoignent de l'existence d'une activité établie de qualité, il existe en revanche une disharmonie – au moins en apparence et de prime abord – avec le peu de déchets que la forge renferme, qui plus est, quand on sait que ces derniers se retrouvent principalement dans les niveaux d'abandon. Dans la phase d'utilisation, pratiquement tous les rebuts sont regroupés dans un tas situé dans l'angle sud-ouest de la pièce (US61148). L'aire de forgeage est particulièrement propre, à l'exclusion de quelques très rares scories résiduelles éparpillées sur le sol. Plutôt que de voir une petite activité ne générant que peu de déchets, dans cette situation, il apparaît plus à propos de considérer avec acuité la gestion des déchets. L'existence du tas semble d'ailleurs assurément liée à la préparation de leur rejet hors de l'emprise de l'îlot, voire de l'agglomération. Le peu de scories contenu dans ce dépotoir temporaire signale également que cette pratique est régulière et fréquente. Elle matérialise la première étape d'une gestion méthodique et incarne, de fait, une organisation rigoureuse de l'espace artisanal en accord avec structuration des aménagements métallurgiques. Cette gestion sans ambiguïté des déchets permet de garder l'espace de travail propre et probablement de récupérer tous les éléments métalliques afin de les réinsérer dans la production. Ce dernier aspect est particulièrement significatif ici, puisque pratiquement aucune pièce métallique n'a été découverte dans l'atelier. Si cette pratique régulière du nettoyage et de l'évacuation des déchets s'inscrit dans une dynamique plutôt urbaine (Vidal 1998 ; Monteil *et al.* 2003, p. 129 ; Naizet 2003, p. 192) et si elle altère tout calcul sur la quantification des travaux, elle vient en revanche corroborer l'hypothèse d'une activité régulière de forgeage entre les années 40/30 avant notre ère et 20 de notre ère à *Olbia*.

1.1.3. UNE ACTIVITÉ RÉGULIÈRE ET ORGANISÉE

Durant la période romaine – de 40/30 avant notre ère à 20 de notre ère –, dans l'atelier de forge de l'îlot VI, le nettoyage des espaces artisanaux, la gestion des déchets et le probable recyclage du fer oblitèrent une grande partie des connaissances que nous pouvions espérer glaner autour de la production métallurgique qui, du reste, relève d'un travail parfaitement maîtrisé au regard des scories. Partant apparemment désavantagée, notre étude se fonde justement sur ces éléments pour mettre en exergue des aspects capitaux de l'activité métallurgique d'*Olbia* et, plus communément, des habitats groupés.

À l'échelle de l'époque romaine comme à celle de l'histoire du bâtiment, il est possible d'apprécier la régularité de l'activité comme des comportements artisanaux. L'îlot VI d'*Olbia* constitue même un cas d'école en la matière, car il illustre avec une lisibilité remarquable la pérennité et la structuration des travaux métallurgiques, une des caractéristiques communes des forges établies dans les habitats groupés. Si l'on exclut l'occupation tardo-antique, totalement distincte des précédentes, l'îlot dans son état primitif est occupé pratiquement quatre siècles, certes, avec de multiples modifications structurelles, mais sans hiatus. Dans ce laps de temps, l'activité de forge occupe une place primordiale puisqu'elle se retrouve durant près de trois siècles

et demi. Plus encore, pendant pratiquement trois siècles, elle ouvre directement sur la rue principale. Il ressort donc de cette lecture générale une forte impression de fixation topographique de l'activité de forge, laquelle est de plus assortie et accentuée par un emplacement stratégique indéniable. Cet ancrage privilégié signe tant la pérennité que la visibilité affichée des installations de forge à *Olbia*. De telles situations avaient déjà été remarquées et mentionnées dans d'autres agglomérations secondaires, notamment de l'est de la Gaule (Bénard *et al.* 1994, p. 226 ; Mangin *et al.* 2000a, p. 356-359 ; Mangin *et al.* 2000b, p. 178). Elles ne sont pas spécifiques aux ateliers de forge. L'ensemble des boutiques se place souvent à des emplacements semblables en ayant, au moins une situation avantageuse en bordure d'une voie importante, sinon une position privilégiée et pérenne.

À une échelle plus fine, la pérennité des installations métallurgiques semble également liée à la forte structuration des aménagements comme des comportements métallurgiques. L'exemple de l'îlot VI à l'époque romaine est particulièrement éloquent. L'atelier est fortement organisé autour d'installations fonctionnelles, avec des foyers distincts adaptés à des opérations spécifiques, une enclume, des zones de circulation et de stockage ... Dans cette mise en exergue de la structuration des travaux de forge, les aménagements ne sont pas les seuls témoins. Le comportement des forgerons est également appréciable. À ce titre, le nettoyage régulier de l'atelier et l'évacuation organisée sont singulièrement révélateurs et doivent être considérés comme le gage d'une activité régulière, plus que comme l'indice d'un travail occasionnel. Enfin, pour revenir à une échelle plus petite, la localisation de la forge au bord de la rue principale, à deux pâtés de la porte centrale, souligne aussi ce souci de structuration dans l'organisation interne de l'agglomération.

Si éclatante soit la lisibilité de la lecture de la pérennité et de la structuration des travaux métallurgiques, cela tient pour beaucoup au fait qu'*Olbia* est un habitat dont la fondation est préétablie et dont l'évolution ne déstructure pas cette organisation primitive. Tous les établissements n'ont pas une genèse aussi stricte. La plupart se construisent au cours de leur évolution et s'agglomèrent petit à petit et/ou au coup par coup, au cours de temps forts. C'est le cas de Lunel-Viel qui permet, d'une part, de confronter à des situations plus complexes les principes caractéristiques dégagés par l'analyse d'*Olbia* et, d'autre part, de souligner deux nouveaux aspects communs aux ateliers de forge d'habitats groupés : la diversité et la spécialité des travaux et des productions.

1.2. DIVERSITÉ ET SPÉCIALITÉ DES TRAVAUX ET DES PRODUCTIONS : LA FORGE DE LUNEL-VIEL (34) AU MILIEU DU II^E SIÈCLE

Localisée dans la plaine littorale, à 7 km au sud-ouest d'*Ambrussum*, entre les étangs lagunaires et les collines des garrigues, Lunel-Viel est une agglomération secondaire dont la genèse ne partage aucun point commun avec *Olbia* (cf. *supra*) (fig. 49 et 50). Si sa fondation obéit à une trame dictée par le croisement d'un *decumanus* et d'un axe médian de centurie du Haut-Empire, elle n'a, en effet, rien de préétabli (Raynaud 2007, p. 85-93). Les premières traces de l'occupation remontent au II^e siècle avant notre ère, mais, largement bouleversées par les aménagements gallo-romains, elles sont difficilement qualifiables. C'est entre les années 50 et 80/90 de notre ère que l'agglomération secondaire gallo-romaine de Lunel-Viel est réellement fondée, selon toute vraisemblance dans le cadre d'un programme de *normatio* du paysage dont participe la centuriation. La croissance véritable et la densification de l'habitat se confirment ensuite, de la fin du I^{er} au milieu du II^e siècle. La voirie, rigoureusement aménagée, est alors détournée du cœur de l'agglomération qui devient un véritable carrefour au sens économique et fonctionnel du terme. La croisée du chemin initiale est transformée en une large rue en cul-de-sac, une sorte de place-impasse qui devait probablement servir de lieu de marché. Le caractère urbain de l'établissement est donné par l'agglomération des habitats et par la présence de deux thermes, d'un édifice de plan basilical – qui est peut-être une palestre – et d'un espace cultuel. Passé ce stade, Lunel-Viel connaît une période de stabilité jusqu'au début du III^e siècle, date à laquelle elle entame une longue mutation jusqu'au déploiement progressif du village à partir du milieu IV^e siècle (Raynaud 2007, p. 85-93).

De 1979 à 1992, Lunel-Viel a été explorée par Claude Raynaud sur plus de 3000 m² (Raynaud 2002a). Au cours de ces travaux, plus de 140 kg de scories ont été découverts dans les niveaux datés du I^{er} au III^e siècle. Face à cet important lot de déchets, seul un atelier métallurgique clairement défini a été mis au jour au centre de l'agglomération (Raynaud 1998, p. 159-161). Daté du milieu du II^e siècle, il est installé dans la pièce 5-6-8 de la maison A, une habitation fondée au début de ce siècle sur la base d'une adaptation locale d'un modèle italique de maison à cour centrale (fig. 50 et 51). À l'origine, la pièce 5-6-8 est dotée d'une fosse large et profonde qui servait d'exutoire pour des latrines, marque d'une demeure bien organisée et d'un certain confort (fig. 53). Une fois la fosse remblayée au milieu du II^e siècle, cela permet de

transformer momentanément la pièce en atelier métallurgique, avant de trouver un autre usage plus incertain (Raynaud 2007, p. 55-59).

À Lunel-Viel, si la forge conservée dans la pièce 5-6-8 de la maison A n'a fonctionné que durant quelques décennies, elle a le mérite de sceller un instantané facilement lisible, qui plus est, riche de nombreux rebuts abandonnés sur place au moment du déplacement. Leur analyse détaillée permet de compléter la vision rendue par l'étude d'*Olbia* en cernant deux des autres traits caractéristiques des forges d'habitats groupés : la diversité et la spécialité des travaux métallurgiques et des productions, deux notions de prime abord antinomiques. La discordance entre le nombre important de déchets découverts sur la totalité du site et la brièveté du fonctionnement de l'atelier invite aussi à s'interroger sur la valeur que l'on doit accorder à l'un et à l'autre de ces vestiges au regard de la longue durée d'occupation de Lunel-Viel et des enseignements acquis à partir de l'examen d'*Olbia*.

1.2.1. LE FONCTIONNEMENT DE LA FORGE

LA SUCCESSION RAPIDE DE DEUX ÉTATS

À Lunel-Viel, au sein du quartier central, dans la pièce 5-6-8 de la maison A, deux états d'un atelier métallurgique se succèdent au milieu du II^e siècle de notre ère (phase IIIb).

Peu de vestiges se rapportent au premier état de la forge. Seule, au centre de la pièce, une couche d'argile lissée et chauffée (US2096) matérialise l'aménagement de l'atelier – elle s'étend sur 2 m² avec une épaisseur qui varie de 3 à 5 cm. La rubéfaction à la fois légère et générale de ce niveau signale une activité produisant beaucoup de chaleur, sans que la source ne soit pour autant précisément localisée, ni caractérisée. C'est la couche charbonneuse, directement étalée par-dessus (US2085), qui détermine l'office métallurgique exercé. Fortement chargée en scories, celle-ci représente à elle seule le fonctionnement du premier état de la forge.

Le second état de la forge est plus riche. Lui aussi s'organise sur une épaisse couche d'argile uniformément rubéfiée (US2084) qui se superpose pratiquement à l'identique sur la surface précédemment utilisée. Si sa mise en place n'est pas datée précisément, elle intervient dans la continuité du premier état, vers le milieu du II^e siècle. Sa raison d'être tient certainement à tassement du sol utilisé par le(s) forgeron(s) au niveau du comblement des anciennes latrines (fig. 53). C'est sur cette fosse, comblée (US2046) vers la fin de la première moitié du II^e siècle (phase IIIa), que s'organise la forge. Encore meubles, les sédiments se sont probablement affaissés progressivement durant l'utilisation des lieux, jusqu'au moment où l'occupation est devenue impraticable (Raynaud 1998, p. 159). Un nouveau colmatage était donc nécessaire pour retrouver une certaine planéité. Le second état répond probablement à cette exigence. Deux installations excavées structurent la surface argileuse rubéfiée de celui-ci : au centre, une cuvette de 50 cm de diamètre encerclée de quelques pierres fichées en oblique, et, à une vingtaine de centimètres au sud-ouest, une panse d'amphore gauloise 4 enfoncée dans le sol (fig. 52). Étant

fortement rubéfiée, la cuvette a probablement servi de foyer de forge, tandis que le fond d'amphore a vraisemblablement été employé comme récipient pour de l'eau ou des ajouts. L'unité artisanale est abandonnée au début de la seconde moitié du II^e siècle (phase IIIb), lorsqu'un épais remblai (US2045), fortement chargé en mobilier métallurgique, est étalé sur toute la superficie de la pièce dont l'usage devient alors incertain, mais ne semble plus lié à l'activité métallurgique (Raynaud 2007, p. 56).

UN ATELIER RICHE EN MOBILIER

Le mobilier métallurgique rattaché à la forge du milieu du II^e siècle de la maison A est abondant et diversifié (fig. 54). Il compte plus de 29 kg de scories et 7 kg d'éléments métalliques, soit respectivement huit cent quarante-deux et sept cent quarante-deux exemplaires. Les couches relatives aux deux états de l'atelier sont décrites conjointement, car elles présentent des vestiges en proportion similaire, même si le premier état regroupe, en masse comme en nombre, un lot de mobilier métallurgique bien moindre par rapport au second – 3 kg pour le premier état (US2085) ; 34 kg pour le second (US2045). Mentionnons également qu'à la différence du second état, le premier ne livre pas de fragment de paroi de four, ni de morceau de tuyère.

Au sujet des scories découvertes, les deux états partagent de nombreuses caractéristiques. Dans les deux phases, l'essentiel des déchets est des scories informes – 42 % de la masse et du nombre des scories (fig. 54). Quant aux culots de forge, ils composent un ensemble relativement important – respectivement 8 % et 31 % du nombre et de la masse des scories (fig. 55). Si ces deux données sont conformes aux contextes de forge, deux aspects plus remarquables doivent être soulignés. D'une part, on compte, dans une fourchette sensiblement équivalente aux culots, une importante proportion de scories coulées – respectivement 40 % et 20 % du nombre et de la masse de déchets. D'autre part, le corpus scoriacé ne renferme aucune scorie peu dense.

En ce qui concerne le mobilier métallique, il rassemble principalement des chutes de forge dont la très grande majorité, de petite taille, est totalement hydroxydée – respectivement 82 % et 40 % du nombre et de la masse du mobilier métallurgique (fig. 54). Seuls les plus volumineux spécimens sont correctement conservés – respectivement 2 % et 8 % du nombre et de la masse du mobilier métallurgique. Dans de moindres proportions, on dénombre des plaques de taille variable – respectivement 8 % et 35 % du nombre et de la masse du mobilier métallique. Les clous et les tiges forment un lot sensiblement aussi fréquent. Certes, riches, toutes ces trouvailles restent cependant communes aux contextes de forge. *A contrario*, quatre outils et un demi-produit en forme de barre complètent le lot de façon plus exceptionnelle – un autre demi-produit a été identifié suite aux analyses métallographique (*cf. infra*). Enfin, des fragments de plomb et d'alliages cuivreux se retrouvent également dans le corpus en quantités non négligeables (fig. 54).

DES SAVOIR-FAIRE MAÎTRISÉS

Les analyses métallographiques ont porté autant sur les scories que sur le mobilier métallique en alliage ferreux, puisque leur rattachement à l'atelier est assuré par le contexte

archéologique et par la morphologie de certaines pièces ouvragées. Au total, dix scories en forme de culot ont été analysées, ainsi que sept pièces métalliques (fig. 56).

À l'image de l'assemblage scoriacé, les culots de forge livrent des résultats métallographiques très harmonieux (fig. 56). Deux groupes se distinguent néanmoins sans pour autant s'opposer. Le premier, majoritaire, est composé de culot avec une matrice fayalitique homogène fortement chargée en globules et en dendrites de wustite, lesquels proviennent de la dissolution de battitures essentiellement globulaires, parfois très grosses (1 mm) (échantillons 2045.1, 2045.2, 2045.3, 2045.4, 2045.6, 2085.2 et 2085.3) (fig. 58). Dans ce groupe de sept culots, cinq spécimens se discriminent en renfermant également des billes – parfois éclatées – et des fragments de métal, tout deux toujours non réoxydés. Le second groupe, minoritaire, renferme des culots qui se distinguent nettement du précédent avec une matrice, soit fayalitique, soit siliceuse, dans l'un comme l'autre cas, pratiquement toujours pure (échantillons 2045.5, 2045.7 et 2085.1) (fig. 57). Quelques îlots très localisés présentent une structure fayalitique plus traditionnelle avec de la wustite. Dans les deux configurations également, les culots sont parsemés d'un semi épars de billes – parfois éclatées – et de fragments de métal, toujours non réoxydés, comme dans l'autre groupe. Aussi, tout concourt à rattacher les cycles de chauffe de Lunel-Viel à des phases de travail hautes dans la chaîne opératoire et à minimiser toute épuration de matières premières sales. Ces phases hautes ne sont pas uniquement tournées vers la chauffe maîtrisée du métal à façonner, mais concernent aussi des cycles très spécifiques où sont mis en jeu de nombreux ajouts argileux et siliceux, employés pour réaliser des soudures, des trempes sélectives ou encore des cémentations. Mentionnons que l'existence des scories coulées en proportion importante doit être associée à ces phases de travail spécifiques. Si la réalisation de ces derniers travaux traduit sans conteste un travail totalement maîtrisé, les culots issus des phases de chauffe plus traditionnelles montrent un visage identique avec des pertes en métal minimales et une homogénéité qui illustrent une grande qualité technique. Enfin, la non-réoxydation de toutes les chutes métalliques observées dans les culots souligne que les phases de chauffe étaient préférentiellement réalisées dans des contextes réducteurs, en anaérobiose.

Du côté des pièces métalliques, les analyses métallographiques exposent une tout aussi grande maîtrise technique même si, comme dans tout atelier, des produits défectueux existent (échantillon 2045.13). L'analyse des quatre outils identifiés témoigne, en effet, d'un grand savoir-faire de grande qualité (fig. 56). En premier lieu, cette maîtrise des travaux de forge est visible dans l'homogénéité du métal façonné (échantillons 2045.9, 2045.10, 2045.11 et 2045.12). Cette homogénéité révèle autant l'application de compétences élevées pour réaliser l'épuration de finition que l'appréciation fine des différentes qualités d'alliage ferreux mises en œuvre, entre aciers et ferrite – fer doux. Ce dernier aspect est plus significativement perceptible dans l'emploi qui est fait de chaque alliage en fonction de la destination de l'objet. Par exemple, le ciseau (échantillon 2045.12) est entièrement composé d'un acier à 0,6-0,7 % de carbone pour profiter d'une matière dure, tandis que le très probable plomb de chantier (échantillon 2045.10) est en ferrite de manière à accentuer la ductilité requise pour cet instrument (fig. 56, 59 et 60). Le ciseau (échantillon 2045.12) indique aussi que cette connaissance de la qualité des alliages est couplée aux traitements thermiques qu'ils peuvent subir. Dans cet outil, la trempe sélective de la pointe de

L'objet montre, outre la qualité de son exécution, la parfaite connaissance des procédés et des comportements mécaniques qu'elle implique (fig. 56 et 59). Les traitements chimiques semblent aussi couramment utilisés. En effet, des objets certifient la réalisation de cémentation (échantillons 2045.11 et 2045.13). Ces deux sortes de traitements doivent être mises en relation avec le chauffage en foyer de forge réducteur – anaérobie –, mais aussi avec l'utilisation d'ajouts en nombre (*cf. supra*). Enfin, si la qualité du façonnage a déjà été mentionnée, il faut souligner la remarquable facture des soudures prenant parfois la forme d'enchevêtrements complexes afin de rendre l'assemblage plus solide, notamment dans le ciseau qui est élaboré à partir d'une soudure en gueule de loup (échantillons 2045.12).

DU DEMI-PRODUIT À L'OBJET

Deux pièces métalliques, dont la morphologie et la genèse sont distinctes, permettent de s'interroger sur l'origine et la qualité de la matière semi-finie travaillée. L'une est une barre massive (échantillon 2045.8 : 180 x 28 x 28 mm, 736 g) en très grande proportion ferritique (fig. 56 et 61). Directement issue d'une loupe, la masse de fer qui la compose est correctement épurée au sens strict du terme, mais elle est en revanche très moyennement compactée, puisque de nombreuses porosités parsèment encore le cœur de la pièce. Tranché à chaud à l'une de ses extrémités, ce demi-produit a certainement été débité pour être forgé. L'autre est une petite pièce (échantillon 2045.14 : 30 x 17 x 11 mm, 32 g) qui s'apparente à une chute, mais dont une extrémité a également été découpée à chaud (fig. 56 et 62). Constitué d'une superposition de sept feuilles de composition différentes – ferrite ou acier à 0,1 % de C –, ce demi-produit est issu de multiples phases de travail attenantes à l'épuration, mais surtout au forgeage traditionnel.

La morphologie et la structure de la barre ferritique 2045.8 témoignent de son importation. Il est, en effet, improbable que sa production soit intervenue sur place, laquelle nécessite de faite une phase de réduction et des phases d'épuration lourdes qui auraient été remarquées par des déchets caractéristiques produits en grand nombre. À l'inverse, la discordance entre le taux de compactage de la barre et celui des produits « finis » renseigne sur la réalisation de phase d'épuration de finition et confirme le savoir-faire des forgerons. La non-perception de ces phases d'épuration de finition dans l'analyse des scories montre combien il est difficile de discerner de tels travaux, tellement ils sont assimilés aux phases de forgeage traditionnelles liées à la fabrication d'un objet.

Quant au demi-produit composé d'un assemblage de feuilles (échantillon 2045.14), il est issu, soit d'une volonté spécifique déterminée pour servir à la fabrication d'un objet particulier, soit d'une pratique de recyclage pour récupérer les chutes métalliques et les réinjecter dans le circuit de production sous forme de « matière première ». Cette deuxième alternative paraît peu probable, d'une part, à cause de l'homogénéité structurale des feuilles assemblées, d'autre part, en raison de l'abondance du mobilier métallique dans l'atelier qui tend à restreindre cette pratique aux plus grosses pièces. Aussi, nous privilégierons l'hypothèse selon laquelle ce petit demi-produit constitue une forme particulière de « matière première » – importée ou produite sur place – destinée à fabriquer une variété limitée de pièces différentes de celles découlant de la barre

ferritique. D'ailleurs, les objets métalliques fabriqués reproduisent cette distinction. Certains sont directement dérivés de loupes épurées (échantillons 2045.9, 2045.10 et 2045.11), alors que d'autres proviennent de demi-produits en feuilles (échantillon 2045.12 et 2045.13). On pressent donc une adaptation entre les matières semi-finies et les types d'objets produits.

1.2.2. LA FORGE DANS LE SITE

L'INSTANTANÉ D'UN EXERCICE PÉRENNE

La forge de la pièce 5-6-8 de la maison A a donc fonctionné durant un temps assez bref au milieu du II^e siècle de notre ère. Les deux états qui la caractérisent forment un ensemble homogène, le second reproduisant à l'identique l'aménagement du premier qui fut détérioré prématurément par l'affaissement des sédiments sous-jacents.

L'existence de cette forge ne semble pas procéder d'une création *ex nihilo* mais au contraire d'une translation. En effet, de 1979 à 1992, les fouilles des niveaux antiques de Lunel-Viel ont livré plus de 140 kg de scories, réparties de manière plutôt diffuse dans des couches d'épandage, des fosses ou des pièces. Selon les époques, elles proviennent d'endroits différents. Au I^{er} siècle, elles sont principalement issues du quartier ouest (environ 25 kg) où en revanche aucune installation métallurgique n'est reconnue. *A contrario*, au II^e siècle, l'essentiel des scories provient du quartier central (environ 40 kg) et particulièrement de la forge installée dans la pièce 5-6-8 de la maison A (environ 29 kg). Au III^e siècle, un nouveau basculement est enregistré entre les deux quartiers : alors que le centre de l'agglomération est dépourvu de déchets, ceux-ci se retrouvent massivement dans le quartier ouest (environ 41 kg). À partir du IV^e siècle, les scories deviennent beaucoup plus fugaces, à l'image de l'occupation qui s'affaiblit et se déplace (Raynaud 1998).

En conséquence, malgré la forte dispersion des rebuts, leur cohérence chronologique et spatiale permet d'apprécier l'existence d'une activité de forge durant toute l'occupation romaine de Lunel-Viel, du I^{er} au III^e siècle. En effet, cette répartition sous-tend des changements dans les quartiers dévolus à l'évacuation des déchets. Plus encore, au regard de l'évolution de l'habitat et du fonctionnement transitoire du seul atelier reconnu, ces informations traduisent vraisemblablement le déplacement de la forge au cours de la période romaine. L'exercice ne s'est pas maintenu à un endroit, il a été déplacé, probablement pour suivre les mouvements topographiques de l'établissement. Aussi, si à *Olbia* (*cf. supra*) la pérennité et la structuration des travaux de forge sont clairement visibles, on mesure la difficulté qu'il y a à évaluer de telles caractéristiques dans des établissements dont l'évolution est plus complexe, avec notamment de profondes mutations dans le bâti. Pourtant, la pérennité et la structuration de la forge de Lunel-Viel ne doivent pas être remises en question, bien au contraire, ces deux caractéristiques sont ici bien marquées puisqu'elles correspondent exactement aux mutations de l'habitat. Dans les agglomérations, certains indices comme des déchets dispersés en nombre peuvent laisser présager

de la continuité d'une activité structurée que l'on ne perçoit pourtant que clairement à un temps donné. Aussi, on comprend que le calcul quantitatif de la production d'une forge est parfois irréalisable, voire aberrant, et qu'il vaut mieux tenter de cerner la régularité de l'activité pour en évaluer l'importance.

LA QUALITÉ DES PRODUCTIONS, LE STATUT DES EXÉCUTANTS

Contrairement à *Olbia*, où la forge ouvre directement sur la rue principale et présente le forgeron sous le double visage de l'artisan et du commerçant, au milieu du II^e siècle de notre ère, la forge de Lunel-Viel est installée dans une habitation, une *domus* de l'agglomération secondaire, situation qui soulève directement une interrogation sur la nature de l'exécutant. S'agit-il d'un artisan ou d'un domestique ? La production est-elle plus destinée à l'exportation et au commerce – même à faible distance – ou appartient-elle davantage à la sphère domestique (Morel 1992, p. 270 ; Raynaud 1998, p. 162 ; Polfer 2001 ; Andreau, Descat 2006, p. 169, 283) ?

Malgré le dédain affiché par l'« intelligentsia » romaine envers tous les acteurs d'un travail salarié, qui plus est, manuel, il est avéré par de multiples sources que l'artisan qualifié « vaut de l'or ». Selon *Varron*, sa valeur est telle qu'il est déconseillé d'en posséder un à demeure par peur des pertes financières qu'engendrerait l'arrêt de son activité. Il vaudrait mieux le louer (Morel 1992, p. 267-277, 281 ; Andreau, Descat 2006, p. 129). À Lunel-Viel, la maîtrise technique du forgeage est, sinon remarquable, au moins très élevée et l'exécutant n'a rien du bricoleur tâtonnant. Toutes les techniques du forgeron spécialisé sont dominées, du traitement mécanique – façonnage, soudage, épuration de finition – aux traitements thermique et chimique – trempe et cémentation. Par conséquent, les savoir-faire déployés dans l'officine métallurgique de la maison A de Lunel-Viel laissent présager l'existence d'un artisan spécialisé.

Le type de la production confirme cette position. Hormis dans la conjoncture liée à l'édification ou à la restructuration du bâtiment, l'activité de forge au sein d'une habitation n'est pas requise. Dans la plupart des situations, elle transgresse nécessairement le cadre domestique du lieu, même si elle s'adresse à l'entretien des outils des autres activités dominées par le maître hors de son habitation, comme l'agriculture. Ici, tel ne semble cependant pas être le cas. Le corpus de produits fabriqués dans la forge est large, du clou aux outils de qualité pour travailler le bois et la pierre, mais aussi, certainement bien d'autres éléments indéterminés dont la variété est soulignée par la pluralité des demi-produits ayant servis et par les nombreuses chutes de tiges et de plaques. L'image donnée renvoie plus à une production diversifiée de type « villageois » qu'à un travail spécifique assorti à un domaine agricole ou à une maisonnée, fut-elle importante. D'ailleurs, l'existence de chutes en alliages cuivreux et en plomb dans l'atelier tend à souligner cette pluralité de la production.

En somme, même si l'activité de forge est installée au sein d'une habitation, son exercice n'a que peu de chances de ressortir d'une activité domestique. À Lunel-Viel, le forgeron peut, au travers de ses qualités techniques, être qualifié d'artisan spécialisé qui occupe une sphère économique diversifiée circonscrite, au minimum, à l'agglomération et, peut-être, à son terroir. Libre, affranchi ou esclave... son statut juridique est en revanche inatteignable par l'archéologie.

Rappelons seulement que son atelier est installé, il est vrai momentanément, dans une pièce qui servait anciennement d'exutoire pour les latrines de la *domus*. Hasard d'un atelier en situation transitoire, image éloquente du statut servile de l'artisan spécialisé ou du dédain accordé aux activités manuelles, la question reste entière.

1.2.3. UNE FORGE VILLAGEOISE ?

Il est très vraisemblable qu'une forge ait fonctionné durant toute l'occupation antique de Lunel-Viel – du I^{er} au III^e siècle de notre ère. Cette hypothèse n'est, certes, pas fondée sur des vestiges directs, mais sur 140 kg de scories qui, selon leur répartition chronologique et spatiale, signalent une évolution des zones de rejet et probablement le déplacement de la forge au sein de l'habitat groupé alors en cours de croissance et de densification. Cette situation rappelle bien des cas et montre combien il est parfois difficile de définir une activité dont l'existence est pourtant pressentie de façon indirecte. Contrairement à *Olbia* (Hyères, 83, *cf. supra*), qui expose, de manière éclatante, la pérennité et la structuration des travaux métallurgiques d'établissements agglomérés, l'image donnée ici par l'archéologie est inverse : des scories plus ou moins éparpillées, une sorte de contrepartie de l'atelier pérenne régulièrement nettoyé. Une fois calibrée, l'image n'en est donc pas moins révélatrice.

Le seul atelier découvert à Lunel-Viel est à l'image de l'activité dans l'histoire du site. Il illustre, en effet, un état transitoire des travaux de forge, en étant néanmoins structuré autour d'aménagements fonctionnels – foyer, récipient. Daté des décennies encadrant le milieu du II^e siècle, il constitue une sorte d'instantané richement doté en mobilier métallurgique. Installée dans la pièce d'une grande demeure, la forge de Lunel-Viel offre aussi un cadre privilégié pour s'interroger sur la position sociale et économique de cette d'activité. Les forges d'agglomérations secondaires sont, en effet, généralement localisées dans des maisons tant et si bien que, si la fonction commerçante n'est pas visible ostensiblement, la question du statut domestique ou artisanal des travaux se pose avec insistance. Dès l'origine, la formulation de cette interrogation était pourtant artificielle puisque que l'on conçoit mal l'exercice d'un forgeron dans la simple sphère de la maison, si ce n'est dans des temps conjoncturels, notamment de chantier (*cf. infra*, partie II, chapitre 2, § 1.1). Par ailleurs, vu la qualité des savoir-faire convoqués à Lunel-Viel, l'exercice relève certainement d'artisans très qualifiés et estimés comme tels, malgré le dédain dont ils peuvent faire l'objet de la part de certains de leurs contemporains. Des artisans spécialisés, mais dont la production est destinée à quel(s) marché(s) ? Des rebuts, des loupés, des objets en cours de façonnage... ont été piégés dans l'atelier, scellés au moment de la translation de l'activité. Leur assemblage permet de distinguer le type de production. Ici, les divers outils, les clous, les plaques, les tiges, soulignent la variété des pièces façonnées. Cette diversité est également visible dans les matières premières travaillées, du fragment de loupe compacté en forme de barre au demi-produit corroyé, de la ferrite à l'acier trempé, à la polymétallurgie ! Après la pérennité et la structuration des aménagements observés d'*Olbia*, le cas de Lunel-Viel révèle un

second ensemble de traits caractéristiques des forges d'habitats groupés : la spécialité et la diversité des travaux et des productions, deux notions *a priori* antinomiques ou, plutôt, contradictoires dans une conception industrielle de l'économie telle que la nôtre.

Claude Raynaud s'est toujours attaché à nommer Lunel-Viel « village », pour accentuer la filiation qui existe spécialement sur ce site entre les occupations antique, médiévale, moderne et contemporaine ; les titres des ouvrages publiés sur le sujet sont particulièrement démonstratifs (Raynaud 1990 ; Raynaud 2007). Dans ce sillage, les forges pérennes d'habitat groupé dont la production est diversifiée et spécialisée pourraient être qualifiées de villageoises. Sans faire d'anachronisme, cette dénomination permet d'identifier par une représentation moderne et contemporaine la réalité d'une forme d'activité diachronique. On percevrait alors peut-être mieux les facettes communes aux ateliers implantés dans les habitats groupés, qu'ils soient antiques ou médiévaux. On peut aussi alors concevoir la sphère d'action de ces forges qui pouvaient réaliser autant la fabrication que la réparation d'une partie, au moins, des objets destinés à la vie et aux travaux dans l'agglomération et son terroir. Cette hypothèse suit un schéma économique au centre duquel l'habitat groupé concentre une fraction importante des activités artisanales de transformation et de service communes à l'ensemble du système de peuplement.

2. UNE FONCTION PRODUCTIVE À L'IMAGE DU STATUT DE L'HABITAT : LA FORGE DE LA STATION ROUTIÈRE D'AMBRUSSUM AU HAUT-EMPIRE (VILLETELLE, 34)

Ambrussum (Villetelle, 34) se trouve à environ 7 km au nord-est de Lunel-Viel, sur le trajet qu'emprunte la voie Domitienne, la plus ancienne route construite par les Romains hors d'Italie pour relier la péninsule ibérique conquise alors que ce qui deviendra la Transalpine puis la Narbonnaise est toujours sous domination gauloise (Fiches 1989b ; Castelli *et al.* 1997, p. 13-110 ; Fiches, Mathieu 2002 ; Fiches 2007). À mi-distance entre Nîmes (30) et *Sextantio* (Castelnau-le-Lez, 34), les occupations de ce site sont installées sur la rive droite du Vidourle, là où le relief plus élevé permet de se mettre à l'abri du fleuve côtier dont la violence des crues est notoire depuis l'Antiquité (fig. 63). C'est d'ailleurs en haut de la colline que se trouve l'*oppidum* gaulois qui fut érigé vers la fin du IV^e ou le début du III^e siècle avant notre ère. Fortifié, il occupe plus de 5 ha selon des modalités traditionnelles de la Protohistoire méridionale. À partir du II^e siècle avant notre ère, cet établissement connaît des transformations importantes qui engagent un processus de rationalisation de l'urbanisme sous des influences romaines de plus en plus prégnantes. Par la suite, la seconde moitié du I^{er} siècle avant notre ère marque un tournant décisif dans l'évolution des lieux : l'*oppidum* voit son rempart ruiné au profit du développement d'un riche habitat domestique qui préfigure les maisons à cour intérieure, ces adaptations locales d'un modèle italique. Mais, le véritable bouleversement vient de la création vers 30 avant notre ère dans le quartier des Sablas, en contrebas, au contact des berges d'un affluent du Vidourle, d'une station routière dont la raison d'être ne tient ni à l'accroissement de l'espace urbanisé, ni au glissement de l'habitat vers la plaine, mais uniquement à la fonction d'assistance au réseau viaire (fig. 64). Cette fondation touche, en effet, autant l'aménagement de la voie Domitienne et, particulièrement, le franchissement du Vidourle avec l'édification du pont Ambroix – dont les 100 m de long sont supportés par neuf arches – qu'aux bâtiments de service et d'accueil établis de part et d'autre de la chaussée. Répondant à un programme monumental, le relais routier d'*Ambrussum* doit probablement faire office d'étape pour le service des postes romains, mais aussi pour tous les voyageurs et les transports. Doté d'un lieu de culte, d'auberges, d'hôtelleries, de thermes, il répond à toutes les exigences d'une étape importante d'une *via publica*. Une forge établie dans la seule maison de type *domus* (zone 9) s'inscrit dans cette panoplie de service (fig. 64). La vie de cet établissement ne va pas sans transformation pour notamment endiguer les risques d'inondations. Il faut cependant attendre le début du II^e siècle pour voir le premier véritablement bouleversement qui met un terme à la période de grande expansion d'*Ambrussum* : l'abandon progressif de l'*oppidum*. La désertion du centre ancien semble ensuite progressivement gagner le relais routier qui, au III^e siècle, perd ses thermes et ses auberges. Seule l'hôtellerie, qui correspond vraisemblablement au relais de poste impérial, perdure jusqu'au début du IV^e siècle, date à laquelle *Ambrussum* est mentionnée comme *mutatio* dans l'Itinéraire de Bordeaux à Jérusalem. Le relais connaît alors une nouvelle phase de reconstruction et d'occupation propre à l'Antiquité

tardive, sans mesure aucune avec la période précédente (Fiches 1989b ; Fiches, Mathieu 2002 ; Fiches 2007).

Connu depuis le XVII^e siècle, le site a bénéficié de fouilles précises dès le début des années 1970. À partir de l'extrême fin de cette décennie, l'exploration, dirigée par Jean-Luc Fiches, a essentiellement concerné le relais routier ; elle se poursuit actuellement. Dans les années 1990 et 2000, ces travaux ont particulièrement intéressé la zone 9, le seul îlot résidentiel pour l'instant reconnu dans la station routière (fig. 64). Fondée vers 25 de notre ère et abandonnée dans la seconde moitié du II^e siècle, la maison assimile trois restructurations (quatre états) sans jamais que ne soit remis en question le plan à cour centrale basé sur une adaptation du modèle italique (Fiches, Mathieu 2002). Avoisinant les 450-500 m², la maison est un lieu de vie et un espace artisanal, suivant une situation déjà rencontrée au milieu du II^e siècle à Lunel-Viel (*cf. supra*). En revanche, ici, cette *domus* abrite durant toute son occupation une activité de forge qu'annoncent neuf cents scories (23 kg) – dont quatre-vingt-dix-sept culots de forge (12 kg) –, plus de trois mille objets en fer (57 kg) et des aménagements métallurgiques (fig. 65 et 66).

L'étude s'attache à cerner les liens qui existent entre la fonction productive de cette forge et le statut d'*Ambrussum* du I^{er} au II^e siècle. En effet, si la diversité des travaux et des productions a été mentionnée comme un trait caractéristique des forges d'agglomérations secondaires, ces types d'habitat groupé ressemblent des établissements variables qu'il est difficile d'assimiler automatiquement à une sorte de « village », comme dans le cas de Lunel-Viel (*cf. supra*). Il faut alors examiner plus précisément l'influence qu'exercent certains statuts particuliers d'agglomérations secondaires sur la production et le travail métallurgique qu'elles abritent. *Ambrussum*, seule station routière de la *via domitia* n'étant pas occupée actuellement et ayant bénéficiée à ce jour de la plus importante attention archéologique, se prête particulièrement à cet exercice. Ainsi, c'est d'abord la subordination de la fonction productive de la forge vis-à-vis du statut routier de l'occupation qui est décryptée. Ensuite, l'évolution des productions de l'atelier permet inversement d'enquêter sur les changements ayant lieu à *Ambrussum* à partir du début du II^e siècle et de l'abandon de l'*oppidum*. Enfin, cette contribution est l'occasion de s'interroger à nouveau sur la spécialisation artisanale, tout en soulignant, là encore, la très forte fixation topographique des installations métallurgiques dans les habitats groupés.

2.1. LE FONCTIONNEMENT D'UNE FORGE DE BORD DE ROUTE

2.1.1. DES TRAVAUX MÉTALLURGIQUES DE CHARRONNERIE DÈS LA FONDATION DE L'ÎLOT (ÉTAT D, DE 25 À 50 DE NOTRE ÈRE) ?

Dans la phase d'occupation du premier état architectural de l'îlot 9 (état D, de 25 à 50 de notre ère), dont la fonction est clairement résidentielle, aucun vestige métallurgique n'a été découvert (fig. 67). Les éléments ferreux sont très largement composés de clous et de tiges de dimensions moyennes (fig. 68). Essentiellement regroupés dans les pièces à vivre, dans les ailes nord et ouest du bâtiment, ils proviennent certainement des assemblages du mobilier domestique et des pièces plus massives, notamment en bois, associées à la construction. Quant aux objets en fer plus singuliers, ils comptent notamment une boucle de ceinture, quarante-cinq clous de chaussures amassés, deux morceaux de lame de couteau domestique et un fragment d'épée. Une clavette, en rapport avec les chars et les charrettes, complète le corpus.

Quarante-quatre scories (1,2 kg), dont cinq culots de forge, annoncent le fonctionnement d'une activité métallurgique (fig. 68). Seulement, toutes ont été découvertes dans les niveaux d'abandon et de remblais liés à l'installation de l'occupation suivante, dans le sud de l'aile ouest du bâtiment – espace 13 – et dans le sud de l'espace central à *compluvium* – espaces 11, 22 et 23. Leur éparpillement, en position secondaire, ne permet pas de connaître précisément l'emplacement de l'activité métallurgique qui, du reste, était vraisemblablement installée en dehors des espaces couverts. En revanche, il permet d'envisager l'existence d'une forge, dans les alentours proches de l'îlot et, en particulier, sur la place attenante au sud, très partiellement investie par les fouilles.

Les déchets de forge sont inaltérables et bien souvent irrécupérables. Leur représentativité doit donc être évaluée pour comprendre leur signification, car ils peuvent provenir d'une phase de travail autant exceptionnelle, telle la construction des bâtiments, que pérenne et spécialisée dans une production plus ou moins particulière. Ici, deux pièces métalliques, issues de niveaux synchrones à ceux des scories, apportent des arguments en faveur d'une de ces alternatives à travers leur analyse métallographique (fig. 69).

La première est une petite barre de fer légèrement trapézoïdale et massive qui s'apparente à un demi-produit (échantillon 9799.1) (fig. 69 et 70). Elle a été mise au jour dans les remblais de l'occupation de la pièce 12. Son analyse métallographique révèle une masse brute de fer, composée de deux zones au taux de comptage différentiel. L'une, en ferrite (75 % de la section longitudinale) et en acier doux écrouis à 0,2-0,3 % de C (10 % de la section longitudinale), est fortement compactée. L'autre, localisée dans une extrémité, est formée d'acier eutectoïde, très dur, à 0,8 % de C (15 % de la section longitudinale). À la différence de la première, celle-ci renferme de nombreuses inclusions de scories légèrement réoxydées et des replis, dont la morphologie écrasée définit un martelage régulier. En d'autres termes, la masse métallique brute possède un gradient d'épuration, dont la variation a été accentuée directement avant l'abandon,

comme l'attestent la zone écrouie et le nappage, sur tout le pourtour, de charbons de bois et de scories. Tout concourt alors à identifier cette pièce comme un demi-produit rejeté, tandis que le travail d'épuration et de mise en forme était en cours d'achèvement.

Le second élément métallique est une plaque légèrement convexe et de section semi-circulaire (échantillon 9504.1), possédant une extrémité biseautée et, de l'autre côté, un œil de fixation central (fig. 69 et 71). Elle provient des couches d'abandon de la pièce 8. Son analyse métallographique montre qu'elle est composée d'une superposition d'au moins quatre feuilles essentiellement ferritiques, comportant très peu de porosités et d'inclusions, à l'exception de quelques grains de silice, reliquats de sables jetés sur les surfaces soudées pour limiter la formation d'oxyde. Son extrémité biseautée est légèrement aciérée et encore écrouie. Elle a donc été cémentée puis, en dernier lieu, façonnée. La prise en compte de tous ces éléments converge vers une interprétation commune : la plaque de fer est un fragment de bandage destiné à réparer la bande métallique d'une roue usagée ou cassée, une sorte de « pansement » ajusté à l'ensemble, d'un côté, par une soudure, dont la réalisation est facilitée par l'existence d'un biseau aciéré. De fait, la surface à souder est ainsi plus grande, plus aisée à marteler et possède également un palier de soudabilité bas. De l'autre côté, l'assemblage se fait de manière plus traditionnelle, avec un rivet qui immobilise le fragment de bandage contre l'armature en bois de la roue.

Malgré l'absence d'aménagement métallurgique, l'existence d'une activité de forge est attestée par la découverte des scories, notamment en culot, dans les niveaux d'abandon et de remblaiement succédant à la phase d'occupation. La controverse porte alors sur la qualité de ces travaux : forgeage temporaire ou production plus durable. Les relations chrono-stratigraphiques entre les scories et les deux échantillons étant valides, il est crédible de voir dans les deux pièces analysées des produits de la forge, d'autant que le demi-produit et le fragment de bandage semblent directement issus d'un contexte métallurgique – enrobage de scorie et écrouissage – et qu'ils sont inutilisables hors contexte artisanal. Dans le cadre de forgeage, la présence contiguë d'un demi-produit et d'un bandage de roue est en contradiction avec une activité exceptionnelle, par exemple associée à la réfection des bâtiments, comme dans un édifice voisin – le bâtiment A de la zone 12 –, où une forge de chantier est en fonction au cours de la seconde moitié du II^e siècle de notre ère (*cf. infra*, partie II, chapitre 2, § 1.1). L'épuration et le compactage s'inscrivent préférentiellement dans une activité spécialisée et durable, comme l'est d'ailleurs la réfection des bandages de roue. Si maigres soient les éléments disponibles, ils tendent donc préférentiellement à témoigner de l'existence d'une activité de forge pérenne qui paraît, au moins en partie, fondée sur l'entretien des chars et charrettes (fig. 72).

Durant l'état suivant (état C, *cf. infra*), la réparation des bandages de roue est explicitement attestée. En privilégiant la permanence de continuité, l'hypothèse faisant remonter cette dernière activité dès le début de l'occupation des lieux paraît d'autant plus acceptable. La fonction résidentielle du bâtiment durant cette période (Fiches, Mathieu 2002, p. 544) justifierait alors que les activités artisanales polluantes, comme la métallurgie du fer, soient rejetées à l'extérieur, dans les parages immédiats de l'îlot, à côté de l'endroit où stationnent les véhicules, dont la présence est attestée par des éléments de harnachement.

2.1.2. LE SERVICE DE FORGERONS-CHARRONS (ÉTAT C, DE 50 À 75 DE NOTRE ÈRE)

UN ATELIER ENFERMÉ (PIÈCE 29) ET UNE FORGE DE PLEIN AIR (SECTEUR 25)

Durant l'état C, de 50 à 75 de notre ère, l'occupation de l'îlot 9 livre le plus gros lot de scories (fig. 65 et 74) : cinq cent vingt-deux individus (15,2 kg) dont soixante dix-sept en forme de culot (9,3 kg), soit 59 % du nombre total de déchets issus de la zone 9 ou 67 % de leur masse. Elles sont essentiellement localisées dans la pièce 29 qui en concentre 80 % du nombre total de l'état (fig. 73). On les retrouve également dans l'espace 13, directement situé au nord de la pièce 29, et dans l'espace 25, au pied de la façade sud du bâtiment, dans les environs d'un petit foyer de forge excavé. En revanche, les objets en fer sont proportionnellement beaucoup moins importants, puisqu'ils ne représentent que 17 % du nombre et de la masse totale, soit cinq cent dix-neuf éléments (9,5 kg).

Malgré l'absence d'aménagement métallurgique dans le secteur 29, la présence de nombreuses battitures lamellaires, globulaires et en bille dans les niveaux d'occupation garantit le fonctionnement d'un foyer de forge et d'une enclume à cet endroit (fig. 74). Une partie des déchets de cette activité est d'ailleurs rassemblée dans l'angle sud-ouest de la pièce, sous la forme d'un tas, très correctement délimité, de 60 cm de rayon et de 15 cm d'épaisseur sur le sol SL9820 (fig. 75). Il rassemble précisément quatre cent quinze scories (12,8 kg) dont soixante-huit culots de forge (8,2 kg). Son existence est assurément liée à la préparation du rejet des déchets hors de l'emprise de l'îlot, voire de l'agglomération, comme à *Olbia*. Il matérialise la première étape de cette pratique méthodique qui, de fait, altère toute réflexion sur la quantification des travaux. Il incarne aussi une organisation rigoureuse de l'espace artisanal qui tend à préserver les accès dans la pièce, lesquels se font, soit au sud, par une large ouverture sur la placette, soit au nord, par la pièce 13. Celle-ci a d'ailleurs livré vingt-sept scories dont cinq culots. Leur présence résulte certainement d'une pollution de l'activité voisine, puisque seuls neuf individus se trouvent dans les niveaux d'occupation ; les autres proviennent des couches d'abandon. La pièce 29 possède également le plus important lot de fer de cet état : cent quarante-six éléments. Ils se présentent principalement sous la forme de lames fines, de bandes massives et de petites chutes de forgeage variées, ce qui renforce l'hypothèse de la fonction artisanale de la pièce.

S'il ne fait aucun doute qu'une forge ait fonctionné dans la pièce 29, le problème de l'absence d'installations métallurgiques est alors posé. Ces dernières ont pu être détruites par les réaménagements plus récents qui ont largement bouleversé le quart sud-est de la pièce, mais le piédroit de la porte sud et ses environs paraissent cependant peu opportuns pour le forgeage, en raison du caractère venté et lumineux de l'endroit. Le foyer de forge devait être plus abrité et pourquoi pas surélevé sur une superstructure en matériaux périssables ou en pierre, selon des modèles connus dès la plus haute Antiquité, et habituellement utilisés à partir du Moyen Âge central (Serneels *et al.* 2004, p. 89-92). En effet, la conservation préférentielle des éléments excavés exerce une forte influence sur l'image que nous avons des foyers de forge antiques, pas

nécessairement creusés dans le sol d'occupation, comme l'est d'ailleurs un exemplaire voisin et contemporain, installé dans l'espace 25.

Dans ce même état, au pied de la façade méridionale du bâtiment, là où débute l'emprise de la placette sud, dans l'espace 25, un foyer de forge excavé (FR388) est conservé entre une colonne (CL382) et un soubassement de pilier (SB371) qui supportaient vraisemblablement un auvent (fig. 73, 76 et 77). Creusé à même le sol, sur un plan sensiblement rectangulaire (120 x 74 cm : prof. 10 cm), il s'ouvre sur son grand côté, au nord, à l'endroit où les parois sont les plus rubéfiées, parfois sur 4 cm d'épaisseur. À l'opposé, son petit côté, beaucoup moins profond et peu chauffé, est probablement prévu pour recevoir le dispositif permettant d'isoler le soufflet de la chaleur. Le foyer renferme un sédiment charbonneux sans scorie (US9557). Dans cet espace, les déchets se retrouvent principalement dans une dépression voisine, à environ 1 m au sud du foyer (US9755, 70 x 120 cm). Non rubéfiée et comblée d'un sédiment très charbonneux, celle-ci contient seize scories informes et un culot qui en font une sorte de fosse-dépotoir contenant tout ou partie des vidanges de la forge voisine. À 1 m à l'ouest du foyer, un creusement, au fond duquel est placé un bloc en pierre (US9752), pourrait vraisemblablement être le vestige de l'installation et/ou de la récupération de l'enclume. La présence de battitures dans un épandage charbonneux (US9754 et US9695) entre cet aménagement et le foyer de forge FR388 soutient cette hypothèse.

UNE LOGISTIQUE COMPLÉMENTAIRE : DE L'ATELIER PRINCIPAL À LA FORGE D'APPOINT

Dans les quatre cent quarante-deux scories que rassemblent les pièces 29 et 13, soixante-treize possèdent une forme de culot dont la masse est très homogène, puisqu'elle est principalement comprise entre 50 et 150 g – 75 % des masses concernent cette fourchette (fig. 74 et 78). Dix d'entre eux ont été prélevés pour faire l'objet d'un examen métallographique pour qualifier les phases de chauffe effectuées (échantillons 9770.1, 9773.1, 9820.1 à 9820.8). Seuls cinq culots ont été analysés jusqu'à l'échelle micrographique (échantillons 9770.1, 9773.1, 9820.1, 9820.3 et 9820.4), en raison de la forte homogénéité constatée, dès l'observation macrographique, sur le reste du corpus (fig. 79 et 80).

Comme le laissait présager la distribution uniforme de leur masse, les culots dévoilent des caractères métallographiques sensiblement identiques : leur matrice fayalitique homogène et poreuse contient, en effet, toujours peu de wustites, soit en globule, soit en dendrite (fig. 79 et 80). Ces oxydes sont principalement issus des battitures, toujours présentes en nombre et sous la forme globulaire. Celles lamellaires ou en bille sont pratiquement inexistantes. Quant aux pertes métalliques, elles sont également très rares. Cette configuration structurale résulte d'un travail de forge homogène et maîtrisé, axé sur la chauffe et la réchauffe, sous des températures modérées, d'objets plutôt massifs – cette variable est évaluée à travers la grande taille des battitures et la rareté des fragments métalliques, beaucoup plus nombreux quand les éléments chauffés sont petits et/ou fins. En parallèle, l'ensemble des paramètres indique que le rythme des opérations s'inscrit dans une forme routinière qui relève de cycles thermiques longs, réguliers et volumineux.

Dans l'espace 25, vingt-sept scories ont été découvertes. Seulement trois possèdent une morphologie de culot de forge. Leur masse est là aussi très homogène, mais elle est en revanche beaucoup plus modeste que dans l'atelier de la pièce 29, puisqu'elle est comprise entre 55 et 78 g (fig. 74). Deux culots (échantillons 9754.1 et 9754.2), provenant de la zone charbonneuse localisée près de la colonne, ont été analysés en métallographie pour apprécier plus rigoureusement les phases de chauffe effectuées dans le foyer FR388 (fig. 79 et 81).

Les caractères métallographiques mis en évidence dans ces deux échantillons sont sensiblement similaires à ceux issus de l'atelier voisin, situé dans la pièce 29. Les quelques différences observées suggèrent toutefois une orientation fonctionnelle particulière du foyer installé dans ce secteur (fig. 79). En effet, si le travail est toujours fondé sur le forgeage d'éléments massifs, ici, les cycles de chauffe sont beaucoup plus courts et, de ce fait, encore plus homogènes. Ceci traduit la réalisation de petits travaux, mais également une volonté de garder le foyer propre, probablement dans le but de pouvoir mener des cycles de chauffe de précision – appréciation plus aisée des couleurs et donc des températures. Le travail semble donc très vraisemblablement tourné vers des opérations de finition, contrairement à l'autre atelier, davantage affilié à une pratique plus routinière et volumineuse.

À la lumière des différentes approches archéométriques développées, il apparaît très probable que l'atelier logé dans la pièce 29 et celui qui est installé à l'extérieur sous un auvent (secteur 25) soient conçus dans des perspectives artisanales différentes, mais complémentaires (fig. 73). En effet, il est établi, au travers des données archéologiques, que les deux forges sont contemporaines, mais l'une comme l'autre ne s'inscrivent pas dans un schéma identique. Celle qui est installée dans la pièce 29 développe une production pérenne et massive, très difficilement quantifiable tant la gestion des déchets paraît méthodique, comme d'ailleurs dans la plupart des forges installées dans un tissu d'habitat dense. Celle, qui est localisée à l'extérieur près de l'entrée sud, est utilisée moins fréquemment, pour des travaux beaucoup plus courts, mais en revanche plus précis. Un certain dualisme apparaît alors. L'atelier de la pièce 29 s'apparente au cœur de l'espace métallurgique, à l'atelier principal, tandis que la forge installée au dehors (FR388) matérialise une sorte de dépendance, une annexe complémentaire associée à des petits travaux de précision et de finition, en résumé une forge d'appoint.

UNE PRODUCTION D'ENTRETIEN ASSORTIE AUX TRAFICS ROUTIERS

De concert avec la connaissance des cycles de forgeage, la détermination de la production permet d'envisager plus complètement les travaux métallurgiques. Cette entreprise est cependant moins aisée que la précédente. Si les déchets de forge, inaltérables et la plupart du temps irrécupérables, sont effectivement au moins dispersés, sinon stockés, dans l'attente d'un rejet lointain, les produits, par définition, sont beaucoup plus rares. Des éléments résiduels « abandonnés » autour de l'aire de forgeage permettent cependant d'approcher, avec plus ou moins de distorsion, cette question.

Dans la pièce 29, une concentration singulière et importante en grosses bandes de métal est isolée (fig. 74). Toutes possèdent une morphologie commune – environ 240 g pour une

dimension de l'ordre de 11 x 3 x 1 cm – difficilement observable dans le détail en raison d'une épaisse couche de concrétion et d'une forte corrosion qui gagne parfois tout le cœur (échantillon 9797.1). L'étude métallographique de l'une d'entre elles (échantillon 9806.1) permet alors de spécifier, par extension, leur identification : des fragments de bandage de roue (fig. 79 et 82). Cette conclusion est confirmée par le gabarit des pièces, mais surtout par la composition de l'échantillon de référence qui est formé d'un assemblage de feuilles principalement ferritiques possédant, dans une extrémité, un œil de fixation centrale et, dans l'autre, un biseau très effilé. Tous ces caractères recourent les observations faites sur le fragment de bandage de l'état D (*cf. supra*). Par association, on peut estimer qu'une partie au moins de la production de l'atelier de la pièce 29 est orientée vers le forgeage de fragments de bandages de roue pour chars et charrettes. Les analyses archéométriques des culots donnent des résultats en accord avec cette hypothèse (*cf. supra*).

Une fabrique de bandage entier a été mise au jour, au cours de fouilles de sauvetage, sur le terrain actuel de la Cité judiciaire de Bordeaux (Leblanc 1997, p. 251-263 ; Leblanc 2002, p. 163-164). Également datée du milieu de I^{er} siècle de notre ère et installée en bordure d'une voie, elle est matérialisée par des fosses-foyers très allongées et circulaires destinées, soit à chauffer et/ou à cémenter les bandages, soit à cintrer et/ou à assembler à chaud ces mêmes éléments. Dans l'îlot 9 de la station d'*Ambrussum*, des structures de ce type n'ont pas été repérées et les bandages reconnus sont toujours des fragments, quelle que soit la période considérée. Ils possèdent, d'un côté, un biseau facilitant la soudure avec le bandage principal et, de l'autre, un orifice central où se place un rivet, fixant le tout à l'armature en bois de la roue. Ces morceaux de bandage s'apparentent donc particulièrement à des espèces de rapiécages pour les bandes de roulement métalliques cassées. L'activité de forge semble, par conséquent, se fonder davantage sur la réparation des fers usagés que sur leur fabrication dans leur totalité, comme d'ailleurs dans l'état D (*cf. supra*).

En théorie, la production de pièces en fer pour les chars et les charrettes ne se limite pas aux bandages de roue, elle compte également des clavettes, des *volubilis* et des frettes de moyeu. Les hipposandales doivent également être intégrées dans cet équipement rattaché au trafic routier, d'autant que de nombreux exemplaires ont été mis au jour en Gaule du Sud et, tout particulièrement, dans l'auberge voisine de l'îlot 9, où trois exemplaires ont été découverts dans un cadre chronologique identique (Feugère, Tendille 1989, p. 150 et 152-153 ; Feugère 1992, p. 87-89). L'îlot 9 a seulement livré un fragment de *volubilis* dans la pièce 8, mais la concentration, dans l'atelier de forge principal de la pièce 29, de cinquante-deux fines plaques de fer d'épaisseur maximale de 5 mm (232 g), doit très probablement être prise en compte pour envisager ces productions complémentaires pour chars et charrettes, car elles peuvent intervenir directement dans leur fabrication – 85 % des fines plaques en fer de cet état se trouvent dans la pièce 29 (fig. 74).

On comprend mieux alors les arguments qui ont motivé la mise en place de cette organisation spatiale complexe de l'activité, entre l'atelier principal logé dans la pièce 29 et la forge d'appoint installée à l'extérieur près de l'entrée sud. Dans le cœur de l'atelier métallurgique – la pièce 29 –, les pièces liées au trafic routier sont mises en forme plus ou moins

communément, c'est-à-dire que leur fabrication est terminée, sans pour autant être adaptées au support. Ensuite, elles sont apportées dans l'atelier qui est installé au dehors, là où les chars et les charrettes peuvent stationner. Ainsi, les travaux d'installation et d'ajustement des fragments de bandages, des *volubilis*, des frettes et des hipposandales sont facilités. Ce dernier aspect du travail de forge paraît d'autant plus important que la production est essentiellement fondée sur de l'entretien et par conséquent sur de nombreux réglages visant à mettre le nouveau en harmonie avec l'ancien.

L'étude typologique des objets métalliques (fer, alliage cuivreux, plomb) découverts dans l'auberge voisine de l'îlot 9 a permis d'isoler en sus des trois hipposandales, quatorze objets relatifs au harnachement. Ils constituent plus de la moitié des objets de cette catégorie toutes périodes d'occupation de l'auberge confondues (Feugère, Tendille 1989, p. 163-164). Dans l'îlot 9, la répartition typo-chronologique du mobilier en bronze montre une variation similaire (fig. 66 et 83). L'activité de charronnerie paraît donc s'inscrire dans une dynamique inhérente à l'évolution générale d'*Ambrussum* qui voit, durant le troisième quart du I^{er} siècle de notre ère, sa fonction de station routière se renforcer et, par voie de conséquence, sa fonction productive se rattacher étroitement aux trafics routiers de la voie Domitienne. Néanmoins, il ne faut probablement pas écarter la fabrication d'autres produits, même s'ils demeurent mineurs et moins bien caractérisés.

MÉTAL TRAVAILLÉ ET OBJETS FABRIQUÉS : LA SPÉCIFICITÉ DES MATÉRIAUX EMPLOYÉS, DU DEMI-PRODUIT AU BANDAGE

Les deux bandages analysés dans l'état D et l'état C se présentent sous la forme d'un assemblage de feuilles soudées les unes sur les autres ; forme assez commune de corroyage qui permet de faciliter l'épuration et le compactage de la matière. Aucune cémentation volontaire n'a été observée sur les surfaces de frottement, mais un autre trait singulier se distingue dans les deux cas : une feuille aciérée est soit intercalée au milieu de cette sorte de mille-feuilles ferritiques (échantillon 9806.1), soit soudée en surface (échantillon 9504.1) (fig. 71 et 82). Faut-il y voir une composition singulière se rapportant à la destination fonctionnelle du produit ? Conformément à l'image de la charrette moderne, on considère que les bandages de roue doivent être entièrement aciérés. Or, selon Pline l'Ancien « un fer cassant et cuivreux [est] détestable pour les roues et les clous, auxquels le fer mou convient » (*HN*, XLI, 2). On pourrait convertir ces propos par rapport à notre langage scientifique actuel : un fer très aciéré ne semble pas adapté aux roues ni aux clous pour lesquels le fer doux est plus adéquat, à savoir la ferrite ou l'acier doux dont la teneur en carbone est inférieure à 0,1-0,2 %. Sans prendre comme acquis cette affirmation et, encore moins, cette transcription, elles poussent à reconsidérer notre conception des bandages de roue antique en se dégageant de la vision moderne et contemporaine. Dès lors, au lieu de saisir l'assemblage de feuilles ferritiques, dans lequel est intercalée ou sur lequel est apposée une autre tôle aciérée, comme un produit ordinaire de la métallurgie antique, il serait peut-être plus à propos de le concevoir comme une forme évoluée de produit, particulièrement approprié aux bandages de roue. En effet, de la sorte, le matériau est assez ductile pour ne pas se casser et

encaisser les chocs, tout en étant consolidé par une âme ou une surface plus dure en acier conférant à l'ensemble une plus grande rigidité et, dans le deuxième cas de figure, une résistance accrue de la surface de frottement à l'usure.

Fait plus remarquable encore, un demi-produit possède une composition métallographique identique (fig. 79 et 84). L'échantillon 9797.2 est, en effet, une pièce parallélépipédique de 173 g qui possède, à l'une de ses extrémités, les reliquats d'un prélèvement de matière par tranchage à chaud suivi d'un arrachement par torsion. Il est composé d'un assemblage de feuilles ferritiques dans lesquelles est intercalée une autre aciérée à 0,6-0,8 % de C, selon une structure générale qui se confond avec le fragment de bandage analysé pour le même état (échantillon 9806.1) (fig. 82). Ces deux pièces ont de plus été découvertes dans le même lieu, dans l'atelier de forge principal abrité par la pièce 29. Il est par conséquent tout à fait envisageable d'établir un parallèle entre le demi-produit, la matière première du forgeron, et le fragment de bandage, un des produits du forgeron. Les questions que soulève cette filiation sont multiples. En premier lieu, il s'agit de s'interroger sur l'origine du demi-produit : est-il fabriqué sur place à partir d'un autre type de matière semi-finie – comme durant l'état D (échantillon 9799.1) (fig. 70) – ou est-il importé directement sous cette forme ? Dans un second temps, il faut questionner la spécificité ou la multiplicité de son domaine d'application : est-il uniquement destiné aux bandages de roue ou intervient-il dans la fabrication d'autres éléments ?

Aucun vestige ne témoigne de travaux d'épuration ou de compactage sur une masse brute de fer. Tous les déchets comme les produits signent des phases de travail avancées dans la chaîne opératoire, en rapport avec des travaux de forge de fabrication. Cependant, il est indéniable qu'il existe une différence dans le taux d'épuration entre le fragment de bandage et le demi-produit où persistent encore beaucoup d'inclusions et de porosités. Une phase finale d'épuration existait donc nécessairement. Aux yeux de l'archéologue comme de l'archéomètre, elle est invisible puisqu'elle découle logiquement du travail de martelage associé à la forge traditionnelle de confection. Dans ces conditions, il apparaît très vraisemblable que le métal était importé à *Ambrussum* sous une qualité élevée avec un taux de compactage et d'épuration déjà très avancé. Toutefois, aucun élément ne permet d'affirmer qu'il possède une composition en feuilles comme celui analysé. La présence de multiples fines tôles dans le même contexte métallurgique pourrait autant favoriser l'hypothèse d'une fabrication sur place que le contraire.

L'utilisation d'un demi-produit composé d'un assemblage de feuilles peut intervenir dans la fabrication d'une grande variété d'objets, puisque cette composition favorise le corroyage et donc la bonne épuration du métal. Plus généralement, c'est le type d'alliage ferreux qui discrimine le domaine d'utilisation d'un matériau ; l'acier étant dur mais cassant, tandis que la ferrite est ductile et malléable. Théoriquement, le demi-produit composé d'un assemblage de feuilles très majoritairement ferritiques n'a donc pas de prédispositions pour une destination fonctionnelle particulière. Cependant, ici, vu la spécificité de la production, en très grande partie tournée vers la charronnerie, et étant donné la filiation entre le bandage et le demi-produit, on peut supposer que ce type de matériau intervient préférentiellement dans la fabrication des bandages. Alors, tout le problème est à nouveau de savoir si sa fabrication est orchestrée dans un atelier éloigné d'*Ambrussum* ou sur place spécialement pour les bandages. La question reste ouverte, mais à la

lumière des connaissances que nous avons actuellement des demi-produits romains méditerranéens, il apparaît que la matière circule sous des formes directement issues du compactage et de l'épuration de loupe(s), à la manière des barres découvertes au large des Saintes-Maries-de-la-Mer (cf. *infra*, partie III, chapitre 2, § 3). Sauf cas exceptionnel, il est très vraisemblable que ces types de demi-produits ne parviennent pas directement dans les divers établissements des campagnes, même dans le relais routier d'*Ambrussum*. Tout au long de leur distribution, ils font l'objet de dépôts et de redistributions qui sont, par moments, accompagnés d'un remodelage destiné à rendre le produit moins grossier, plus aisément transportable et adapté aux différentes productions des forges. Cependant, cette adéquation doit être comprise de manière restrictive, mais entendue de manière large, dans un schéma de redistribution de matériau semi-fini. Aussi, la matière introduite à *Ambrussum* devait davantage avoir l'aspect d'un fragment de loupe, comme dans l'état D (cf. *supra*, échantillon 9799.1) (fig. 70), que d'un assemblage de feuilles. On peut donc supposer que le demi-produit 9797.2 a été fabriqué sur place à partir d'un matériau importé de bonne qualité, sans doute pour façonner en grande partie des fragments de bandage de roue.

Dans tous les cas cependant, les forgerons travaillaient une matière avec une propreté inclusionnaire élevée qui traduit, en amont, un travail important de compactage, d'épuration et d'homogénéisation. Leur exercice s'intègre par conséquent dans un réseau de production qui obéit à une spécialisation et à une sectorisation des phases sidérurgiques, de la réduction du minerai à la mise en œuvre du métal en objets, en passant par la commercialisation du matériau sous une forme, dont la valeur ajoutée élevée, sous-tend une étape de travail à part entière et importante. En ce sens, durant cet état, les forgerons d'*Ambrussum* apparaissent spécialisés dans la fabrication et la réparation des chars et des charrettes. Ils développent parallèlement des compétences techniques élevées, notamment visibles dans la qualité des bandages fabriqués, mais également dans la réalisation même des travaux d'entretien qui requièrent des qualités d'acclimatation technique. Ils sont donc des forgerons spécialistes dont la production est rationalisée, au moins en partie, à la charronnerie. Dans ces conditions, on peut vraisemblablement les qualifier de forgerons-charrons même si leurs travaux sont essentiellement exercés dans le cadre d'un service ou d'une assistance.

2.2. LA DIVERSIFICATION DE LA PRODUCTION

2.2.1. ABANDON OU CONTINUITÉ DE L'ACTIVITÉ MÉTALLURGIQUE (ÉTAT B, DE 75 À 100 DE NOTRE ÈRE) ?

L'occupation de l'îlot 9 durant l'état B, de 75 à 100 de notre ère, rassemble le plus petit lot de scories : douze individus (0,9 kg) dont trois culots (0,6 kg) (fig. 65, 85 et 86). Elles proviennent toutes de remblais consécutifs à l'abandon et/ou visant à préparer l'installation de l'état A (*cf. infra*). Même si quatre plaques massives peuvent se rapporter à des fragments de bandage, aucune structure artisanale n'est reconnue et ne permet de s'assurer indubitablement de l'existence d'une activité métallurgique. Quant à la distribution typologique du mobilier ferreux, elle ne plaide pas, non plus, en faveur d'un tel artisanat (fig. 86). Elle s'inscrit davantage dans une utilisation domestique et dans des usages liés à la construction des bâtiments et du mobilier. En effet, les huit cent quarante-six objets en fer (18 kg) sont principalement des clous (40 %), des tiges (33 %) et des petits fragments indéterminés (17 %). Qui plus est, ils sont concentrés dans les pièces résidentielles 6, 7, 9 et 11, là où les remaniements architecturaux sont les plus importants.

À première vue, l'ensemble des données indique que l'îlot 9, durant l'état B, ne dispose plus de production métallurgique. Cette situation pourrait être mise en perspective avec l'abandon momentané de l'occupation qui intervient entre la fin de l'état B et le début de l'état A, dans le premier quart du II^e siècle. Cependant, l'état B comporte d'intenses remaniements architecturaux et des aménagements liés à d'autres artisanats, notamment dans la partie sud de l'îlot. Plus qu'une phase de transition préfigurant la désertion ponctuelle du bâtiment, l'état B constitue une période d'occupation dynamique. Aussi, de la même manière que pour l'état D, qui livre cependant plus de mobiliers métallurgiques (*cf. supra*), il n'est pas exclu que les travaux de forge aient été rejetés à l'extérieur du bâtiment, sur la placette sud, peu explorée par les investigations archéologiques. Durant l'état C, cet artisanat métallurgique s'intègre assurément au corps de bâtiment, tout en continuant à posséder une zone artisanale au dehors. Depuis la fondation du bâtiment, les travaux métallurgiques de charronnerie se développent donc en s'étendant toujours plus ou moins sur cet espace ouvert. Par conséquent, si l'on privilégie la permanence de continuité, il n'est pas possible de faire l'économie d'une hypothèse qui entend défendre l'existence d'une activité de forge durant l'état B dans la placette située au sud. La question reste ouverte.

2.2.2. UNE FONCTION PRODUCTIVE DORÉNAVANT OUVERTE (ÉTAT A, DE 125 À 175 DE NOTRE ÈRE)

DEUX ATELIERS MÉTALLURGIQUES ANALOGUES

La dernière occupation reconnue dans l'îlot 9 se développe de 125 à 175 de notre ère, après un hiatus d'un quart de siècle. Elle comprend le deuxième plus gros lot de scories : trois cent cinq individus (5,5 kg) dont douze culots de forge (1,8 kg) (fig. 65 et 89). Elle livre aussi le plus important corpus de mobilier ferreux : mille cent soixante-dix-neuf éléments (22,6 kg). Les pièces 8 et 17 sont primordiales pour comprendre la métallurgie de cet état (fig. 88). Elles regroupent, en effet, pratiquement toutes les scories (90 %), les battitures et les vestiges métallurgiques.

La pièce 8 rassemble soixante et une scories dont quatre culots pesant au total 1 kg, soit 20 % des déchets de cette période (fig. 89). Ce modeste lot est toutefois enrichi par la présence de nombreuses battitures et de deux creusements contemporains plus ou moins rubéfiés dont la fonction métallurgique est indéniable (fig. 90).

La première fosse métallurgique (FS303) se présente sous la forme d'une dépression étroite et très allongée (206 x 26 cm, prof. restituée 18 cm) dont le comblement cendreux est associé à huit scories informes (85 g). La localisation des zones rubéfiées, uniquement en partie centrale, permet de restituer un foyer durable dans cette section médiane et, par conséquent, d'interpréter l'aménagement comme une forge (fig. 90). Cette forme particulière de foyer permet d'utiliser d'importants espaces de dégagement de part et d'autre du feu, de façon à manipuler et surtout à chauffer, sur toute leur longueur, des pièces très allongées.

La deuxième fosse (FS305), localisée à moins d'un mètre au sud-est de la première, possède une forme carrée (84 x 72 cm, prof. 20 cm environ) et se distingue également grâce à son comblement cendreux et à ces vestiges métallurgiques : de nombreuses battitures lamellaires plus rarement globulaires et en bille, ainsi que trente-deux scories (270 g) dont une en forme de culot (fig. 90). L'absence de paroi rubéfiée et la présence d'une large zone d'épandage légèrement chauffée sur 2 m vers le sud-ouest permettent d'assimiler l'aménagement à une zone de dépotoir liée aux vidanges, parfois encore chaudes, du foyer de forge voisin (FS303).

La pièce 17 dispose du plus important corpus scoriacé de cet état : deux cent huit individus (3,1 kg), soit 69 % des déchets de cette période (fig. 89 et 90). Cependant, hormis deux uniques culots pesant chacun environ 250 g, la majorité des scories est de très petite taille et pèse en moyenne 13 g. Mises à part quatre d'entre elles, elles sont toutes localisées dans le comblement d'une fosse piriforme (FS325, 180 x 120 cm, prof. restituée 16 cm) creusée au centre de la pièce. Le mobilier métallique est, quant à lui, très peu abondant. Les soixante-douze éléments représentent, en effet, uniquement 6 % des objets en fer de cet état. D'un point de vue typologique, ils sont en revanche très diversifiés, puisqu'ils se rapportent autant à la serrurerie qu'à l'armement ou au bandage. Quinze d'entre eux sont localisés dans la fosse piriforme (FS325).

Cette fosse piriforme (FS325) ne révèle pas de caractéristique particulière liée à la fonction de foyer. En revanche, la nature de son comblement charbonneux, liant des battitures, des scories et des objets en fer, renvoie directement au fonctionnement d'une forge dans un environnement très proche, dans une configuration qui rappelle pratiquement trait pour trait la fosse FS305 de la pièce 8 (*cf. supra*) (fig. 90 et 92). Aussi, à l'image de l'atelier installé dans la pièce 8, la fosse piriforme pourrait être le reliquat d'un autre lieu de forgeage, dont la majorité des aménagements aurait disparu, à la suite des charruages répétés qui ont sérieusement arasé les derniers niveaux d'occupation, encore conservés dans la pièce 17. Selon cette hypothèse, une fosse oblongue (FS321, 130 x 50 cm, prof. 16 à 18 cm), creusée à 1,5 m au nord de celle piriforme (FS325), pourrait apparaître comme le vestige très bouleversé d'un foyer de forge oblong sensiblement identique à FS303 de la pièce 8. Face à l'importante perturbation de ce dernier creusement, seules les diverses scories de forge, le plan des fosses et l'organisation générale de la pièce permettent d'étayer cette hypothèse.

TRANSLATION OU MULTIPLICITÉ D'UNE MÊME UNITÉ DE FORGE ?

Dans les espaces métallurgiques de l'état A, aucun lieu ne concentre des scories en culot. Tous les déchets sont petits, en moyenne de 18 g (fig. 89). Ils forment une sorte d'image de fond, un reliquat très résiduel des rebuts issus de l'activité métallurgique, le gros ayant été évacué dans le cadre d'une gestion probablement très organisée des résidus scoriacés, comme durant l'état C (*cf. supra*). Cette situation supprime tout raisonnement sur la quantification, mais entrave également l'échantillonnage en vue de procéder à la définition des phases de forgeage à travers des analyses métallographiques. Pour remédier à ce dernier problème, des culots ont été retenus dans les niveaux d'occupation des pièces voisines aux espaces métallurgiques quand ceux-ci en étaient dépourvus. Leur présence est, en effet, consécutive à une dispersion représentative du travail réalisé. En ce qui concerne la forge de la pièce 8, trois échantillons ont été sélectionnés dans les niveaux d'occupation de la pièce 7. Quant à l'atelier de la pièce 17, un des deux culots a été échantillonné dans le comblement de la fosse métallurgique piriforme (FS325) (fig. 91).

Ces quatre scories caractéristiques des travaux de forge montrent un faciès métallographique identique : leur matrice fayalitique homogène, mais poreuse, possède toujours des globules et des dendrites de wustite (fig. 91). Ces oxydes sont principalement issus des battitures, toujours présentes en nombre et sous la forme globulaire. Celles lamellaires ou en bille sont plus rares. Quant aux pertes métalliques, elles sont peu nombreuses et toujours légèrement réoxydées à chaud. Cette configuration structurale résulte d'un travail de forge homogène et maîtrisé, axé sur la chauffe et la réchauffe d'objets, sous des températures moyennes à élevées. Dans le fond, les travaux réalisés sont très semblables à ceux de l'état C (*cf. supra*), mais, de manière générale, ils paraissent concerner des objets de moindre taille qu'auparavant, vu la fréquence plus élevée des pertes en métal et la petitesse des battitures lamellaires observées, témoins représentatifs des surfaces martelées. D'ailleurs, les battitures conservées dans les fosses dites de dépotoir des pièces 8 et 17 (FS305 et FS325) corroborent cette observation. Dans ces deux comblements, les battitures lamellaires sont également très fines et proposent une superficie

qui n'excède pas 0,5 cm². D'autres, en bille, de l'ordre de 3 mm de diamètre, témoignent également de l'existence de phases de soudure.

Au regard de cette analyse archéométallurgique, les deux ateliers de forge, respectivement installés dans les pièces 8 et 17 de l'îlot 9, regroupent les mêmes vestiges et développent des activités identiques. Cette observation pourrait traduire l'existence de deux cellules autonomes, fonctionnant simultanément autour d'un travail similaire, mais elle pourrait également montrer la translation de l'atelier de forge au cours de l'état A, entre les pièces 8 et 17, ou inversement. Cette dernière hypothèse est sans doute la plus vraisemblable, car il n'est pas concevable que la métallurgie du fer soit fondée sur une organisation concentrée de multitudes unités productives, alors que le bâtiment possède encore une fonction résidentielle. D'ailleurs, des remaniements et des compléments architecturaux sont observés durant cet état qui occupe une période relativement longue, de 125 à 175. Ils pourraient participer du même processus qui conduit au déplacement de l'atelier. Face à l'absence d'éléments de datation discriminants, il est difficile de raisonner sur le sens de la translation. Néanmoins, si l'on considère la persistance de la fonction résidentielle de la partie nord du bâtiment, la localisation des remaniements architecturaux au cours de l'état A et le lien étroit qui existe entre la forge et la placette sud, on peut suggérer que l'atelier de forge était, dans le premier temps, installé dans la pièce 17 et ensuite déplacé dans la pièce 8.

UNE PRODUCTION DIVERSIFIÉE, NOTAMMENT TOURNÉE VERS L'ARMEMENT

Contrairement aux scories, le corpus des chutes et des loupés de forge conservé pour cet état est assez riche. Leur association avec l'activité métallurgique est, de plus, sans conteste si l'on examine uniquement le comblement des deux fosses métallurgiques dites de dépotoir, localisées dans les ateliers de forge des pièces 8 et 17 (FS305 et FS325). Il est ainsi possible d'approcher qualitativement la production des forges à travers la répartition typologique des objets en fer.

Exhaustivement, la fosse-dépotoir creusée dans l'atelier de la pièce 8 (FS305) contient (fig. 89, 93 et 95) : huit clous, trois tiges, un fragment de lame d'épée, une pointe de poignard, un fourreau d'épée et une soie d'épée. La fosse piriforme localisée dans l'atelier de la pièce 17 (FS325) comprend : trois fragments de lame d'épée, une pointe de poignard, une pointe d'épée, deux outils tranchants (échantillons 9513.3 et 9513.6), trois grosses plaques dont au moins un fragment de bandage de roue (échantillons 9513.4), quatre petites plaques et deux fragments d'objets indéterminés dont un essai d'assemblage de tôle et une sorte de crochet ou d'applique (échantillons 9513.1 et 9513.5).

Le premier constat est que la fouille des comblements des fosses associées à la métallurgie a livré un nombre significatif d'objets militaires : neuf objets sur trente-et-un individus (fig. 93). Or, selon une synthèse sur la répartition des *militaria* en Gaule méridionale, ce type d'éléments en contexte d'habitats héraultais est relativement rare (Feugère 2002, p. 80-82). Leur nombre et leur association manifeste avec l'activité métallurgique pourraient alors constituer un argument pertinent pour avancer l'hypothèse d'une production de forge orientée vers l'armement, au moins en partie. La corrosion totale des pièces concernées n'a malheureusement pas autorisé

l'affinement de l'étude à l'aide de procédés métallographiques, méthode à même de confirmer l'association avec les travaux de forge et de préciser les techniques employées. Cependant, dans la pièce 8, la présence du foyer de forge très allongé et très étroit (FS303) souligne le forgeage de longs éléments métalliques dans leur intégralité et, de fait, constitue un argument supplémentaire en faveur de cette lecture (fig. 90). Par ailleurs, l'étude métallographique de l'échantillon 9513.1 indique qu'une partie du travail consistait en l'assemblage de tôles, élément rentrant directement en jeu dans la confection d'armes et de fourreaux.

Il ne faudrait toutefois pas faire l'erreur d'apprécier les forges de l'état A comme des manufactures spécialisées et produisant uniquement de l'armement (fig. 91). D'autres objets, notamment liés à la construction, doivent être considérés, comme des clous, des tiges ou des variétés d'applique (échantillon 9513.5). Pour ce qui concerne les objets dont la fabrication est davantage technique, il faut également mentionner la fabrication d'outils tranchants que les analyses n'ont pas permis de définir précisément (échantillons 9513.3 et 9513.6). Enfin, même si la charronnerie n'a pas la place centrale qu'elle avait durant l'état C, il apparaît qu'elle est encore exercée et que la forge, dont la production est dorénavant plus diversifiée, demeure toujours partiellement tournée vers une fonction productive liée au trafic routier. Les analyses métallographiques ont, en effet, aussi permis d'identifier deux fragments de bandage de roue (échantillon 9513.4 et 9103.1) (fig. 94).

DES PRATIQUES RÉFLÉCHIES ET DES TECHNIQUES MAÎTRISÉES

Par commodité, jusqu'à présent, le terme « fosse-dépotoir » a été utilisé pour qualifier les creusements FS305 et FS325, respectivement localisés dans les pièces 8 et 17. Or, même si leur comblement renferme de nombreuses scories dont quelques culots, il compte également des gros fragments métalliques qui ont permis de définir qualitativement la production. Ramené à la masse, ce rapport paraît pratiquement équilibré : 3,3 kg de scories pour 2,9 kg d'éléments métalliques. Or, le fer demeure précieux, dans le sens où il est utilisé dans un très grand nombre de domaines qui couvrent pratiquement toute la culture matérielle. Son gaspillage est rare, qui plus est en contexte artisanal, puisqu'il peut-être facilement réintroduit dans le circuit de production par compactage ou débitage selon que les pièces récupérées soient petites ou grosses ; en témoigne la rareté des chutes de forge généralement retrouvées dans les ateliers métallurgiques. Dans ces conditions, comment envisager les deux « fosses-dépotoirs » (FS305 et FS325) puisqu'elles conservent de nombreux éléments ferreux d'une moyenne de 320 g à côté de scories n'excédant généralement pas 20 g. À l'image d'un cas de récupération mis en exergue en Moselle, dans un atelier gallo-romain qui conserve un cul d'amphore rempli de petits morceaux de fer destinés à être recyclés (Serneels *et al.* 2004, p. 106-110), le comblement de ces creusements ne pourrait-il pas être associé à une pratique identique, destinée à stocker tous les loupés de forgeage et tous les autres objets ferreux inutilisables, mais susceptibles d'être réinjectés dans la production ? La présence de battitures indique que le nettoyage de l'aire de forgeage a aussi alimenté ces fosses. Cette pratique permettrait, selon notre hypothèse, de regrouper tous les petits fragments de métal perdus autour de l'enclume au cours du martelage. L'existence de nombreux

charbons de bois et de toutes petites scories (14 g en moyenne) montrerait par ailleurs que des vidanges de foyer, nettoyées de leurs plus grosses scories tels les culots, auraient également contribué à combler ces fosses. Elles fourniraient d'une part, d'autres fragments de métal tombés malencontreusement dans le feu et d'autre part, une première partie du charbon de bois nécessaire à la combustion pour agglomérer et/ou façonner le métal. Cette pratique de recyclage est à mettre en parallèle avec la gestion des déchets.

Les pratiques de forgeage ne se traduisent pas uniquement en termes de gestion de l'espace et des déchets. Elles se retrouvent également dans les techniques employées pour mettre en œuvre tel ou tel objet. Même si deux échantillons (9513.1 et 9513.3) signalent des soudures défectueuses et si les fosses, semblent-t-il liées au recyclage, conservent de nombreux loupés de forgeage, l'ensemble des études métallographiques témoigne d'une qualité élevée du travail et des savoir-faire, tant visibles dans la réalisation des soudures que dans la connaissance du comportement mécanique du métal employé (fig. 91). Par exemple, un outil tranchant (échantillon 9513.3), constitué de tôles de 5 mm d'épaisseur en acier (de 0,3 à 0,8 % de C) et en ferrite, permet d'apprécier la technicité du façonnage (fig. 91). Lors de l'amincissement d'une tôle, il faut, en effet, éliminer le maximum des inclusions, au risque de la fragiliser en générant des fissures, tout en évitant les brûlures dès son passage au feu, qui sont d'autant plus grandes que le métal est carburé et que son épaisseur est faible. La maîtrise technique se ressent également dans la sélection du métal employé, effectuée en fonction du rôle final de l'objet fabriqué. En effet, le métal est très finement épuré, autant dans l'outil tranchant (échantillon 9513.3) que dans le fragment de bandage (échantillon 9513.4) ou que dans l'essai d'assemblage de tôles (échantillon 9513.1). En revanche, un autre échantillon (9513.5), identifié comme une applique ou un crochet certainement destiné à la construction, dévoile, le long des lignes de corroyage, de nombreuses porosités et inclusions parfois très importantes (fig. 91). Elles sont synonymes d'une mauvaise épuration et donc d'une faible valeur ajoutée. Cette différence de traitement ne s'interprète certainement pas en termes de médiocrité, mais s'explique plutôt par une utilisation adaptée du matériau en fonction du rôle final de l'objet. Cette sensibilité maîtrisée à l'égard des propriétés des matériaux est également visible dans la composition de l'outil tranchant déjà mentionné (échantillon 9513.3), dans lequel sont mis en œuvre un acier dans le coupant, et de la ferrite dans l'âme, respectivement pour durcir la partie active et pour conférer de la flexibilité à l'ensemble. Enfin, l'utilisation adaptée des différents alliages ferreux en fonction de leur comportement mécanique ramène à considérer à nouveau l'emploi de parties aciérées dans les fragments de bandage. Comme dans les états D et C (*cf. supra*), des zones carburées composent ces pièces, en particulier pour limiter leur usure et leur conférer une plus grande rigidité. Elles sont, soit localisées en surface, sous la forme d'une feuille soudée (échantillon 9513.4), soit étendues à l'épaisseur entière par un procédé de cémentation ayant plus ou moins abouti (échantillon 9103.1) (fig. 94). Ce dernier cas de figure montre une autre alternative au traitement des fragments de bandage par rapport à celui observé dans les états D et C. En revanche, le premier mode de fabrication, qui vise à superposer une feuille aciérée sur l'assemblage ferritique, reprend une configuration semblable à l'état D (échantillon 9504.1).

En conséquence, la diversification de la production ne semble pas avoir d'incidence sur la qualité du travail de charronnage. Plus avant, la disposition des forgerons à fabriquer une grande variété de produits n'entraîne apparemment pas de régression dans leur maîtrise technique. Dans l'îlot 9 d'*Ambrussum*, au cours des deux premiers siècles de notre ère, seule l'activité de forgeage est exécutée par des artisans compétents possédant des savoir-faire élaborés. Ils peuvent donc être désignés sous la dénomination de spécialistes. On voit bien alors qu'il faut distinguer, d'un côté, la spécialisation artisanale, qui s'entend en termes de chaîne opératoire et de compétences techniques et, de l'autre, la normalisation ou la diversification de la production. Un forgeron spécialisé ne produisant pas nécessairement un unique produit, et inversement. Ces deux notions sont les composantes principales, mais autonomes, qui permettent de définir une activité artisanale dans son ensemble et, de là, sa fonction productive.

2.3. D'UNE FORGE DE SERVICE À UNE FORGE « VILLAGEOISE »

Le travail du fer dans l'îlot 9 d'*Ambrussum* est spécialement représenté durant les états C et A, de 50 à 75 et de 125 à 175, mais il se rencontre également dès la fondation des lieux – état D, de 25 à 50 de notre ère – sous la forme de résidus épars qui signaleraient son implantation dans une placette, au sud du bâtiment, fouillée uniquement dans sa zone de contact avec les constructions. Cet espace ouvert pourrait également être susceptible d'accueillir d'autres aménagements métallurgiques, notamment durant l'état B, de 75 à 100 de notre ère.

Pendant toute l'occupation, l'activité métallurgique est uniquement fondée sur la forge de fabrication à laquelle est associée une phase finale d'épuration, découlant logiquement du travail de martelage associé au façonnage des objets. Elle reprend donc une configuration, en termes de chaîne opératoire, déjà observée sur d'autres établissements routiers, notamment de l'est de la Gaule (Mangin *et al.* 2000a, p. 313-319 et 357-358 ; Mangin *et al.* 2000b, p. 349-358).

Au travers du prisme qualitatif, la production présente cependant une variabilité qui exprime une évolution de la fonction des travaux de forge. En effet, dans un premier temps, durant l'état C et, très probablement, dès l'état D, le travail du fer s'ancre dans un marché principalement lié à l'entretien et à la réparation des véhicules circulant sur la voie Domitienne. Ensuite, durant l'état A, la forge semble s'affranchir de sa première production qui subsiste néanmoins, pour désormais fabriquer des objets plus diversifiés, notamment liés à l'armement, à l'outillage et à la construction. Ce processus ne se répercute pas dans l'introduction d'une activité polymétallique.

Il est très difficile de quantifier les travaux de forge, tant le rejet des déchets métallurgiques hors des espaces construits paraît organisé, suivant un modèle reconnu dans les occupations urbanisées de Gaule (Dieudonné-Glad, Rodet-Belarbi 2003, p. 189-192 ; Monteil *et*

al. 2003, p. 129). Dans l'état C, cette pratique est matérialisée par un tas de quatre cent quinze scories (12,8 kg), localisé dans l'angle de la pièce 29, une sorte de dépôt préparant l'évacuation des rebuts produit dans l'atelier de forge principal, comme à *Olbia* (cf. *supra*, partie II, chapitre 1, § 1.1). Dans l'état A, cette pratique est couplée à un recyclage des chutes métalliques ensuite réinjectées dans le circuit de production. À défaut de quantifier plus ou moins précisément la production, la mise en évidence de cette gestion très rigoureuse des déchets traduit sans conteste le fonctionnement d'une activité permanente, et de ce fait une production, au moins importante, sinon massive.

L'installation durable de l'activité de forge se transcrit également dans les espaces qu'elle investit et dans l'évolution de son organisation spatiale. Dans la première phase d'occupation – état D –, l'activité semble d'abord être implantée dans la placette située au sud. Ensuite, dans l'état C, le travail de forge pénètre dans le bâtiment, au sein d'une pièce faisant l'angle entre la voie Domitienne et la placette. Cette dernière constitue cependant toujours l'épicentre de l'espace métallurgique, puisqu'elle permet l'accueil et le stationnement des chars et des charrettes à réparer. De la sorte, les éléments en fer de charronnerie sont mis en forme de manière commune dans l'atelier de forge principal, abrité par la pièce 29. Puis, ils sont ajustés et adaptés à l'aide d'une forge d'appoint, située au dehors, au pied de la façade méridionale de l'îlot, à proximité de l'atelier principal, largement ouvert sur ce côté par une porte. Dans l'état A, la relation topographique entre l'activité métallurgique et la placette paraît progressivement se distendre. Ce phénomène doit très probablement être mis en relation avec la diversification de la production qui n'encourage désormais plus cette association. Encore empreint de l'organisation spatiale précédente, dans un premier temps, l'atelier de forge est sans doute établi dans la pièce 17. Dans un deuxième temps, il est probablement transféré dans la pièce 8, à l'opposé de la placette, concrétisant le changement de statut de la forge. Si, à nouveau, force est de constater la forte fixation topographique des installations métallurgiques dans les habitats groupés, le cas d'*Ambrussum* permet de lire assez correctement dans la topographie le rapport entretenu entre la fonction productive et les espaces qu'investit l'artisanat.

À une échelle d'analyse plus petite, la localisation d'une activité métallurgique dans l'îlot 9 n'est pas anodine (fig. 64). Ce bâtiment est, en effet, situé sur un emplacement stratégique, à l'intersection de la voie Domitienne et d'une traverse importante et préexistante à l'îlot, qui mène au secteur votif, à l'est, vers le Vidourle. Ici, est à nouveau souligné le souci accordé à l'emplacement des installations métallurgiques qui doivent être visibles dans la topographie, comme à *Olbia* par exemple (cf. *supra*, partie II, chapitre 1, § 1.1). À l'heure actuelle, l'îlot 9 constitue également la seule *domus* reconnue dans le relais d'*Ambrussum*. Si son association avec une forge exacerbe le caractère ostentatoire que cherche à présenter l'activité, elle renvoie aussi au cas de Lunel-Viel et confirme notre prise de position réfutant le postulat considérant toute activité comme domestique – ou limitée et autarcique – dès lors qu'elle se situe dans une maison (cf. *supra*, partie II, chapitre 1, § 1.2).

Durant les I^{er} et II^e siècles, le rôle économique de la forge n'est certainement pas figé, en témoigne la diversification de la production qui s'opère durant l'état A. Cette ouverture vers d'autres domaines ne s'accompagne pas d'une régression des compétences techniques des

intervenants. Que la production soit principalement fondée sur la charronnerie ou plus variée, les forgerons apparaissent comme des artisans spécialisés. On voit bien alors que la spécialisation artisanale n'a pas forcément de causalité avec la multiplicité ou l'unicité des domaines de production. Pour apprécier correctement l'artisanat dans son ensemble, la qualité du travail exercé doit être considérée indépendamment des types de produits fabriqués. Plus encore et en ces termes, la diversification de la production à *Ambrussum* pourrait suggérer, de manière sous-jacente, une extension du marché, à l'origine confiné au domaine routier. La forge qui naît d'un travail spécialisé et d'une demande précise d'entretien et de service pourrait alors évoluer vers une forme plus polyvalente qui traduit une implication plus profonde dans le paysage économique des campagnes environnantes. Pendant l'état A, elle matérialiserait un pôle de production d'objets en fer pour les établissements ruraux des alentours à la manière d'une forge villageoise.

Si *Ambrussum* illustre la genèse singulière d'une forge polarisant la production nécessaire aux campagnes environnantes, il faut s'interroger sur les fondements de cette évolution qui conduit un atelier de service lié au trafic routier à devenir un lieu de forgeage polyvalent et rayonnant de type « villageois ». Doit-on y voir une destinée opportuniste issue d'un contexte économique favorable ou doit-on plutôt envisager ce changement comme procédant de la mutation du statut et/ou du rôle de l'établissement ? Les situations doivent probablement être multiples. Cependant, à *Ambrussum*, l'accession à une production métallurgique variée peut être mise en parallèle avec le statut de plus en plus polarisant et généraliste que prend *Ambrussum* dans le réseau de peuplement depuis l'abandon de *oppidum*, au même moment, vers 100 de notre ère (Fiches 2007, p. 111). En effet, plutôt que d'associer ce changement d'ordre économique à l'affaiblissement du trafic sur la voie Domitienne ou même à une initiative privée, cette mutation peut être corrélée à l'évolution de l'occupation qui passe progressivement d'un relais routier spécialisé à une agglomération secondaire traditionnelle dont la fonction productive, dorénavant plus diversifiée, est alimentée par les activités anciennement installées dans l'établissement centralisateur qu'elle jouxtait, et qui se trouve désormais délaissé.

Enfin, M. Feugère propose d'accorder une certaine importance aux rares découvertes d'armes réalisées en contexte d'habitat, notamment pour les considérer comme des indices de stationnement de garnisons (Feugère 2002, p. 81). Or, durant l'état A, au moment où la production se diversifie, la fabrication d'armements est très probable. Cette même phase renferme aussi l'unique élément d'équipement militaire en bronze : une boucle de ceinture. On est donc tenté d'envisager, au moins à cette époque et peut-être plus anciennement, l'installation de gens d'armes militaires à *Ambrussum*, suffisamment durablement pour que des armes y soient façonnées, comme cela semble être le cas dans d'autres occupations de ce type, notamment dans l'est de la Gaule (Mangin *et al.* 2000a, p. 317-318). Selon cette hypothèse, l'agglomération routière d'*Ambrussum* s'apparenterait, au moins à partir de l'état A, à une sorte de *stationarium*, dont l'existence est certifiée dans presque toutes les provinces par l'épigraphie, dans le but d'exercer un rôle militaire et bureaucratique délégué par l'Empire romain (Petraccia Lucernoni 2001). Cette hypothèse montrerait à nouveau que le changement de fonction de la forge s'inscrit dans un processus global d'évolution de la station routière qui, au moins à partir de 100-125, voit son

statut de bourgade centralisatrice se renforcer, tant dans ses fonctions économiques que dans ses prérogatives administratives.

3. LE DEVENIR DE L'ARTISANAT SPÉCIALISÉ AU DÉBUT DU MOYEN ÂGE : L'AGGLOMÉRATION PERCHÉE DU ROC DE PAMPELUNE AU VI^E SIÈCLE (ARGELLIERS, 34)

Démembrée et remodelée, la Gaule Narbonnaise du début du Moyen Âge traverse des épisodes politiques et administratifs qui bouleversent les cadres antiques. Le contrôle des territoires et des populations suit alors des vicissitudes complexes, résultant notamment de la mise en place des royaumes dits barbares et de l'évangélisation de la Gaule. Cependant, au moins jusqu'à l'orée de l'époque carolingienne, la Narbonnaise constitue encore une entité fortement empreinte des schémas d'occupations du sol et des systèmes d'exploitation hérités du monde romain (Fiches 1996 ; Pellecuer 2000 ; Ouzoulias *et al.* 2001 ; Buffat 2004 ; Schneider 2005 ; Raynaud 2007 ; Schneider 2007a). Au sein de micro-régions, les situations observées procèdent de mécanismes singuliers, mais trouvent aussi beaucoup de points communs. Ainsi, des continuités et des reprises sont mentionnées sur des occupations initialement gallo-romaines, la plupart du temps sur la base de matériels lacunaires, puisque les niveaux dits tardifs composent l'épiderme de ces sites. Dans ces cas, les vestiges fortement arasés ressemblent plus à des lambeaux qu'à de véritables habitats circonscrits, à l'exception de quelques-uns plus richement conservés (Pellecuer 2000 ; Buffat 2004). Le temps avançant, les occupations se démarquent petit à petit du canevas gallo-romain. À partir des V^e-VI^e siècles, elles proposent ainsi, en prime de ces permanences de continuité, des fondations *ex nihilo* qui résultent de déplacements micro-régionaux, de la conquête de nouveaux territoires ou, encore, de récents découpages administratifs et politiques. Là aussi, les schémas de mise en place sont complexes et renvoient à des exigences particulières, mais ils recouvrent un caractère commun qui a trait à la recomposition, désormais plus mature, du réseau de peuplement mis en place après la chute de l'Empire romain.

Dans le cadre d'une étude visant à explorer de nouvelles pistes pour défricher un thème de recherche, le parti pris consiste à privilégier les occupations créées *ex nihilo*. Celles-ci matérialisent nettement les volontés de l'époque. De plus, elles ont le mérite de proposer une image nettoyée des « scories du passé », exempte d'éléments antérieurs susceptibles de perturber notre lecture archéologique. Plus handicapant toutefois, le fait que ces sites propres à l'Antiquité tardive n'ont que très récemment été considérés. Pour l'essentiel, il s'agit d'établissements découverts lors de fouilles de sauvetage, mais, alors, ils se rattachent couramment à la catégorie des habitats dispersés (*cf. infra*, partie II, chapitre 2, § 3). Pour l'heure, en ce qui concerne les établissements groupés méridionaux, les seuls sites répondant à nos exigences sont les agglomérations perchées tardo-antiques. Très tôt perçu, mais à tort interprété, ce type de site bénéficie depuis une dizaine d'années d'un intérêt accru autour d'un programme spécialement approprié (Charmasson 1970 ; Chapelot, Fossier 1980, p. 71-73 ; Schneider 2001 ; Schneider 2003). Aussi, soucieux de mettre en valeur cette documentation à la fois riche et inédite, et désireux de contribuer à la meilleure connaissance de ces agglomérations perchées, nous

proposons d'investir le sujet du travail du fer dans les habitats groupés tardo-antiques à partir de l'étude détaillée du site pilote de ce projet : le Roc de Pampelune (Argelliers, 34), dont l'exploration a été dirigée de 1999 à 2005 par Laurent Schneider (fig. 96 et 97).

Si pendant longtemps les habitats perchés tardo-antiques ont été considérés comme des refuges plutôt misérables pour des populations fuyant les invasions barbares, la fouille du Roc de Pampelune et le programme qui s'y rattache permettent de dénoncer cette posture historiographique fondée sur une lecture événementielle et trop hâtive des textes (Démians D'archimbaud 1994 ; Trément 1999 ; Trément 2001 ; Schneider 2003 ; Schneider 2007b). L'occupation du Roc de Pampelune livre, en effet, l'image d'une autre réalité : celle d'une communauté d'une centaine d'habitants rassemblée dans le dernier tiers du V^e siècle dans une agglomération de 2,25 ha densément occupée et dotée d'une enceinte maçonnée (fig. 97). Encore ouvert sur le commerce méditerranéen et, plus particulièrement, sur les exportations venues d'Orient et d'Afrique du nord, cet établissement dispose d'une église baptismale et de multiples bâtiments maçonnés et couverts de tuiles, s'élevant souvent sur plusieurs niveaux. Organisées par îlots, les constructions suivent des trames d'urbanisation et forment des quartiers, ce qui renforce l'image d'une bourgade dont l'installation est fortement structurée.

La révision historique du début du Moyen Âge méridionale est, pour beaucoup, passée par l'étude des structures de peuplement (Schneider 2007b). Aujourd'hui, l'objectif est de poursuivre ces recherches, mais aussi de les enrichir d'un autre regard via des enquêtes en rapport avec la fonction productive de ces lieux et, en particulier, par l'analyse détaillée des travaux métallurgiques qu'ils abritent. Le dégagement – encore partiel – du Roc de Pampelune a permis de découvrir plus de 162 kg de scories (fig. 98). Pourtant, le site a été abandonné vers le milieu de la seconde moitié du VI^e siècle, un peu moins d'un siècle après sa fondation. Il fournit donc une image figée et homogène de ces temps, spécialement appréciable dans notre discussion. Celle-ci tient au devenir de l'artisanat spécialisé au début du Moyen Âge. Elle touche aussi particulièrement aux pratiques et aux comportements usités dans le déploiement de l'exercice métallurgique au sein de ces proto-villages conçus sur un « urbanisme » propre et contraint par un espace perché – de fait, sur de nombreux points, foncièrement éloignés des agglomérations antiques. Enfin, sachant que le Roc de Pampelune est fondé sur les contreforts calcaires des Cévennes (fig. 96), en retrait de la plaine littorale languedocienne, dans des garrigues dépréciées des occupations romaines et pratiquement inoccupées depuis le Chalcolithique, cette réflexion aspire à définir l'éventuelle existence de facteurs économiques – notamment vis-à-vis de l'artisanat – ayant pu motiver la « colonisation » d'une forêt pratiquement vierge, alimentant ainsi parallèlement un thème de recherche classique de l'histoire du haut Moyen Âge (Fourquin 1975, p. 335-338 ; Contamine 1997, p. 18-20).

3.1. DES PRATIQUES MÉTALLURGIQUES ORIGINALES ?

3.1.1. UNE AGGLOMÉRATION JONCHÉE DE SCORIES

DES SCORIES ÉPARPILLÉES, DES SCORIES CONCENTRÉES

Sans compter les rebuts métalliques de forge, plus de sept mille scories (162 kg) ont été découvertes dans l'occupation tardo-antique du Roc de Pampelune – entre 475 et 575 de notre ère (fig. 97 et 98). En termes de répartition spatiale, elles se retrouvent partout, dans toutes les parties fouillées du site, hormis l'église – ici, il ne faut pas tenir compte des bâtiments 1V à 1AA, au centre de la bourgade, qui ont été uniquement repérés au niveau des murs et qui sont très arasés. Cette dispersion uniforme n'est cependant pas équilibrée en termes quantitatifs. Tous les bâtiments ne renferment qu'un petit nombre de scories, inférieur à cent individus et, bien souvent, proche de dix. Seuls 1L, 4F et 4G en possèdent plus, ce qui manifeste probablement l'hébergement d'un atelier métallurgique (*cf. infra*).

L'existence d'un grand volume de scories ne semble pas uniquement dictée par le fonctionnement d'une forge. Un autre facteur apparaît déterminant dans la concentration de leur épandage : le fait que l'espace soit ouvert (fig. 97 et 98). En effet, ces zones dégagées concentrent 4615 scories pour 92172 g, soit environ 60 % du corpus – 2A3, 1H, 1T et 1Q (justification 1Q comme espace ouvert, *cf. infra*) et quelques autres plus mineures. Ces aires sont autant localisées au sud-ouest, dans la partie haute du site, qu'au centre ou dans l'angle nord-est de l'agglomération, dans des parties plus basses. Il n'y a donc pas d'effets de source liés à la conduite des fouilles. Bien au contraire, puisque celles-ci ont été préférentiellement pratiquées dans les bâtiments. Les cours et les aires ouvertes n'ont été que sondées par des tranchées et plus rarement investies de manière exhaustive – précisément 17 % des espaces fouillés sont des espaces non bâtis (fig. 119). Aussi, si plus de sept mille scories (162 kg) ont été découvertes, une grande partie reste encore ensevelie. Une rapide estimation permet cependant de donner un ordre de grandeur. Il doit être entendu comme tel, pour permettre d'imaginer l'importance de la masse de scories que renferme l'occupation du Roc de Pampelune au VI^e siècle.

ENCORE PLUS DE SCORIES ! UNE BRÈVE ESTIMATION

Vu que le site a été reconnu par des fouilles exhaustives, des sondages et des prospections sur environ 60 % de sa superficie, il est avéré que les bâtiments représentent au maximum 40 % de la surface enclose par l'enceinte – si l'on tient compte des zones totalement érodées, le site a été ausculté à 75 % (fig. 119). D'une manière générale, les données quantitatives, assorties aux espaces ouverts et auxquelles nous avons accédés par les fouilles, semblent donc sous-estimées,

a minima, au tiers – 60 % des espaces sont ouverts alors que 17 % des investigations les concernent. À partir de ce postulat, les espaces ouverts des parties dites reconnues pourraient, en théorie, contenir seize mille scories (345 kg). Enfin, puisque le site a été globalement exploré à 60 %, on peut encore extrapoler l'estimation et envisager que la totalité des couches d'occupations du site – bâtiments et espaces ouverts – comprend, là encore en théorie, plus de vingt-cinq mille scories (575 kg) (fig. 119). Cette approximation sous-entend que l'ensemble référent est significatif, autant en termes de proportion que d'homogénéité, ce qui semble être le cas ici, même s'il est impossible de s'en assurer avant la conduite d'autres fouilles.

3.1.2. DE L'ÉVACUATION AU REMBLAIEMENT

NIVELLEMENT ET COMPLEMENT DES ESPACES OUVERTS

Quoi qu'il en soit, que nous considérons le nombre de scories retrouvé (162 kg) ou celui estimé (575 kg), un unique constat s'impose : le Roc de Pampelune est jonché de scories (fig. 97, 98 et 119). Comment interpréter ce phénomène, notamment au regard des sites du Haut-Empire précédemment traités ? Dans ces derniers exemples, l'évacuation des déchets hors des agglomérations est avérée pour éviter l'encombrement des lieux de vie. Par conséquent, sur le Roc de Pampelune, existe-t-il une stratégie particulière et à quoi correspond-elle ?

Les déchets dispersés dans toute l'assiette de l'occupation constituent une sorte de bruit de fond, mais l'essentiel est entreposé dans des espaces ouverts. Ce sont donc les secteurs 1H, 2A3, 2L, 1T et 1Q qui intéressent précisément notre propos (fig. 97). L'espace 1H est un épandage sédimentaire adossé à une enceinte primitive qui fut, très rapidement dans l'occupation tardo-antique, arasée et remployée en mur-terrasse. À l'autre bout de l'agglomération, dans l'angle nord-oriental, la cour 2A3 est également un espace dont les sédiments sont scellés derrière un mur, le rempart septentrional. Une telle accumulation sédimentaire se retrouve légèrement plus au sud, dans le petit espace 2L, également établi derrière le rempart septentrional. Seuls les secteurs contigus 1T et 1Q semblent déroger à cette récurrence. Néanmoins, à ces endroits, les sédiments chargés en scories comblent d'importantes dépressions présentes dans le substrat calcaire – le bâtiment 1Q est établi sur ces niveaux, il est donc postérieur aux déchets métallurgiques.

En somme, les contextes privilégiés des concentrations de scories sont sur le Roc de Pampelune, soit des remblaiements de terrasses, soit des couches de nivellement dans des zones dont le substrat calcaire est très accidenté. L'impression donnée est que ces accumulations de rebuts participent donc à l'aménagement des espaces ouverts dans le but de rendre possible, ou de faciliter, l'usage des lieux et notamment la circulation. Aussi, la gestion des scories ne procède pas foncièrement d'un comportement distinct de celui constaté dans les agglomérations romaines précédemment traitées. Ici, le problème de l'encombrement n'est pas négligé. L'archéologie nous permet juste de saisir à la fois l'évacuation et son aboutissement : le remblaiement. L'image, *a*

priori différente, découle uniquement d'un effet de source. Il y a autant de chance pour que les scories des agglomérations antiques servent aussi au remblaiement, mais dans des lieux plus éloignés, hors des établissements et/ou de l'emprise des fouilles. Inversement, aucun élément ne permet de savoir si, au Roc de Pampelune, la production de déchets n'a pas, venu un temps, outrepassé la sollicitation en remblaiement et, dès lors, été évacuée par-delà le rempart. D'ailleurs, selon les estimations de production avancées plus avant cela pourrait être le cas (*cf. infra*).

L'APPROPRIATION DU RELIEF KARSTIQUE OU LE SOUCI DE RENDRE PRATICABLE UN MILIEU HOSTILE

Si entre les agglomérations romaines et le Roc de Pampelune, la gestion des déchets découle d'un comportement sensiblement identique, l'image que nous lègue l'archéologie est différente pour une simple raison : il existe sur le Roc de Pampelune une réelle nécessité de remblayer une partie, au moins, des espaces investis par l'occupation. Cette pratique de comblement ne sollicite pas que la métallurgie, mais toutes les activités du site, qu'elles soient artisanales ou domestiques, du moment qu'elles sont génératrices de déchets. Dans 2A3, 69 % du mobilier sont des scories, 15 % de la céramique, 11 % de l'os et du coquillage, 3 % des objets en fer et 1 % du verre. *A contrario*, dans 1H, 43 % du mobilier sont de la céramique, 33 % de l'os et du coquillage, 19 % de la scorie, 3 % du verre et 2 % des objets en fer. Un assemblage équivalent est reconnu dans l'espace 1T/1Q.

À cette pluralité du processus se greffe une autre particularité : la limitation topographique des zones remblayées. Cet aspect est particulièrement flagrant dans l'angle nord-oriental de l'agglomération où la cour 2A3 est chargée de scories, tandis que l'espace ouvert 2B4, à moins de dix mètres de là, en est totalement exempt – 2B4 se situe contre le bâtiment 2B et le rempart oriental (fig. 97). Aussi, cette pratique de remblaiement n'a rien d'anarchique, mais rend plutôt compte d'une organisation voire, peut-être, d'un contrôle.

Cette véritable volonté de remblaiement est à mettre en perspective avec la fondation du site qui investit, dans la seconde moitié du V^e siècle, un milieu plus rocailleux que terreux, un plateau calcaire très peu sédimenté, comme le montrent les fouilles, qui n'ont révélé qu'à trois endroits très localisés, une sorte de paléosol remanié légèrement anthropisé – 2B4, sondage au sud-est de 1S1, sondage entre 1D1 et 1F. Ailleurs, la sédimentation anthropique tardo-antique recouvre directement le substrat calcaire et comble les moindres diaclases. Il est donc très vraisemblable que le remblaiement fut une priorité dès le début de l'occupation des lieux pour rendre les espaces utilisables. Rien n'indique que cette pratique se soit poursuivie continuellement durant toute l'occupation.

L'anthropisation des lambeaux de paléosols témoigne de l'existence d'une phase d'occupation directement antérieure de celle qui nous intéresse – dans le IV^e et/ou le V^e siècle. Il est difficile de la saisir, tant elle est fugace et remaniée. Du reste, il apparaît cependant assez clairement que celle-ci n'a qu'une ampleur limitée et qu'elle n'a pas abrité de forge, si ce n'est peut-être dans le cadre de travaux temporaires, peut-être de constructions. Seules trente et une

scories (1310 g) ont été découvertes dans cette phase au sein du sondage entre le bâtiment 1D et 1F.

3.1.3. LE FONCTIONNEMENT DE FORGES SURÉLEVÉES ?

LES FOYERS CONSERVÉS

Sur le petit plateau calcaire que forme le Roc de Pampelune, la sédimentation est plus liée à une dynamique d'érosion qu'à celle d'une déposition, comme en plaine. Les vestiges sont donc à nu, souvent abîmés et uniquement recouverts par une fine couche d'humus. Leur préservation est également enrayée par la perturbation des racines d'une chênaie endémique, dont l'exploitation est avérée du Moyen Âge à l'époque moderne (Chabal 1997 ; Britton *et al.* 2007). Cette dégradation au cours du temps a aussi été accentuée par les mécanismes d'aspiration ou d'absorption, inhérents à tous les systèmes karstiques. Par conséquent, si le site du Roc de Pampelune est remarquable par la relative instantanéité de son occupation, sa conservation n'est cependant pas dénuée de fortes contraintes taphonomiques qui perturbent notre lecture, tout particulièrement en ce qui concerne les aménagements non monumentaux, telles les installations métallurgiques.

Deux foyers de forge, relativement conservés, permettent d'entamer une réflexion sur les formes de cet aménagement de chauffe qui se trouve au cœur des ateliers métallurgiques (fig. 97).

Le premier foyer de forge se situe dans le bâtiment 1S1, au centre de la bourgade. De plan rectangulaire (38 x 20 x 12 cm), il est directement creusé dans les couches de construction de cet édifice (fig. 100). Comme à *Ambrussum*, dans la seconde moitié du II^e siècle, dans le bâtiment A de la zone 12, le contexte stratigraphique de son implantation permet de le classer dans une catégorie singulière : celle des forges temporaires liées au chantier de construction (*cf. infra*, partie II, chapitre 2, § 1.1). Son utilisation momentanée est confirmée par deux points. D'une part, seul un culot (350 g) a été retrouvé en place dans le foyer comblé d'un sédiment très charbonneux (fig. 98). Autour, six petits déchets informes (140 g) sont étalés, mais il n'y a pas de battitures. D'autre part, seule une grosse plaque d'argile rubéfiée et scorifiée a été découverte fragmentée sur le foyer (900 g). Percée d'un trou de 2 cm de diamètre, elle forme le débouché d'une tuyère qui signale l'utilisation d'un soufflet.

Le second foyer de forge est localisé dans le quartier sommital de l'agglomération, dans la petite pièce (3D2) d'un bâtiment implanté à proximité de l'église baptismale (fig. 97). Par rapport au précédent, il s'organise d'une manière totalement différente, puisqu'il n'est pas excavé, mais surélevé sur une superstructure rectangulaire à parement unique en calcaire équarri (SB3389 ; 145 x 150 cm). Toute la partie supérieure de ce massif est arasée et bouleversée par la croissance d'un chêne, mais l'on peut raisonnablement envisager que son sommet était circonscrit par des blocs de grès rubéfiés, retrouvés en position secondaire autour et sur la base de ce socle en connexion avec une concentration de scories. L'identification de cette installation étant

intervenue *a posteriori*, lors de la fouille en 2001, la recherche de battitures n'a pas été engagée. Toutefois, la présence dans les niveaux d'occupation de soixante-huit scories (2080 g), dont onze fragments de paroi (90 g), et d'un sédiment très charbonneux, permet d'avancer l'hypothèse de la fonction métallurgique de ce massif pour lequel de nombreuses analogies peuvent être faites avec des modèles médiévaux conservés notamment à Brandes-en-Oisans (Huez, 38) (Bailly-Maitre 1995, p. 334-337 ; Serneels *et al.* 2004, p. 89-92) (fig. 98).

DES CONCENTRATIONS DE PAROIS SCORIFIÉES

Sur le Roc de Pampelune, au moins quatre autres lieux abritent un foyer de forge. Leur identification est cependant plus délicate, à cause du caractère à la fois disparate et simplifié du corpus de vestiges recueillis. Dans le cœur de l'établissement, dans la pièce 1L1, plus d'une vingtaine de fragments de paroi scorifiée (208 g) signalent le fonctionnement d'un foyer de forge ; exercice par ailleurs assuré par la présence de nombreuses scories concentrées dans le bâtiment (7184 g) et ses abords (8223 g) (fig. 98). Plus à l'est, dans une tour semi-circulaire partiellement fermée à la gorge et flanquant l'angle sud-oriental du rempart (4G), l'existence d'un foyer de forge est attestée par des artefacts identiques : les niveaux d'occupation rassemblent plus de sept cents scories (8581 g) associées à trente-trois fragments de paroi (145 g) (fig. 98). Légèrement plus au nord, dans la pièce 4F, la présence d'une forge est également soutenue par un assemblage semblable de déchets : pratiquement six cents scories (14880 g), dont quarante-quatre fragments de paroi (433 g), sont regroupées dans une légère dépression plus ou moins aménagée dans le sol. Enfin, dans l'angle nord-oriental de l'agglomération, dans la cour (2A3) formée par le rempart septentrional et le bâtiment 2A, le corpus de mobilier métallurgique du remblaiement charbonneux répercute aussi le fonctionnement d'un foyer de forge dans les environs proches : il est composé de plus de 36 kg de scories, dont pratiquement 1,5 kg de fragments de paroi (fig. 98). Par ailleurs, il est certain qu'une forge a fonctionné dans la cour 2A3, une zone du substrat étant rubéfiée, éclatée et incrustée à chaud de scories. Située sous l'épais comblement métallurgique, celle-ci n'a pas de rapport direct avec les déchets qui la recouvrent, mais représente peut-être l'emplacement primitif de l'atelier, à moins qu'elle ne soit, en réalité, que le reliquat d'une forge de construction installée lors de la fondation des bâtiments et/ou du rempart, à l'image de celle établie dans 1S1.

C'est donc, au total et au minimum, six forges qui sont individualisées dans l'agglomération tardo-antique du Roc de Pampelune (fig. 97). Leur synchronie, comme leur fonction productive, sont des aspects abordés plus avant dans le texte. Ici, notre propos s'attache à décrire les vestiges pour révéler le paradoxe entre le nombre important d'espaces dédiés à la métallurgie et le peu de foyers de forge conservés. Seuls deux foyers sont plus ou moins correctement matérialisés dans 1S1 et 3D2. Les quatre autres ne sont signalés que par des concentrations de parois scorifiées associées à de nombreuses autres scories. Pouvons-nous imputer aux problèmes taphonomiques l'inexistence d'aménagements ? S'il est certain que les installations surélevées sont davantage vouées à une destruction certaine, les structures en creux, tels les foyers de forge excavés, ont-elles éprouvé de façon identique les dommages du temps ?

Les sept années de fouille ont clairement montré que diagnostiquer des trous de poteau était une chose impraticable dans ces sédiments à la fois lessivés et bouleversés. Cependant, les forges excavées et pérennes sont structurées par des parois rubéfiées et scorifiées, voire par un muret permettant de protéger le soufflet (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 1.1). Elles devraient donc être plus systématiquement épargnées. Pourtant, seuls des fragments de parois très fragmentés ont été découverts en position secondaire, mélangés au lot quotidien des rebuts de forge.

Il devient difficile de persévérer dans cette voie qui entend justifier par les seules perturbations taphonomiques, le paradoxe entre les nombreux espaces métallurgiques et le peu de foyers conservés. Notre lecture est peut-être directement biaisée par la source archéologique. Celle-ci met particulièrement en exergue l'existence d'aménagements monumentaux en matériaux impérissables, qui plus est, s'ils sont construits en creux ou en sous-sol. Pour cette raison, les foyers de forges excavés sont légion, mais ceux surélevés peuvent aussi être employés, comme le signale de manière récurrente l'iconographie dès la plus haute Antiquité. On convient même qu'ils sont utilisés habituellement à partir du Moyen Âge central (Serneels *et al.* 2004, p. 89-92). Le Roc de Pampelune abrite dans la pièce 3D2 un foyer pérenne prenant place sur une superstructure en calcaire. Les quatre autres concentrations de parois ne seraient-elles alors pas le reliquat de telles installations, cette fois-ci en matériaux périssables ? Répondre à une question engageant des vestiges totalement disparus ne peut se faire frontalement, elle nécessite de suivre des cheminements détournés. Il a été clairement démontré que le milieu investi à la fin du V^e siècle était très majoritairement rocailleux. L'inhospitalité du substrat et les caractéristiques sédimentaires des couches d'occupation ont, dans de très nombreux cas, suggéré l'existence de planchers au rez-de-chaussée des bâtisses pour rendre l'espace viable ; planchers, du reste, attestés par l'existence de sous-sol et d'étage. On perçoit donc toute la difficulté que les occupants ont rencontrée pour construire des foyers de forge excavés dans le substrat calcaire naturel. D'ailleurs, le seul exemple de ce type se rapporte à un exercice momentané, à une forge de chantier temporaire. Il est donc très probable que les foyers utilisés « quotidiennement » soient établis sur une superstructure plus ou moins élevée, fabriquée soit en matériaux périssables, soit en dur, comme dans 3D2. Dans bien des cas, l'unique vestige reste alors les fragments de paroi rubéfiée et scorifiée.

3.2. UNE QUALITÉ DE FER POUR CHAQUE FORGE

Dans ce panorama sur le fonctionnement et la nature des ateliers métallurgiques durables du VI^e siècle sur le Roc de Pampelune, la forge temporaire située dans la pièce 1S1 est volontairement retranchée, les questions émanant de cette catégorie d'exercice étant traitées dans le chapitre suivant.

Pour asseoir l'étude des cinq forges pérennes du site, vingt échantillons ont été examinés en métallographie. Ils se répartissent de la manière suivante : un fragment de loupe, trois demi-produits, onze culots de forge, quatre objets en cours de confection et un outil de forge – une matrice-enclumeau (fig. 102, 104, 107 et 112). Ces analyses archéométriques ont été conduites parallèlement à la fouille, mais avec un décalage d'une à deux années. De fait, certains secteurs sont documentés – 1H, 1L, 2A et 3D –, tandis que d'autres, comme 4F et 4G, ne le sont que très peu, voire nullement. Nous y remédierons prochainement.

Dès à présent, précisons néanmoins une particularité de l'atelier installé dans la tour 4G. Ce contexte a livré un couple d'outils complémentaires de forge : un poinçon biconique (90 x 15 x 15 mm pour environ 200 g) et une matrice-enclumeau, laquelle a été analysée en métallographie (échantillon 4309.1) (fig. 101, 102 et 103). Ce bloc parallélépipédique de 450 g (72 x 38 x 27 mm) est muni sur ses deux grandes faces de trois orifices coniques borgnes de 6 à 8 mm de diamètre et d'environ 10 mm de profondeur (fig. 102 et 103). Deux d'entre eux sont alignés sur un même plan à 3 cm d'intervalle, tandis que l'autre est situé au milieu du côté opposé. Ils ont été façonnés à chaud dans une structure composée d'une accumulation de feuilles ferritiques et aciérées (soit entre 0,4 et 0,5 % de C, soit entre 0,7 et 0,8 % de C) agencées particulièrement : le pourtour est essentiellement carburé, alors que le cœur a tendance à être plus ferritique – le possible écrouissage des surfaces consécutif au martelage ne peut donc pas être vérifié. Cet arrangement concède à l'ensemble des caractéristiques mécaniques spécialement adaptées à une matrice-enclumeau : ainsi, les surfaces sont dures et l'âme peut absorber des chocs répétés. Un outil approprié à percussion indirecte complète l'équipement : il s'agit du poinçon à manche biconique surmonté d'une tête mycomorphe découvert dans le même contexte (fig. 101). Destiné à percer des éléments fins, il est courant dans les contextes de forge, notamment gallo-romains (Duvauchelle 2005, p. 26-27, 135, 154). Enfin, l'assemblage scoriacé se distingue très nettement des autres contextes métallurgiques par une très forte proportion de scories coulées peu denses – 63 % du nombre ou 37 % du poids des scories (fig. 98). Aussi, dans l'attente de nouvelles analyses métallographiques, il est d'ores et déjà possible de proposer une hypothèse de lecture, celle d'une forge de précision et de finition établie dans la tour 4G autour de la production de petits objets emboutis et percés.

Un autre poinçon de forgeron identique à celui de 4G a été découvert avec quelques scories et un demi-produit dans un épandage métallurgique et charbonneux situé à l'arrière du rempart septentrional (2L), au nord de la forge du bâtiment 1L – l'analyse métallographique du demi-produit (échantillon 2535.1, *cf. infra*) est commentée plus avant (fig. 97, 112 et 118). Ce contexte pourrait sous-tendre l'existence d'un atelier de précision supplémentaire dans les environs immédiats.

3.2.1. DANS LE QUARTIER SOMMITAL, LA FABRICATION D'OBJETS EN FER DOUX

ENTRE LA FORGE 3D2 ET LE DÉPOTOIR 1H : UNE RELATION COMPLEXE.

L'atelier du quartier sommital – pièce 3D2 –, dans lequel est installé le foyer surélevé sur un socle en calcaire, compte parmi les forges pérennes (fig. 97). Une des questions attachée à cette unité artisanale concerne le(s) lieu(x) où sont évacués ses déchets, aucun lien direct avec un dépotoir n'étant reconnu. Le statut privilégié et l'exiguïté des alentours de l'église expliquent cette situation. Également, ils laissent aisément envisager que tout ou partie des rebuts ont été évacués plus bas, dans des zones périphériques de remblaiement. Aussi, il est évident que l'espace 1H, adossé derrière le mur/rempart ceinturant à l'est le quartier haut, a été concerné par ces rejets. Les observations métallographiques des culots des deux lieux étayaient ce lien (*cf. infra*). D'autres endroits ont pu aussi être utilisés, mais cette éventualité est invérifiable, tant l'érosion a mis à nu le substrat tout le long de la surface sommitale enclose.

Dans la forge 3D2, la petitesse du corpus de scories découvertes n'assure pas une référence statistiquement satisfaisante permettant de le comparer avec le dépotoir 1H. On notera cependant que ces deux ensembles présentent en majorité des scories informes et que les assemblages sont différents en proportion, notamment au sujet des scories coulées et des *gromps* – ou pseudo-*gromps* (fig. 98).

La valeur du corpus découvert dans le dépotoir 1H n'est donc pas envisagée par rapport à l'atelier originel (3D2), mais en fonction de sa valeur intrinsèque et d'autres contextes métallurgiques. Ainsi, le fait frappant est la très faible fréquence des culots dans 1H, alors que ces scories sont les plus lourdes et les plus nombreuses dans une activité de forge (fig. 98). Ils ne représentent respectivement que 3 % et 28 % du nombre et de la masse. *A contrario*, à *Olbia* ou à *Ambrussum*, dans deux forges avec un tas de déchets en attente d'évacuation, les culots composent environ 14 % du nombre et 64 % de la masse (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 1.1 et § 2.1.2). Cette proportion haute des culots dans des contextes de forges est confirmée par l'étude détaillée d'autres sites (Anderson *et al.* 2003, p. 156 ; Eschenlohr *et al.* 2007). De surcroît, tous les autres types de scories de 1H sont très petits, leur masse unitaire est d'environ 12 g. En conséquence, il reste très vraisemblable que la forge 3D2 ait évacué, une partie au moins, de ses déchets dans 1H, mais ce rejet ne semble avoir touché en priorité que les petits rebuts. Les culots – les plus grosses scories de forge – paraissent avoir été soustraits de ce processus, à moins que nous ayons à faire à une fragmentation exceptionnellement importante de tous les rebuts. Du reste, mentionnons que tous les culots sont plutôt homogènes à l'image de leur poids la plupart du temps inférieur à 150 g – en moyenne, 125 g (fig. 99).

DU CULOT À LA PRODUCTION

Un deuxième facteur biaise la relation entre l'atelier 3D2 et le dépotoir 1H : il n'existe pas de correspondance réciproque entre les deux ensembles. La formation sédimentaire 1H accumule des résidus domestiques et artisanaux d'une grande variété de sources communes à l'ensemble du

quartier de l'église. Il n'est donc pas possible de certifier, hormis pour les scories, que tel élément de 1H provient de la forge 3D2 et, *a fortiori*, pour les objets en fer. De fait, aucun d'entre eux n'a été retenu pour renseigner la production de la forge. Seuls sept culots ont été prélevés dans 1H pour définir l'activité en métallographie (échantillons 1389.1, 1389.2, 1389.3, 1393.2, 1393.3, 1409.3 et 1409.4). Un autre spécimen de même type a été échantillonné dans la forge 3D2 (échantillon 3348.1) (fig. 104). Dans ce dernier contexte, tous les objets en fer se rapportent aux couches superficielles d'abandon, lesquelles sont souvent perturbées et polluées par l'intrusion d'éléments exogènes – un couteau ou un ciseau, deux clous, un anneau. Il a donc été, là encore, impossible d'adjoindre au corpus analytique scoriacé des éléments métalliques.

La plupart des culots de forges analysés dévoilent une matrice fayalitique homogène avec des globules et, plus rarement, des dendrites de wustite (fig. 104). Seuls deux d'entre eux sont plus hétérogènes, sans pour autant être en inadéquation avec le reste du lot. Les huit échantillons renvoient toujours à des cycles de chauffe conduits à moyenne température et accompagnés par la chute de nombreux fragments, filaments et/ou billes métalliques (fig. 105 et 106). Ces pertes sont de dimensions importantes. Elles peuvent atteindre 3 cm et sont plus généralement de l'ordre du millimètre. Elles possèdent toujours une propreté inclusionnaire élevée. Toutes conservent aussi des faces planes, qui plus est, parfois jointes par des angles vifs. Plus précisément encore, il apparaît, après attaque au Nital, que les chutes de métal sont essentiellement de la ferrite et, beaucoup plus rarement, de l'acier à 0,2 % de C. La ferrite ne semble pas consécutive à une décarburation, puisque l'un des fragments est encore écroui. La matrice fayalitique contient également un semi important en battitures lamellaires et globulaires. Par conséquent, tout concourt à caractériser dans 3D2 une forge de fabrication à laquelle se greffent de nombreuses pertes métalliques et parfois des ajouts – matière organique, silice...

Il est avéré que la chute importante de fragments métalliques dans les culots résulte autant de l'hétérogénéité du matériau travaillé que de sa petitesse (Fluzin *et al.* 2000 ; Fluzin *et al.* 2004, p. 167). Ici, l'existence de phase d'épuration est à proscrire (*cf. supra*), autant que le façonnage d'un matériau hétérogène. Il reste que, dans le cadre de phases de forge plus avancées, le recyclage et le façonnage de petits éléments peuvent conduire à la chute répétée de fragments dans le bain de scorie en fusion. Comme la récurrence structurale des pertes va à l'encontre d'un faciès de recyclage, on diagnostique plus particulièrement une activité de fabrication de petits objets dans l'atelier 3D2. Il était en effet peu probable qu'une forge pérenne d'un établissement créé *ex nihilo* puisse organiser une grande partie de sa production autour d'un travail de recyclage, même si un tri des déchets est observé.

Dans ces conditions, l'essentiel de la production de l'atelier de 3D2 est sans aucun doute fondé sur la fabrication d'objets constitués de ferrite ou d'acier doux, dont la teneur en carbone est inférieure à 0,2 %. Au niveau de la qualité du métal forgé, il est donc possible de restreindre l'éventail de la production. Il reste toutefois difficile de préciser la variété typologique des pièces produites, si ce n'est en soulignant leur petitesse. De très nombreux objets peuvent inclure des petits éléments, même en ferrite. On pense particulièrement à la parure ou au harnachement, mais aussi à des objets plus communs comme les clous. La production marginale de pièces plus importantes et/ou plus aciérées ne peut cependant pas être exclue.

3.2.2. DANS L'ANGLE NORD-ORIENTAL, UNE PRODUCTION D'OBJETS EN ACIER

UN DÉPOTOIR PRINCIPALEMENT MÉTALLURGIQUE

L'atelier de forge situé dans l'angle opposé de l'agglomération, au sein de l'extrémité nord-orientale, est signalé par un dépotoir comblant une cour (2A3) intercalée entre le rempart septentrional, en aval, et le bâtiment 2A, en amont (fig. 97). À l'image des quatre autres forges du site, il est fort peu concevable que l'atelier soit implanté en plein air, dans cet amas de scories. Comme le préconise la tradition métallurgique, il est plus assuré qu'il soit abrité (Serneels *et al.* 2004, p. 97). L'analyse spatiale du complexe métallurgique du quartier sommital a montré que la relation topographique entre l'atelier et son dépotoir peut être distendue (*cf. supra*). Cependant, dans 2A3, la concentration importante en mobilier métallurgique – 69 % sont des scories – tend à signaler le contraire et à souligner une certaine proximité entre les deux espaces. Deux édifices sont voisins de la cour 2A3 : Les bâtiments 2A et 2B. Ce dernier renferme un foyer excavé de 30 cm de diamètre structuré, sur un côté, par un muret en grès rubéfié. Le contraste entre la préservation de cet aménagement et l'inexistence de déchets métallurgiques pousse à réfuter l'hypothèse de sa fonction métallurgique et à soutenir l'exercice d'un autre art du feu, tel celui du verre – le foyer était comblé par un sédiment charbonneux contenant du verre. Quant au bâtiment 2A, il est impossible d'identifier sa fonction, tous ses niveaux tardo-antiques ayant été soustraits par une importante réoccupation durant le Moyen Âge central – aux XII^e-XIII^e siècles. Par défaut, il reste toutefois le plus à même d'avoir hébergé la forge.

Le dépotoir 2A3 est composé de plus de deux mille scories (36650 g) dans lesquelles se trouve le lot ordinaire de déchets issus d'une activité de forge, dont majoritairement des scories informes (fig. 98). Moins habituelle est en revanche la proportion de certains types de rebuts. En effet, une quantité importante est composée par des scories coulées et des scories peu denses de formes rondes – respectivement 18 et 26 % du nombre ou 16 et 12 % de la masse. À l'inverse, les *gromps* ou les pseudo-*gromps* se trouvent beaucoup plus rarement – environ 2 % du corpus. Tous ces rebuts pèsent en moyenne 13 g, comme dans le dépotoir 1H. Comme dans le dépotoir 1H également, les culots de forge sont très peu nombreux. Ceci est encore plus manifeste ici puisqu'ils ne composent que 1 % du nombre ou 17 % de la masse. Pour rappel, dans les forges d'*Olbia* ou d'*Ambrussum*, des tas de déchets en attente d'évacuation sont composés de culots à hauteur d'environ 14 % du nombre et 64 % de la masse. Dans d'autres forges, des proportions tout aussi importantes sont notées (Anderson *et al.* 2003, p. 156 ; Eschenlohr *et al.* 2007). Les dépotoirs 1H et 2A3 pointent donc une même évidence : les culots sont sous-représentés et les déchets rejetés majoritairement petits. Deux causes à cela : soit il existe une fragmentation exceptionnelle des scories lors du rejet, soit les plus gros rebuts sont soustraits au processus pour être utilisés dans un autre lieu et peut-être dans une autre fonction où la grosseur et/ou la masse peuvent avoir leur importance.

Dans 2A3, malgré le sort réservé aux culots, vingt-sept (6240 g) sont conservés. Ils sont plutôt homogènes, leur poids étant inférieur à 150 g dans la plupart des cas (fig. 99). Quelques

très gros exemplaires ramènent leur moyenne à 210 g. Trois d'entre eux ont été sélectionnés pour renseigner l'activité en métallographie (échantillons 2180.1, 2180.2 et 2180.3) (fig. 107). Leur matrice fayalitique est, soit homogène, soit hétérogène, mais toujours fournit d'un semi de dendrites de wustite. Elles ne traduisent pas des travaux distincts. Dans les deux situations, les cycles de chauffe maîtrisés sont accompagnés de faibles pertes en oxyde – battitures lamellaires et globulaires – et par des chutes métalliques pratiquement inexistantes. Aussi, tout concourt à affilier au dépotoir 2A3, une forge de fabrication, comme dans la forge 3D2, à la différence qu'ici s'additionnent très couramment des phases spécifiques à haute température où sont mis en jeu de nombreux ajouts – matière organique, silice... Ceci explique la présence de très nombreuses scories coulées et de scories peu denses de forme ronde. L'autre différence avec le quartier sommital réside dans la nature du matériau façonné – morphologie et qualités physiques –, lequel induit très peu de chutes dans le bain scoriacé.

Pour connaître la nature du matériau, le dépotoir 2A3 recèle un sérieux avantage : la majorité des objets en fer qu'il renferme se rapporte très probablement à l'activité de forge, étant donné que son comblement est principalement composé de déchets métallurgiques – 69 % des artefacts sont des scories. D'ailleurs, un demi-produit partiellement débité, vingt-trois chutes massives associées au travail du fer (199 g) et seize plaques ouvragées (54 g) d'environ 1 mm d'épaisseur et n'excédant que rarement 5 cm², y ont été mis au jour. Trente-neuf tiges (170 g) et trente-et-un clous (260 g) alimentent le lot. Enfin, deux cornières en U, une tige de 1 cm de diamètre, un couteau domestique, un ciseau à bois (fig. 111), une chasse de tailleur de pierre, une pièce à double tranchant et un élément de harnachement – peut-être un pendant de harnais – complètent ce corpus. Parmi tous ces éléments, le demi-produit partiellement débité (échantillon 2194.1), le couteau (échantillon 2208.1), la chasse de tailleur (échantillon 2194.3) et la pièce à double tranchant (échantillon 2194.2) ont été prélevés pour être analysés en métallographie afin de connaître plus finement les techniques mises en œuvre et la qualité de ces produits manufacturés (fig. 107).

LA MISE EN ŒUVRE DES ACIERS

Le fait que le demi-produit 2194.1 ait été retrouvé débité suggère assez clairement son utilisation dans la forge (fig. 107 et 108). Il illustre le genre de matériau œuvré, d'autres qualités et/ou morphologies de matières semi-finies ayant pu intervenir. De forme parallélépipédique, ce demi-produit est composé d'un fragment de loupe mi-ferritique mi-aciérée (à 0,7-0,8 % de C) qui a connu une épuration d'assèchement, sans pour autant avoir été très correctement compactée. De bonne qualité, la matière ne nécessite pas de phase d'épuration ou de compactage si ce n'est celle inhérente à tout travail de martelage et, donc, à toute fabrication d'objets. La qualité de la matière trouve ainsi un plein accord avec les cycles de chauffe illustrés par les scories.

Quant aux trois objets, ils présentent une composition homogène ; tous sont aciérés (entre 0,4 et 0,8 % de C) et tous sont très correctement épurés et compactés à l'image de la pièce à double tranchant dans laquelle les lignes de soudure ne sont pratiquement plus perceptibles (fig. 107). D'une manière globale, les objets fabriqués sont donc de premier ordre. Précisément, il

faut souligner la qualité des soudures faites parfois à l'aide de la technique dite du jet de sable. Cette utilisation permet de limiter la formation d'oxyde sur les surfaces et ainsi favoriser l'assemblage. Plus encore, la finesse du travail de forge se mesure dans les adéquations qui existent entre, d'un côté, la qualité du travail effectué et des matériaux employés et, de l'autre, la destination fonctionnelle de l'objet ou de la partie sollicitée de l'objet. Aussi, tous les aciers ne sont pas employés de la même manière. Dans la chasse de tailleur (échantillon 2194.3), le cœur est composé d'une feuille à 0,3-0,4 % de C, tandis que le tranchant est issu d'une autre à 0,7-0,8 % de C (fig. 107 et 109). Ainsi, le taillant est dur, tandis que le cœur reste plus souple de manière à ce que l'outil amortisse les chocs sans que sa partie fonctionnelle ne s'émousse. Le couteau domestique est plus simplement construit, à partir d'une unique feuille à 0,7 % de C (fig. 107 et 110). Ceci n'a rien d'étonnant puisque ce matériau est totalement adapté aux contraintes mécaniques que l'objet est destiné à subir. Cette utilisation raisonnée des alliages fer-carbone est combinée à des assemblages également réfléchis. Dans le couteau, la feuille est simplement repliée et soudée sur elle-même, tandis que, dans la chasse, le montage est beaucoup plus technique – soudure en gueule de loup ensuite repliée sur elle-même – de façon à enchevêtrer les deux types d'alliage plus solidement, à rendre plus robuste le taillant et à limiter les risques de rupture au niveau des soudures ; des lignes de faiblesse par excellence. La maîtrise des techniques de forge ne se limite pas qu'aux traitements mécaniques des différentes qualités d'alliages. Ces objets tranchants ont également bénéficié de traitements thermiques et/ou chimiques. La chasse de tailleur a été totalement trempée. Celle-ci n'a réellement pris qu'au niveau des feuilles très carburées – dans celles à 0,7-0,8 % de C (fig. 107 et 109). De la sorte, la dureté du tranchant a été exacerbée, sans pour autant restreindre la souplesse de l'âme et rendre l'ensemble de l'outil cassant. D'une certaine façon, cette opération peut s'apparenter à une sorte de trempe sélective envisagée dès l'origine de la fabrication de l'outil par l'intermédiaire de l'utilisation de différents aciers. On mesure donc toute la complexité des connaissances convoquées pour fabriquer cette chasse. Quant au couteau, il a subi un traitement chimique : tout le fil du tranchant a été très finement décarburé (fig. 107 et 110). Les traitements chimiques ne sont couramment entendus que par la cémentation ; conception émanant de la valeur que nous accordons actuellement aux aciers. Il n'en demeure pas moins que le processus inverse est tout aussi technique, surtout comme ici, quand la décarburation est très précisément localisée et suivie d'un écrouissage (traitement mécanique) probablement pour augmenter la dureté et la résistance à la déformation du fil de la lame. D'ailleurs, toute la complexité de cette opération peut être évaluée dans la pièce à double tranchant 2194.2 et dans la chasse 2194.3 dont respectivement les tranchants et le talon ont été trop décarburés, voir brûlés, ce qui a, au moins partiellement, engendré leur perte – ceci aussi sous-tend que ces objets sont directement issus du contexte de forge (fig. 107).

LA HIÉRARCHISATION DES CRITÈRES QUANTITATIF ET QUALITATIF POUR DÉFINIR UNE PRODUCTION

Pour qualifier une forge par sa production, deux approches peuvent être explorées : le biais quantitatif ou qualitatif. Suivant le postulat numérique, dans le cas de l'atelier illustré par le dépotoir 2A3, les clous semblent être les objets les plus habituellement produits, tandis que la fabrication des objets en acier y est subordonnée. Du point de vue qualitatif, les conclusions échafaudées sont inverses, puisque sont alors introduites dans le raisonnement la valeur ajoutée et la valeur d'usage – la valeur d'usage est inversement fonction de la quantité disponible : plus ce bien est disponible, plus sa valeur d'usage est basse. Dès lors, les objets tranchants en acier portent le trait discriminant.

Tout le problème de la définition d'une activité artisanale est de saisir la particularité d'une production nécessairement diverse, comme dans le cas, il est vrai beaucoup plus flagrant, de la forge routière de l'îlot 9 d'*Ambrussum* (cf. *supra*, partie II, chapitre 1, § 2). C'est ce qui fait la spécialité de l'atelier artisanal. Sans négliger le quantitatif, le qualitatif est alors particulièrement prépondérant. Le biais quantitatif prévaut plus spécialement dans la définition d'entreprises concentrées dans lesquelles est fabriqué pratiquement en série un corpus limité de produits – comme les sigillées antiques (cf. *infra*, partie II, chapitre 2, § 2) (Laubenheimer 2001). Quel que soit le modèle économique dans lequel évolue l'activité, l'étude ne doit donc délaissier aucun des deux critères, mais doit les hiérarchiser.

En conséquence, le dépotoir 2A3 reflète une forge de fabrication dont la particularité n'est pas le façonnage de clous, lequel traduit une production polyvalente assortie à la vie quotidienne, mais la mise en forme d'outils tranchants aciérés à l'aide d'une très haute compétence technique.

3.2.3. AU CENTRE DE L'AGGLOMÉRATION, LA MISE EN FORME DE DEMI-PRODUIT

DANS 1L1, UNE FORGE D'ÉPURATION

Au centre de l'agglomération du Roc de Pampelune, un atelier de forge a également été localisé, précisément dans la petite pièce du bâtiment 1L – 1L1 –, par une concentration importante en parois scorifiées qui matérialise probablement l'installation d'une forge surélevée (cf. *supra*) (fig. 97 et 98). Les déchets se retrouvent en petites quantités dans tout le bâtiment. Ils sont en revanche plus nombreux directement en avant de la construction, au pied de l'espace dégagé qui s'ouvre devant l'entrée – espaces 1Q et 1T. Il est assez probable que leur rejet ait concerné d'autres espaces légèrement plus éloignés, les diaclases du calcaire étant rapidement comblées et nivelées à cet endroit relativement horizontal. Plus au nord en revanche, à 20 m et moins, des dévers sont barrés par le rempart septentrional – espaces 2L et 2K, ainsi qu'entre 2D et 1N. Ceux-ci nécessitaient un colmatage important, dont il ne subsiste aujourd'hui que la base

inférieure. Sondées seulement dans les secteurs 2K et 2L, ces zones étaient remplies par un sédiment charbonneux contenant notamment des scories. Elles rappellent le cas de 1H, à savoir un remblai de dépotoir polyvalent en partie constitué par les déchets d'une activité métallurgique un tantinet éloignée, en l'occurrence peut-être l'atelier 1L.

Pour apprécier globalement l'atelier de forge de 1L1, les secteurs examinés sont le bâtiment 1L et ses proches abords – 1T et 1Q (fig. 97). Les dévers comblés sont défalqués des décomptes, certains éléments singuliers sont uniquement discutés. Dans ces conditions, l'assemblage de scories se référant à la forge 1L1 est, comme toujours, largement dominé par les scories informes (fig. 98). Les culots sont légèrement plus fréquents qu'à l'accoutumé du site, mais ne représentent toujours pas la proportion normale à l'image d'une activité d'une forge. Ici aussi, les rebuts sont petits. Sans compter les culots, ils pèsent environ 13 g. Excepté ces aspects communs au site, le corpus s'individualise nettement des secteurs 1H et 2A3 par l'absence totale de scories coulées peu denses et surtout par le nombre proportionnellement important de *gromps* ou de pseudo-*gromps* – dans 1L1 et 1Q, respectivement 16 et 5 % du nombre. D'ailleurs, dans les couches de fonctionnement de la forge 1L1, un élément métallique tout à fait singulier a été mis au jour et analysé en métallographie : un fragment de loupe en cours de comptage et d'épuration (échantillon 1176.1) (fig. 112 et 113). Cette masse de 190 g (75 x 52 x 27 mm) possède de nombreux replis plus ou moins refermés, des zones d'agglomération métallique incomplète, des porosités et quelques inclusions de scories et de charbon de bois. Le métal est formé d'un acier eutectoïde – 40 % de la section est entre 0,7 et 0,8 % de C – décarburé en périphérie jusqu'à 0,3 % de C. Ce phénomène traduit le passage, voire le séjour prolongé, de la pièce dans un foyer de forge comme l'indique également le nappage de scorie localement visible sur son pourtour. Cette action peut expliquer l'absence de plans de frappe, car le martelage de la pièce est nettement certifié, comme son épuration d'assèchement, par le faciès très écrasé de toutes les impuretés et la faible proportion d'inclusions. Seul le compactage fait défaut à ce fragment métallique, dont l'épuration est donc déjà avancée.

Que ce fragment de loupe ait été importé sous cette forme ou qu'il ait déjà subi un traitement dans l'atelier 1L1, les informations qu'il sous-tend sont sensiblement identiques : l'atelier travaille des morceaux de loupe au moins poreux, sinon encore sales. Cette production ne paraît pas isolée ou anodine puisqu'elle trouve une résonance dans l'assemblage scoriacé. De la sorte, tout semble concourir pour caractériser l'atelier de 1L1 comme une forge d'épuration secondaire où des morceaux de loupe plutôt bruts sont traités.

UN GABARIT POUR DES DEMI-PRODUITS EN QUANTITÉ

Le Roc de Pampelune est jonché de scories. Il l'est également de demi-produits. Seize spécimens y ont été mis au jour, ce qui constitue probablement le plus important lot découvert dans une occupation humaine antique ou médiévale du midi de la France – de cette comparaison sont exclues les épaves romaines des Saintes-Maries-de-la-Mer (*cf. infra*, partie III, chapitre 2, § 1.1). Ils sont dispersés sur tout le plateau, du quartier sommital à l'angle nord-oriental de l'agglomération (fig. 97 et 114). Leur masse varie de 20 g à 340 g. Et pour cause, ils se trouvent

sous différents états, de l'exemplaire complet à celui débité à l'excès. *A contrario*, leur épaisseur comme leur largeur sont plutôt homogènes ; respectivement en moyenne 14 et 26 mm avec un coefficient de variation de 36 et 31 % (fig. 114). À y regarder de plus près, deux longueurs peuvent aussi être individualisées. Dans tous les exemplaires inentamés et certains, huit spécimens sur neuf possèdent une longueur comprise entre 43 et 55 mm – en moyenne 47 mm avec un coefficient de variation de 6 %. Un unique exemplaire mesure 157 mm de long. Sans parler dès à présent de standard, et s'il est difficile de considérer que le demi-produit ayant une longueur proche de 16 cm forme à lui seul un modèle, il est donc frappant de constater qu'une majorité de demi-produits sur le Roc de Pampelune est calquée sur un gabarit court de peu ou prou 47 x 28 x 13 mm (+/- 8 mm).

Dans ce lot de seize demi-produits, trois pièces ont été analysées en métallographie. L'un a déjà été évoqué dans l'étude de la forge du quartier nord-oriental (*cf. supra*), puisqu'il provient de la cour 2A3 (échantillon 2194.1 ; 101 g ; 40 x 37 x 19 mm) (fig. 107 et 108). Il est composé d'un fragment de loupe mi-ferritique mi-aciérée (à 0,7-0,8 % de C) qui a connu une épuration d'assèchement, sans pour autant avoir été très correctement compacté. Déjà débité, il ne peut pas être associé au gabarit court même si, à première vue, il s'en rapproche. En revanche, un des deux autres échantillons (2505.1) se rapporte directement au gabarit court (110 g ; 43 x 36 x 11 mm) (fig. 112 et 117). Prélevé dans le bâtiment 2H, il est composé d'une structure sensiblement équivalente au précédent : il est également issu d'un fragment de loupe mi-ferritique mi-aciérée qui diffère uniquement par un taux de comptage plus abouti – plus exactement, ici les zones aciérées concernent 75 % du demi-produit dont 40 % à 0,7-0,8 % de C. Son contour contient encore des battitures en cours de formation qui montrent que le spécimen est directement issu du contexte de forge dans lequel il a été fabriqué. Le troisième demi-produit analysé concerne l'unique spécimen long (échantillon 2535.1 : 338 g ; 157 x 26 x 15 mm) (fig. 112 et 118). Prélevé dans la terrasse 2L, il renferme un alliage ferreux de haute qualité qui se distingue nettement des deux précédents – rappelons que la terrasse 2L est un dépotoir polyvalent renfermant notamment des déchets métallurgiques et un poinçon de forgeron (*cf. supra*). Très correctement compacté et épuré, ce demi-produit est très largement composé d'un acier eutectoïde (90 % de la section est à 0,7-0,8 % de C). Seul le pourtour est très légèrement décarburé.

Il ressort de ces analyses métallographiques qu'il existe au moins deux qualités de métal : soit l'alliage ferreux est mi-aciéré mi-ferritique et moyennement compacté, soit il est totalement aciéré et très correctement épuré. Ces qualités pourraient peut-être avoir une corrélation avec la forme des demi-produits : ceux dits « courts » étant moyennement aciérés et compactés et ceux dits « long » étant très aciérés et épurés. Cette hypothèse n'est qu'une piste de travail à explorer avec d'autres analyses dans le but de vérifier les récurrences structurales.

L'atelier d'épuration installé dans le bâtiment 1L ne peut qu'être mis en perspective avec le nombre très important de demi-produits découverts sur le Roc de Pampelune, d'autant que certains sortent directement de leur contexte de fabrication (échantillon 2505.1). Ainsi, si l'on ne peut pas exclure l'importation de demi-produits façonnés sur le site, il est vraisemblable qu'une partie du fer métallique parvient dans l'agglomération dans un état quasi-brut : sous la forme de

loupes ou de fragments de loupe sales. Il est ensuite traité – épuré et compacté – spécialement dans la forge 1L1 où il est probablement transformé en demi-produit. Des filiations structurales et chimiques avérées entre le fragment de loupe (échantillon 1176.1) et certains demi-produits analysés (échantillons 2505.1 et, peut-être 2535.1) soutiennent cette hypothèse (*cf. infra*, partie III, chapitre 2, § 2.2.3).

3.3. UN VILLAGE D'ARTISANS SPÉCIALISÉS

3.3.1. LE FONCTIONNEMENT SYNCHRONE DE CINQ FORGES SPÉCIALISÉES DANS LE FAÇONNAGE D'UNE QUALITÉ D'ALLIAGE FERREUX

LA CONTEMPORANÉITÉ DES FORGES

Entre la fin du V^e et la seconde moitié du VI^e siècle, le Roc de Pampelune abrite cinq ateliers de forge pérennes – ce chiffre peut être porté à sept, si l'on considère une possible forge supplémentaire proche de 2L et une autre temporaire (1S1). Cette multiplicité des espaces de travail soulève d'emblée la question de leur contemporanéité. Les datations, relatives et absolues, ne permettent pas d'identifier des périodes de fonctionnement différentes – il est vrai, difficile à isoler dans une fourchette d'occupation d'un siècle, au plus. Et pour cause, les ateliers 3D2, 1L1 et 2A3 semblent avoir été utilisés dès la fondation de l'agglomération jusqu'à son abandon, attendu que leurs rejets comblent les diaclases du substrat et que leurs aménagements se retrouvent dans les couches d'abandon. Des réserves peuvent être émises au sujet des forges installées dans 4F et 4G, mais ces retenues sont davantage fondées sur l'état d'avancement des recherches dans ces zones récemment investies. La courte vie du Roc de Pampelune renvoie donc l'image d'un instantané dans lequel tout concourt à penser le fonctionnement concomitant de cinq forges pérennes. D'ailleurs, sinon, comment expliquer que chacune d'elles propose des productions différentes, potentiellement complémentaires – toute translation d'un même atelier est, de fait, inopérante ?

LA SPÉCIALISATION MANUFACTURIÈRE

Le fonctionnement synchrone de cinq forges pérennes se justifie par la qualité distincte des travaux pratiqués dans chaque atelier. Dans 3D2, l'exercice concerne essentiellement des petites pièces en ferrite ; dans 2A3, le forgeage est principalement axé sur des objets employant

des aciers ; dans 1L1, c'est le comptage et l'épuration de fragments de loupe dégrossie qui sont singulièrement mis en œuvre ; enfin, dans 4G, le façonnage concerne particulièrement des pièces fines embouties, percées et ciselées. La division des activités métallurgiques n'est pas liée aux types d'objets fabriqués, mais procède plutôt de la qualité de l'alliage ferreux façonné, de son taux d'épuration et de sa composition chimique. Elle s'appuie donc sur une concentration des exercices autour de domaines de compétence assortis au travail d'une certaine qualité d'alliage : de l'acier à la ferrite, du fragment de loupe à la feuille. Pour ainsi dire, cette division des activités métallurgiques apparaît plus comme une spécialisation manufacturière que comme une sectorisation manufacturière. Ainsi, elle respecte le principe fondamental du modèle économique artisanal : la diversité des productions.

Cette spécialisation manufacturière est d'autant plus valide qu'elle repose sur des compétences techniques élevées, particulièrement manifestes dans l'atelier 2A3, où des outils en acier sont fabriqués avec des procédés et des assemblages très élaborés – qui trouvent certaines correspondances avec ceux de Lunel-Viel, au milieu du II^e siècle (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 1.2). Tous les savoir-faire du forgeron qualifié sont ici dominés, des traitements mécaniques – façonnage, soudage, épuration de finition – aux traitements thermique et chimique – trempe et cémentation. Dans 1L1, la fabrication de demi-produits uniformisés de qualité à partir de fragments de loupe dégrossie sollicite aussi de grandes maîtrises techniques. La production des autres ateliers n'a pas été analysée en métallographie en raison de problèmes d'échantillonnage, mais au regard des cycles de chauffe et de la spécialisation des activités métallurgiques, toutes les forges disposent d'artisans hautement qualifiés façonnant, de préférence, leur alliage ferreux de prédilection.

En définitive, cinquante ans après les premières analyses métallographiques d'Édouard Salin et d'Albert France-Lanord et leurs études pionnières sur la civilisation mérovingienne, nos conclusions se placent dans le sillage tracé par leurs résultats, à tort souvent oubliés : dans l'Antiquité tardive, il existe des savoir-faire de très haute qualité qui n'ont rien à envier à l'Antiquité romaine (Salin 1952-1959, p. 112 (t.III))

DES EMPLACEMENTS TOPOGRAPHIQUES HÉRITÉS DU MONDE ANTIQUE

Les espaces métallurgiques sont, soit installés à côté du rempart, soit implantés aux abords d'une placette-cour (fig. 97). Précisément, le dépotoir 2A3 annonce une forge très probablement établie dans le bâtiment 2A, à proximité immédiate de la tour carrée construite à l'angle nord-oriental de l'agglomération. La forge 4G occupe également une tour, cette fois-ci, semi-circulaire à l'angle sud-oriental. Directement au nord, un nouvel espace métallurgique est localisé dans une construction qui jouxte le rempart – 4F. Quant à l'atelier 3D2, il se situe dans un édifice qui limite, au sud, l'expansion de la placette du quartier sommital, un espace ouvert en avant de l'église baptismale et d'un monument privilégié richement doté. La forge 1L1 reprend une configuration sensiblement identique puisqu'elle semble barrer, au nord, l'emprise de la cour centrale, dont l'existence doit encore être affinée par des sondages. Ces deux types de localisation ne paraissent pas avoir de relation avec la qualité des travaux exercés. En revanche, l'installation

de forge sur le périmètre de placettes témoigne de la volonté d'afficher l'exercice métallurgique dans des lieux centraux de l'agglomération, qui plus est, parfois très privilégiés, notamment dans le cas de 3D2, établi dans le cœur édilitaire de l'agglomération. Quant aux ateliers adossés au rempart, s'ils ne signalent pas un positionnement ostentatoire, ils rappellent les quartiers artisanaux des villes antiques, même si cette situation n'est pas péremptoire (Saliou 1994 ; Naveau 1996 ; Perrugot 1996 ; Guyon *et al.* 1998, p. 77-79 ; Chardron-Picault, Pernot 1999, p. 267-269 ; Rivet *et al.* 2000, p. 431-442 ; Béal, Goyon 2002 ; Borgard *et al.* 2005 ; Duvauchelle 2005, p. 166-117 ; Schutz 2005 ; Brun 2007). La nocivité des travaux de forge est souvent invoquée pour expliquer cet emplacement. En revanche, il semble qu'il faille exclure tout rapport avec l'évacuation des déchets en vrac par-dessus le rempart, hypothèse très peu recevable alors qu'une gestion rigoureuse de leur rejet a été mise en évidence, au moins au début de l'occupation. Enfin, ces parallèles ne doivent en aucun cas laisser penser qu'il existe un transfert des compétences auparavant rassemblées dans les quartiers artisanaux urbains, puisque des exemples se retrouvent encore au VII^e siècle, notamment dans les faubourgs de Marseille (Bonifay 2001, p. 62 ; Gantès 2001, p. 303 ; Varoqueaux, Gassend 2001). Ils soulignent uniquement le fort héritage du modèle urbain antique dans l'emplacement topographique des activités de forge au sein de l'agglomération du Roc de Pampelune.

3.3.2. DES PRODUCTIONS DESTINÉES À L'EXPORTATION

LE NOMBRE DE JOURS ŒUVRÉS

Devant la masse de déchets découverts, il est nécessaire de tenter une estimation quantitative de la production à partir du volume de rebuts et, tout spécialement, du nombre de culots de forge (fig. 119). Tout au long de l'étude, il a été observé que ce type de scories compose, dans les contextes métallurgiques, seulement 3 % du nombre ou 23 % de la masse. Cette proportion s'élève à respectivement 4 % et 28 % dans l'ensemble du site. Or, dans les forges d'*Olbia* et d'*Ambrussum*, deux tas de déchets montrent que, à l'issue de cycle de forgeage, les culots composent environ 14,5 % du nombre et 64 % de la masse des scories, une proportion reconnue comme étant plus fidèle à la réalité (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 1.1 et § 2.1.2) (Anderson *et al.* 2003, p. 166-168 ; Eschenlohr *et al.* 2007). Malgré la politique de remblaiement mise en évidence dans les espaces ouverts du Roc de Pampelune, il existe donc un véritable déficit en culots. En cause, la gestion des déchets qui vise à exclure – peut-être pour les utiliser – les plus grosses scories, ou la forte fragmentation de ces pièces. La question reste ouverte sans influencer sur le fait que le nombre de culots apparaît sous-estimé, au minimum, au tiers. Des trois cent un spécimens découverts, le chiffre peut être porté jusqu'à neuf cents, et élevé à trois mille sept cents si l'on prend en compte la valeur totale de scories estimées sur le site (fig. 120).

Le postulat est qu'un culot de forge correspond à une journée de forgeage et que les cycles de chauffe concernent la moitié de l'année (180 jours) (Anderson *et al.* 2003, p. 168). Les

étapes hautes de la métallurgie du fer ne peuvent se résumer qu'aux seuls travaux dans le foyer. Il faut y ajouter l'affûtage, le polissage, les assemblages de manches et l'entretien de l'atelier, ainsi que peut-être d'autres activités annexes comme le commerce, l'achat et la préparation de certaines matières premières, tels le charbon et les ajouts de forge. Aussi, les trois mille culots estimés représentent l'activité d'un seul atelier pendant dix-sept années (fig. 120). Chacune des cinq forges a donc officié durant un peu plus de trois ans, ou près de six ans si l'on considère uniquement l'existence de trois forges pérennes pour minimiser les risques de distorsion d'une telle projection. Partant de là, les trois quarts de siècle d'occupation et d'exercice sur le site sont loin d'être atteints ! En dépit des nombreux rebuts métallurgiques déposés dans le site, au moins neuf fois plus de scories semblent avoir été produites. La politique de remblaiement destinée à aménager les espaces ouverts de l'agglomération n'a donc apparemment été en vigueur qu'au début de l'occupation. Elle semble avoir été ensuite reportée sur d'autres applications et/ou fonctions, hors les murs, comme dans les sites d'*Olbia* et d'*Ambrussum*.

Au reste, si l'évacuation des déchets recouvre des mécanismes et des volontés complexes, on ne peut manquer d'associer ces remblaiements d'espaces ouverts – composés de formations sédimentaires sombres et pulvérulentes – à la problématique des « terres noires » qui témoignerait de nouvelles conditions de vie dans les anciennes occupations, particulièrement urbaines du nord de la Gaule, mais aussi rurales, comme en Languedoc dans la *villa* des Prés-Bas (Loupian ,34) (Cammass *et al.* 1995 ; Pellecuer 2000 ; Guyard 2003).

LA MASSE DE FER TRAVAILLÉE

La suite des estimations vise à quantifier la masse de fer travaillé. Cette étape passe par le calcul du volume de métal contenu dans les déchets et par l'évaluation de la quantité de fer perdue lors des phases de forgeage (fig. 121). Elle repose donc sur des études chimiques ayant établies les teneurs en fer dans les types de scories, ainsi que sur des expérimentations déterminant le pourcentage de métal perdu lors des différentes phases métallurgiques (Crew 1991 ; Orengo *et al.* 2000, p. 126-130 ; Anderson *et al.* 2003, p. 168). À partir du classement typologique des scories et de leur analyse métallographique, des correspondances peuvent être faites avec les études chimiques précédemment évoquées (fig. 121). Ainsi, la totalité des déchets découverts rassemble grossièrement 60 kg de fer. Cette masse s'élève à plus de 207 kg si l'on envisage la valeur totale estimée sur le site. Comme les phases métallurgiques se réfèrent à la fabrication d'objets et, plus ponctuellement, au compactage et à l'épuration de finition, les pertes en fer au cours de ces travaux sont étalonnées à 20 %. En conséquence, environ 300 à 1000 kg de fer ont été travaillés selon que l'on tienne compte du nombre de déchets découverts ou de la valeur totale estimée. Enfin, les remblaiements sur le site ne paraissent représenter qu'un neuvième de la totalité des déchets de l'activité, les chiffres sont donc respectivement haussés à plus de 2 et 9 t.

Ces données quantitatives peuvent être converties en nombre d'objets fabriqués (Leroy à paraître). Ensuite, ces chiffres sont ramenés au nombre d'objets fabriqués par jour et par atelier (fig. 122). Ainsi, l'estimation la plus complète, ou avancée, semble la plus probable : un atelier au

cours de chaque journée de chauffe fabriquerait 3,8 couteaux ou 0,1 pic – le façonnage des gros objets rééquilibre le décompte des petits et vis et versa. Au final, l'estimation quantitative la plus complète, ou avancée, est donc vérifiée. Elle prend en compte la valeur totale estimée de scories sur le site et le fait que les forges en ont produit sept fois plus. Rappelons que le crédit que l'on doit lui accorder ne doit en aucun cas dépasser l'ordre de grandeur.

LE PARADOXE : UN SITE ESSEULÉ À LA PRODUCTION MASSIVE ET SPÉCIALISÉE

La fondation du Roc de Pampelune a été conduite *ex nihilo* dans un espace jusqu'alors inhabité : la garrigue nord-montpelliéraine, en arrière de la plaine littorale, dans les contreforts des Cévennes (fig. 96). Plus exactement, il faut remonter au Chalcolithique pour rencontrer la dernière véritable occupation de ce milieu particulièrement peu propice aux travaux agricoles. Les activités qui s'y sont déroulées au Moyen Âge sont particulièrement éloquentes en la matière puisqu'on y croise des bûcherons, des charbonniers, des potiers... mais guère de paysans (Colomer *et al.* 1990 ; Chabal 1997 ; Breichner *et al.* 2002 ; Britton *et al.* 2007). C'est d'ailleurs pour cette raison que, durant la Protohistoire et l'Antiquité, les garrigues paraissent avoir été spécialement délaissées au profit des plaines.

Aussi, dans quel contexte insérer le fonctionnement des cinq forges pérennes, puisqu'il ressort que le Roc de Pampelune se développe dans un espace peu habité, hostile à l'agriculture ? Même si quelques petits établissements semblent graviter autour de l'agglomération perchée, on saisit tout son écartement géographique (Britton *et al.* 2007, p. 72). Ici, se fait jour un paradoxe, une sorte de démesure entre la production des cinq ateliers métallurgiques et l'occupation au sens large du Roc de Pampelune. Même en excluant toute notion quantitative, les cinq ateliers métallurgiques sont trop spécialisés pour ne relayer que les besoins du site et de quelques habitats dispersés aux alentours.

D'autres habitats perchés tardo-antiques livrent des vestiges métallurgiques : le Puech des Mourgues (Saint-Bauzille-de-Montmel, 34), Lombren (Vénéjan, 30), Saint-Blaise (Saint-Mitre-les-Remparts, 13), Piégu (Rougier, 83), Sainte-Candie (Roquebrune-sur-Argens, 83) et, en Italie, San Antonio di Perti (près de Savone en Ligurie) (Charmasson 1970, p. 60 ; Démians D'archimbaud 1980, p. 86-88 ; Démians D'archimbaud 1994, p. 28-29 ; Mannoni, Murialdo 2001, p. 587-591 ; Genty, Schneider 2002 ; Bertoncello, Codou 2005). Dans tous ces cas, malgré le caractère très limité de certaines fouilles, les forges sont toujours de l'ordre de celles identifiées à *Olbia* (Hyères, 83), à Lunel-Viel (34) ou à *Ambrussum* (34) : des forges qualifiées de villageoises pour rendre compte du niveau de spécialisation des artisans et de la large gamme de travaux qu'ils proposent pour subvenir à une partie, au moins, des besoins de l'agglomération et de son terroir (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 1 et § 2).

Sur le Roc de Pampelune, la situation ne peut pas être transposée. Les forges du site trouvent plus de ressemblances avec ces quartiers artisanaux urbains ou avec une de ces rares agglomérations secondaires spécialisées dans le textile ou la poterie (*cf. supra*) (Chardron-Picault, Pernot 1999, p. 267-269 ; Ferdière 2001, p. 17). Les productions métallurgiques du Roc de Pampelune apparaissent comme étant nécessairement excédentaires à l'établissement et à ses

environs. Il est donc très vraisemblable qu'une grosse partie des objets fabriqués soit exportée dans des circuits d'échanges encore largement ouverts autour de la Méditerranée, comme le laissent notamment augurer les nombreux plats et amphores d'Orient et, surtout, d'Afrique du nord, importés jusqu'à l'établissement « esseulé » du Roc de Pampelune (Contamine 1997, p. 44-47).

3.3.3. LE *SALTUS*, PLUS QU'UNE MILIEU HOSTILE, UNE RICHESSE !

Le Roc de Pampelune se place dans un processus de peuplement commun à l'Antiquité tardive : le perchement de l'habitat. Celui-ci est illustré par de nombreux sites, regroupés en différentes catégories, selon la qualité des édifices dont ils disposent, la surface qu'ils occupent etc. (Schneider 2001 ; Schneider 2003). Le Roc de Pampelune trouve sa place dans les établissements fortifiés dotés de constructions édilitaires, ici l'église baptismale. Pourtant, à bien des égards, il présente un visage original par rapport à ses congénères, notamment par son implantation en garrigues, en marges du système de peuplement antique et tardo-antique, et par la nature de sa fonction productive, essentiellement axée sur des activités artisanales spécialisées très probablement vouées à l'exportation. En effet, conformément aux possibilités d'exploitation du milieu de garrigue, très peu de traces sur le Roc de Pampelune se rapportent aux activités agricoles. Par contre, beaucoup de vestiges enchérissent la variété des travaux artisanaux et, particulièrement, celles des arts du feu : de nombreux témoins signalent l'exercice de verrier et de bronzier (1D4, 2A, 1M/1N) (fig. 97). Le travail du bois et du textile est également clairement perceptible (Pagès *et al.* 2005, p. 109-116 ; Britton *et al.* 2007, p. 66-71). Au lieu de prendre ces caractères de manière autonome, il est donc préférable de les mettre en perspective pour les comprendre. Ainsi, est-ce que les activités artisanales trouvent un bénéfice à ce que cette fondation se situe dans un milieu de garrigues ? Pour tenter de répondre à cette question, il faut évaluer l'importance des matières premières boisées dont les activités artisanales sus nommées ont besoin pour fonctionner et, spécialement, les travaux de forges.

Il est admis qu'un atelier métallurgique consomme environ 15 kg de charbon de bois par journée de chauffe (Crew 1991 ; Anderson *et al.* 2003, p. 172). Suivant les précédentes estimations quantitatives – trois ateliers pérennes fonctionnant à raison de 180 jours de chauffe par an –, les forges du Roc de Pampelune utilisaient probablement plus de 8 t de charbons par an (fig. 123). Pour poursuivre cette projection, nous reprenons un argumentaire déjà expliqué dans l'étude du bas fourneau du Gravas (Saint-Mamert-du-Gard, 30), lequel convient particulièrement au sujet, puisqu'il se fonde sur des études anthracologiques diachroniques réalisées par Lucie Chabal, notamment sur le site du Roc de Pampelune et ses environs (*cf. supra*, partie I, chapitre 2, § 2.3.3) (Chabal 1997 ; Breichner *et al.* 2002 ; Britton *et al.* 2007, p. 69-70). Considérant les rendements des charbonnages en meule et en fosse, de l'ordre de 15-30 %, la masse de charbon estimée correspond à 27-54 t de bois, soit 34-68 st d'un bois dont la densité est de 0,8, comme le chêne et la très grande majorité des autres essences charbonnées en garrigue. Toujours selon le même

argumentaire, les taillis de garrigues fournissent 2 st/ha/an pour une rotation de coupe inférieure à vingt ans (Breichner *et al.* 2002, p. 93). Par conséquent, la surface boisée nécessaire au fonctionnement des trois forges pérennes est, soit de 84-169 ha, un carré de 919-1299 m de côté en supposant que la rotation est effective tous les cinq ans, soit de 169-338 ha, un carré de 1299-1837 m de côté en présumant que la rotation est effective tous les dix ans (fig. 123).

Cette projection minimisée ne tient pas compte des autres arts du feu observés, ni de l'artisanat du bois, ni du bois de chauffage, ni de l'éventuelle production de charbon pour l'exportation. Cette réflexion ne considère pas, non plus, la présence de gisements de minerai de fer pisolitique au pied du site et dans d'autres gîtes légèrement plus éloignés qui fournissent également une autre matière première rentrant directement en jeu dans la fonction productive du site (Anonyme 1979b). L'attrait des ressources forestières et minérales pour les fonctions productives du Roc de Pampelune devient alors manifeste. L'installation du Roc de Pampelune ne peut cependant se résumer qu'à une simple initiative économique, puisque des décisions administratives ou politiques doivent probablement aussi rentrer en jeu dans cette création *ex nihilo* (Schneider 2007a, p. 21-22). Ce faisant, tous ces aspects amènent à penser la garrigue comme une des principales richesses susceptibles d'expliquer l'investissement qui a été consenti lors de la fondation de l'établissement.

Durant le haut Moyen Âge, la forêt a longtemps été perçue comme un milieu hostile pour des populations peu nombreuses, croulant sous sa pression (Fourquin 1975, p. 328-329). L'étude du site du Roc de Pampelune vient soutenir une position opposée plus récemment affirmée à partir d'enquêtes menées spécialement en Europe du nord : elle défend l'idée de forêts humanisées, sources de richesse pour des activités artisanales cherchant à renouveler les cadres de production hérités du monde antique (Contamine 1997, p. 18-19).

CHAPITRE 2 : DANS LES HABITATS DISPERSÉS

L'habitat dispersé regroupe des réalités très variées, du simple abri de grotte à la ferme isolée dans les champs. Des situations multiples qui nécessitent des dispositions techniques et économiques spéciales. Conscient de cette diversité, une nouvelle fois, notre intention se place dans une optique de défrichage. Le sujet du travail du fer dans les habitats dispersés ne compte pas être clos, mais plutôt révélé et enrichi au travers de questions nécessairement circonscrites.

Pour ce faire, notre propos s'articule autour d'un thème particulièrement documenté par l'archéologie rurale antique et médiévale : les exploitations agricoles. En effet, l'essentiel des recherches sur l'habitat dispersé s'est porté sur les variétés d'établissements qui relayent la production agricole sur le territoire ; conséquence directe de la prééminence de l'agriculture dans toutes les sociétés pré-contemporaines (Le Glay 1975, p. 203-204).

Comme dans le chapitre précédent sur l'habitat groupé, la majorité des enquêtes concerne le Haut-Empire parce que cette époque est marquée par un programme de recompositions monumentales et rapides des espaces ruraux et urbains, par ailleurs particulièrement bien documenté. Elle présente donc un canevas précis sur lequel il est aisé de s'appuyer. La suite de la réflexion concerne le début du Moyen Âge, dans une démarche qui privilégie une lecture sur la longue durée des évolutions, des changements et des innovations. Le saut chronologique du Bas-Empire est toujours motivé par les mêmes arguments : d'une part, la difficile lecture de contextes arasés, souvent perturbés par des vestiges antérieurs et, d'autre part, la délicate appréciation d'une époque de mutations alors que notre sujet a pour vocation de poser une première série de jalons.

En somme, ce chapitre a pour dessein de documenter la place, la nature et les caractéristiques du travail du fer développé dans la *villa*, le hameau ou la ferme, de l'Antiquité au début du Moyen Âge dans le midi de la France. En corollaire, trois thèmes se trouvent être spécialement développés. Le premier concerne le forgeron ambulante. En effet, bien que les agglomérations secondaires disposent le plus souvent d'un atelier métallurgique pérenne de type villageois, est-ce à dire que tous les établissements dispersés – spécialement agricoles – disposent d'une forge à demeure ? Dans les campagnes, ne se développe-t-il pas plutôt l'exercice d'artisans itinérants, une figure courante en ethnologie, suggérée par l'étude des textes antiques, mais mésestimée par les archéologues peut-être à cause de son discernement difficile (Martinelli 1992 ; Morel 1992, p. 267-277, 281 ; Armbruster 1999 ; Andreau, Descat 2006, p. 129) ? Cette réflexion repose sur un inventaire des vestiges métallurgiques des *villae* gallo-romaines et sur une étude précise d'une forge temporaire installée dans un chantier de construction, dans la seconde moitié du II^e siècle à *Ambrussum* (Villetelle, 34). Ensuite, à l'opposé du modèle économique de l'entretien mobile, le deuxième thème est axé sur la question de l'existence de manufactures dans le monde antique rural à partir du cas de l'Auribelle-Basse (Pézenas, 34) au début du II^e siècle : ces *fabricae* fondées sur la production en série d'objets plus ou moins standardisés. De nombreux quartiers artisanaux sont confondus par différentes sources dans les villes ou leurs abords (Guyon *et al.* 1998, p. 277-279 ; Chardron-Picault, Pernot 1999 ; Ferdière 1999 ; Rivet *et al.* 2000, p. 431-442 ; Loridant 2001 ; Béal, Goyon 2002 ; Ballet *et al.* 2003 ; Monteil *et al.* 2003 ; Borgard *et al.* 2005 ; Duvauchelle 2005 ; Schutz 2005 ; Brun 2007 ; Polfer 2007). Dans les campagnes, l'agriculture apparaît comme la principale activité convoyeuse de peuplement. Face à ces hégémonies, n'a-t-on pas omis l'existence, même minoritaire, d'établissements ruraux proposant essentiellement une

production artisanale excédentaire destinée à l'exportation, une alternative à la seule occupation agraire des campagnes, comme cela a déjà été de nombreuses fois suggéré et mis en évidence dans l'agglomération perchée du Roc de Pampelune (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 3) (Ferdrière 1999 ; Ferdrière 2003 ; Ferdrière 2007) ? Enfin, la réflexion s'engage vers le début du Moyen Âge et particulièrement sur le sujet du travail du fer dans ces fermes et ces hameaux ruraux qui préfigurent l'espace de vie du paysan, l'effigie emblématique du Moyen Âge (Fossier 1999). Cette dernière enquête s'appuie sur deux sites composés de vestiges lacunaires caractéristiques du haut Moyen Âge : la Madeleine II (Clermont-l'Hérault, 34) au IV^e siècle et l'Ermitage (Paulhan, 34) au VII^e-VIII^e siècle. Ainsi, deux thèmes de l'archéologie alto-médiévale sont singulièrement sondés : la figure emblématique du forgeron-paysan et son pendant économique, le mode de production autarcique. En parallèle, ces études sont le moyen de dénoncer l'influence trop importante qu'ont ces documentations indigentes du haut Moyen Âge sur les discours « catastrophiques » traditionnellement assortis à cette période.

1. DU FORGERON AMBULANT AU TRAVAIL DU FER DANS LE DOMAINE

1.1. UN CAS TYPIQUE DE FORGE TEMPORAIRE DANS UN CHANTIER DE CONSTRUCTION DE LA SECONDE MOITIÉ DU II^E SIÈCLE (BÂTIMENT A, ÎLOT 12, *AMBRUSSUM*, VILLETTELLE, 34)

Actuellement, le meilleur exemple d'une forge temporaire se trouve dans la seconde moitié du II^e siècle au sein du chantier de reconstruction du bâtiment A de l'îlot 12 à *Ambrussum* (fig. 124). Le fait est qu'il est donc localisé dans un habitat groupé d'ailleurs doté d'une forge pérenne ayant fait l'objet d'une étude détaillée (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 2). Cette localisation n'est cependant pas déterminante parce qu'elle est par essence conjoncturelle. En revanche, ce contexte permet la documentation précise d'une activité métallurgique momentanée dans le but de constituer un étalon pour pouvoir ensuite mieux mesurer la place des forgerons ambulants dans les campagnes.

À l'extrémité nord de la station routière d'*Ambrussum*, se trouve l'îlot 12, un assemblage de trois bâtiments principalement dévolu sous l'Empire à la fonction hôtelière et fouillé sous la direction de Jean-Luc Fiches (fig. 125). Parmi les plus imposants du relais, cet ensemble s'intègre spécialement au changement de direction nord-ouest/sud-ouest qu'opère à cet endroit la voie Domitienne, en possédant deux entrées charretières dans le prolongement des deux orientations de la chaussée. Ainsi incontournable pour les voyageurs, cette hôtellerie pourrait, en raison de ses aménagements et de son plan, notamment par rapport aux autres caravansérails du relais, être un bâtiment officiel destiné à accueillir les voyageurs de marque et à asseoir les prérogatives impériales du relais (Petraccia Lucernoni 2001 ; Fiches *et al.* 2002 ; Fiches, Mathieu 2002 ; Fiches 2007).

La construction à laquelle notre propos s'attache particulièrement se situe à la périphérie de ce complexe, au sud-est exactement de l'îlot 12. Aménagé le long de l'accès méridional à l'hôtellerie, du côté oriental, le bâtiment A avait à l'origine probablement une vocation thermique, comme le laisse supposer la présence d'une abside. Profondément remanié dans la seconde moitié du II^e siècle, il est désormais structuré autour de trois pièces et d'une cour située à l'opposé de la voie Domitienne, côté est. Sa perspective fonctionnelle reste difficile à saisir, même si elle demeure vraisemblablement en rapport, plus ou moins direct, avec l'hôtellerie voisine, toujours en fonction.

Dans les niveaux de reconstruction du bâtiment A, près de mille six cents déchets métallurgiques (27,2 kg) et un foyer permettent d'entamer une réflexion sur un cas typique de forge temporaire : le travail du fer dans un chantier de construction. Plus particulièrement, ces vestiges contribuent à formuler des connaissances sur l'organisation économique et humaine des chantiers gallo-romains, ainsi qu'à supporter une critique visant à définir les critères archéologiques discriminants de ce type de travail momentané.

1.1.1. UNE FORGE AMÉNAGÉE DANS UN CHANTIER DE CONSTRUCTION

Vers le milieu du II^e siècle (période A5), le premier état du bâtiment A de l'îlot 12 est entièrement épierré. Les niveaux d'occupation sont décaissés pour permettre l'installation de la nouvelle construction en contrebas des sols extérieurs. Seule l'abside est momentanément conservée, pendant la durée du chantier, tout du moins au niveau de ses parties basses (fig. 125). Deux couches de nivellement sont alors étalées pour préparer l'élévation du nouveau bâtiment (période C4). C'est au sommet de ces remblaiements que s'organise un sol d'occupation (US12216) sur lequel est installé l'atelier de forge. En fonction durant la seconde moitié du II^e siècle (période C3), cet état est ensuite recouvert par de nouveaux niveaux, datés du début du III^e siècle, toujours associés à la reconstruction du bâtiment qui perdure, tout du moins d'un point de vue relatif, encore pendant deux temps (périodes C2 et C1). Le travail du fer est donc scellé entre les couches préparant la fondation du nouveau bâtiment et celles clôturant la construction (Fiches *et al.* 2002, p. 27-32).

Les vestiges se concentrent essentiellement à 4 m à l'ouest de l'abside, dans le secteur 3, dans les environs d'un foyer de forge excavé (FR305 ; 32 x 75 cm) dont les parois rubéfiées sur près de 8 cm contiennent un comblement charbonneux (US12304) avec près de 4 kg de scories (352 fragments) (fig. 126). Tout autour, se trouve l'essentiel des déchets, éparpillé sur le sol d'occupation (US12216) et dans les niveaux de fonctionnement (US12214) de cet espace ouvert : 999 individus pour pratiquement 20 kg. Quelques scories résiduelles se retrouvent dans les sédiments recouvrant la phase de chantier et préparant l'occupation suivante (période B4 et B2).

Seule une autre installation est aménagée dans les niveaux de chantier : l'abside du bâtiment antérieur. Au début de la reconstruction du bâtiment (période C4), celle-ci a non seulement été conservée, mais également munie d'un mur obturant l'arc de cercle (MR497). Cet aménagement a donc été épargné dans une perspective précise : servir de contenant volumineux pour de l'eau comme l'atteste la nature de la sédimentation de son comblement inférieur (US12172) qui traduit une stagnation (Fiches *et al.* 2002, p. 30). Aussi, quels sont les rapports entre ce bassin et l'activité de forge établie à 4 m de là (fig. 125) ? De nombreux charbons de bois se trouvent dans le limon de fond de cuve et, de fait, incite à l'associer à la forge. Il apparaît cependant abusif de considérer cette relation comme exclusive. Le travail du fer demande l'utilisation d'eau, notamment pour concentrer le feu dans le foyer et pour réaliser des trempes, mais bien d'autres activités dans un chantier de construction requièrent ce liquide, et notamment

la maçonnerie qui prépare les mortiers, bétons et autres enduits... De plus, l'utilisation d'eau dans la forge nécessite des petits volumes et donc des contenants appropriés, qui plus est, accessibles depuis l'aire de travail métallurgique. À l'image de son implantation topographique au cœur du chantier, l'abside transformée, pour l'occasion, en cuve semble donc plus être la source volumineuse du chantier qu'un aménagement réservé uniquement à la forge.

Si les aménagements métallurgiques conservés sont donc assez modestes et se résument à un foyer, les nombreux déchets issus de cette activité permettent d'engager plus avant la réflexion sur la caractérisation d'une forge de chantier.

1.1.2. DES TRAVAUX MÉTALLURGIQUES ORDINAIRES

Deux catégories de déchets prédominent : les petites scories peu denses et de formes arrondies (1373 individus pour environ 10 kg) et les culots de forge (101 individus pour environ 11 kg). Des fragments de parois, principalement éparpillés sur le sol d'occupation, et des battitures complètent le corpus, sans toutefois le rendre disparate (fig. 126).

Les analyses métallographiques n'ont été engagées que sur les culots de forge, les résidus les plus à même de renseigner par ce biais le travail effectué (fig. 127). L'examen a porté sur neuf d'entre eux, prélevés dans les trois principaux niveaux métallurgiques. La majorité (échantillons 12214.1, 12216.2, 12216.4, 12216.5, 12216.6, 12304.1, 12304.3) est constituée d'une matrice fayalitique homogène avec de la wustite sous forme dendritique et/ou globulaire qui côtoie un semis épars de battitures – globulaires et lamellaires – et de billes de métal partiellement réoxydées à chaud. Ces culots relatent donc des cycles de chauffe homogènes, de moyenne à haute température, typiques d'une forge de fabrication. Deux autres culots (échantillons 12216.1, 12216.3) témoignent de phases complémentaires, conduites à l'aide d'ajouts argilo-sableux importants car elles sont constituées, soit de fayalite pure – sans wustite –, soit d'une sorte de mélasse argileuse (fig. 129). Ces traits métallographiques concordent avec l'assemblage des scories qui montre une grande homogénéité typologique, mais également morphologique (fig. 126). En effet, seules deux sortes de déchets coexistent, les scories peu denses arrondies et les culots. Chacun de ces groupes est représenté par des spécimens très semblables qui, pour le premier, sont très majoritairement compris entre 8 et 10 g et, pour le second, entre 100 et 150 g, même si un exemplaire atteint 1470 g. Ce panorama permet d'envisager le fonctionnement d'une forge de fabrication, sous des températures sensiblement élevées, suivant des cycles thermiques plutôt longs, mais surtout homogènes.

Plus précisément, l'assemblage typologique qui exclut les *gromps* ou les pseudo-*gromps*, et le peu de pertes en oxyde et en métal observé dans les culots indiquent que l'alliage ferreux façonné était déjà très largement épuré à son arrivée sur place, et peut-être déjà partiellement mis en forme. Plus significatif encore est la forte proportion en fayalite relevée dans tous les culots et l'importance, tant en nombre qu'en masse, des petites scories arrondies très peu denses (1373 individus pour environ 10 kg) qui révèlent l'utilisation massive d'ajouts argilo-siliceux, notamment

lors de la réalisation des soudures. Cette technique dite du jet de sable a été employée pour limiter la formation d'oxydes sur les surfaces soudées et ainsi garantir un meilleur assemblage, notamment dans l'échantillon métallique analysé (12214.2), un biseau d'outil tranchant prélevé dans une des couches associées à la métallurgie (fig. 127 et 128). Fabriquée à partir de l'assemblage en « V » de deux feuilles correctement épurées en acier à 0,6 % de C, cette pièce dure était probablement destinée à munir le bout d'un manche par une soudure en gueule de loupe de façon à former la partie distale d'un outil. Elle semble avoir été abandonnée prématurément à cause de la défectuosité de la soudure et d'une décarburation périphérique trop importante qui altère les propriétés mécaniques attendues. L'utilisation d'ajouts siliceux en grande quantité provient également d'une autre pratique identifiée dans le culot de forge 12216.3 (fig. 127 et 129). Sa constitution uniquement fayalitique renferme un fragment d'acier totalement hydroxydé qui laisse entrevoir la réalisation d'opérations spécifiques liées au travail de l'acier, comme la trempe sélective et/ou la cémentation ; des travaux nécessaires à la mise en forme des outils utilisés dans le chantier de construction comme celui précédemment analysé (12214.2).

L'activité métallurgique est en partie axée sur la fabrication et/ou l'entretien d'outils tranchants en acier destinés aux travaux de construction. Cette tournure ne doit toutefois pas masquer d'autres pans moins prestigieux de la production. Afin d'en avoir une idée précise, tout en limitant les risques d'intrusion, le mobilier métallique a été dépouillé uniquement dans les contextes métallurgiques assurés : la période C3 du secteur 3 du bâtiment A de l'îlot 12 et, plus particulièrement, les couches métallurgiques – US12214, US12216 et US12304 (fig. 126). Ici, la plupart des pièces sont des tiges ou des clous – respectivement 51 % et 38 % du nombre. Seuls deux éléments similaires ayant trait à l'outillage – l'un d'eux est l'échantillon 12214.2 – et six fragments indéterminés diversifient le lot. À côté d'une production liée à l'élaboration et/ou à la réparation d'outils destinés aux travaux de construction, l'activité de forge sert également la production de clous et d'éléments en fer pour la construction. Leur utilisation dans les assemblages de charpente paraît être minoritaire et réservée à de grands spécimens d'autant que l'espace est ouvert au cours du chantier et que les charpentes sont, la plupart du temps, équipées de tenons et de mortaises (Lasfergues 1983, p. 116-117 ; Adam 1984 ; Berry 1985, p. 305-309). D'après la modeste dimension des clous – en moyenne 8 cm de long –, ils sont plus adaptés à l'assemblage de petits éléments constitutifs du mobilier, des aménagements intérieurs et des structures temporaires de chantier. On pense ici particulièrement aux échafaudages.

1.1.3. COMMENT RECONNAÎTRE UNE FORGE TEMPORAIRE ?

Durant la seconde moitié du II^e siècle, dans le chantier de reconstruction du bâtiment A de l'îlot 12 est installé un atelier de forge. D'après les artefacts recueillis, la majorité de la production est fondée sur le façonnage de clous et de tiges de dimensions moyennes, destinés à alimenter le chantier en matériel d'assemblage. Elle est aussi axée sur la fabrication et/ou l'entretien des outils de chantier, sans que l'on puisse privilégier l'une des alternatives. Quant à la

qualité des cycles thermiques, l'activité de forge s'inscrit dans une configuration commune. Rien ne laisse transparaître des traits de bricolage, ni même une certaine disparité dans la conduite des travaux. Bien au contraire, l'activité est routinière, autour de phases de chauffe et de martelage homogènes et parfaitement maîtrisées.

On pouvait s'attendre à une hétérogénéité des travaux temporaires, fondée *a priori* sur une production diversifiée associée à l'entretien. Ici, tout concourt à témoigner du contraire : les travaux sont menés à l'aide de savoir-faire spécialisés par des forgerons qualifiés suivant une conduite tout à fait comparable aux ateliers pérennes. À première vue, en oblitérant les informations du contexte archéologique et en se concentrant sur les informations métallurgiques, tous les éléments tendent à mettre en exergue une forge de fabrication somme toute commune et sensiblement identique à celles des agglomérations secondaires, comme l'activité métallurgique en fonction jusqu'aux années 175 dans l'îlot 9 du relais d'*Ambrussum*, 100 m plus au sud (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 2). En définitive, la forge temporaire du chantier de construction ne pourrait-elle pas être un dédoublement exceptionnel de cet atelier pérenne ? Cette proposition est peu probable vu que l'îlot 9 est abandonné dans les années 175. De surcroît, les deux éventualités ne détériorent en rien notre réflexion sur le caractère itinérant de la forge étudiée puisqu'elle met clairement en évidence la mobilité des forgerons. Que les forgerons viennent de plus loin ou d'*Ambrussum*, leur installation temporaire signe, de fait, l'aspect ambulante de certaines de leurs actions.

Dans ces conditions, comment reconnaître une forge de chantier ou, plus largement, comment identifier une activité métallurgique temporaire quand les informations archéologiques aussi riches et complètes font défaut ? La modestie des aménagements et l'absence d'une structuration importante dans l'atelier forment le premier indice, sans pour autant constituer un argument péremptoire ; les phénomènes conduisant à la destruction des vestiges étant trop présents et nombreux en archéologie. Dans les ateliers pérennes d'agglomérations secondaires, l'occupation habituelle de l'espace nécessite de traiter avec une attention particulière l'évacuation des déchets hors de l'atelier et de l'emprise des espaces intensément occupés pour endiguer l'encombrement des déchets, à moins qu'il n'y ait un réel désir de remblaiement. *A contrario*, à l'encontre des idées reçues, l'éparpillement des déchets sur les sols d'occupation et/ou dans les couches de fonctionnement forment un deuxième critère permettant l'identification d'une forge temporaire. Vu que le volume global des résidus générés par l'activité est faible, la gestion de l'encombrement est traitée par le biais de la dispersion au sein de l'espace de travail. Ces deux critères doivent nécessairement être utilisés avec prudence, au cas par cas, les vestiges archéologiques n'étant qu'une image parfois très déformée de la réalité. Cependant, ils permettent de jauger du caractère temporaire d'une activité.

Enfin, la conservation des déchets autour de l'espace de travail autorise une estimation quantitative de la production. Mentionnons dès à présent l'éventuelle utilisation de scories dans un autre lieu pour des besoins de circonstance, notamment de remblaiement. De fait, les résultats attendus sont peut-être sous-estimés. Ils permettent d'avancer un ordre de grandeur. Le postulat de départ est qu'un culot de forge correspond à une journée de chauffe (Anderson *et al.* 2003, p.

168). Vu que cent un culots de forge ont été découverts et que les autres déchets – les scories peu denses arrondies – ne sont pas des fragments de calotte, on peut envisager que le foyer de forge a fonctionné pendant cent journées – notons ici que les culots représentent 7 % du nombre de scories et 52 % de la masse si l'on exclut les parois scorifiées. À ces opérations, s'ajoutent, au moins passagèrement, l'affûtage et les assemblages de manches. Le temps de travail peut donc être majoré, au maximum, du double – selon un modèle habituellement appliqué aux forges pérennes (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 3.3.2). L'atelier a donc probablement été utilisé environ deux cents jours.

La quantification donne une image cumulée du temps de travail. Or, dans le cadre d'une forge temporaire, l'artisan n'est pas forcément sur place tout le temps. S'il est indépendant, il peut effectuer une rotation en passant d'un chantier à l'autre et/ou à son atelier permanent de rattachement. Dans le cas où il ferait partie de la troupe de « maçons », il peut participer aux autres travaux du chantier et forger uniquement quand le besoin s'en fait sentir. Vu l'ampleur du bâtiment, il est probable que la totalité de l'édification n'ait duré qu'environ six-huit mois ou un an, au plus. Ici tout du moins, le travail du fer semble donc occuper un poste non négligeable et pratiquement continu – notons que dans les alentours, aucun bâtiment n'est en cours de construction au même moment. Par ailleurs, cet exemple révèle que le besoin d'un forgeron, dont l'exercice équivaut à environ deux cents jours pratiquement continûment œuvrés, encourage son déplacement et son installation temporaire à demeure.

1.2. ENTRETIEN ET PETITS TRAVAUX DE FORGE DANS LES CAMPAGNES DE L'EMPIRE

En prospection comme en fouille, les enquêtes archéologiques ont, la plupart du temps, souligné la présence récurrente de scories dans chaque *villa*, forme d'occupation et d'exploitation du territoire rural antique qui, si elle n'est pas unique, est majoritaire, notamment en Narbonnaise. Notre propos compte visiter à nouveau les différents traits de ce constat pour saisir plus rigoureusement la signification de ces déchets et, par conséquent, préciser le type d'activité métallurgique auquel ils sont associés en s'appuyant sur les enseignements rassemblés autour de la forge temporaire de l'îlot 12 d'*Ambrussum* (cf. *supra*).

1.2.1. UNE VISION BIAISÉE PAR LES OCCUPATIONS TARDIVES DE *VILLAE*

Depuis une trentaine d'années, de nombreuses campagnes de prospections ont été conduites en Narbonnaise, dans le Var, autour de l'étang de Berre (13), en Languedoc autour de Nîmes (30), dans le Lunellois (34) et dans la vallée de l'Hérault (34) (Mauné 1998 ; Raynaud 1998, p. 162-165 ; Brun 1999, p. 181 et 200 ; Trément 1999, p. 195-197 ; Buffat 2004, p. 171-174). Toutes ces enquêtes micro-régionales montrent de façon quasi-systématique la présence de scories sur l'emplacement de chaque *villa* (fig. 130). Cette situation n'est cependant pas spécifique au Midi méditerranéen, elle se retrouve également dans des provinces plus au nord de la Gaule, comme en Auvergne (Dousteyssier *et al.* 2004, p. 139). De cette observation a émergé une évidence spontanée, devenue notoire : pratiquement toutes, si ce n'est la totalité des *villae*, possèdent une forge (Brun 1999, p. 181-182 ; Buffat 2004, p. 171-174). Plus ponctuellement, le rôle de cette activité a été débattu notamment par rapport aux textes des agronomes antiques (Morel 1992, p. 281 ; Pellecuer *et al.* 1998, p. 170-173). Cependant, la réflexion critique sur la pérennité et la fréquence des travaux à partir des déchets récoltés a rarement été engagée, si bien que la forge est devenue dans l'inconscient collectif une activité installée à demeure dans tous les domaines, sous couvert, selon les cas, d'autarcie ou d'entretien. Des enquêtes ont bien tenté de caler chronologiquement les forges pour évaluer les changements et les évolutions. Seulement, elles se sont heurtées aux problèmes de datation des scories, uniquement réalisable par association de mobilier. Cette difficulté est particulièrement tenace lors de la prospection

d'occupations longues, telles les *villae*, souvent en fonction du changement d'ère jusqu'au haut Moyen Âge.

Pour avoir une lecture plus fine, il faut se tourner vers les fouilles de *villae* (fig. 130). Celles-ci n'ont livré que deux exemples de forge du Haut-Empire : aux Prés-Bas (Loupian, 34) et à Vareilles (Paulhan, 34) (Pellecuer *et al.* 1998, p. 167 ; Pellecuer 2000, p. 102-480 ; Mauné 2003a). *A contrario*, toutes les autres activités métallurgiques découvertes se rapportent aux occupations tardives des domaines, essentiellement entre le IV^e et les V^e-VI^e siècles. C'est le cas à Mayran (Saint-Victor-la-Coste, 30), à la Ramière (Roquemaure, 30), à la Gramière (Castillon-du-Gard, 30), à la Domergue (Sauvian, 34), à Saint-Jean d'Aureilhan (Béziers, Hérault), aux Prés-Bas (Loupian, 34) et enfin, plus à l'est, dans la *villa* des Bruns (Bédoin, 84) (Trial *et al.* 1996 ; Buffat, Petitot 1998 ; Ginouvez *et al.* 1998 ; Ginouvez, Vidal 1998 ; Maufras *et al.* 1998 ; Pellecuer *et al.* 1998 ; Buffat 2004, p. 308-311). Au terme de cet inventaire plus représentatif qu'exhaustif, malgré la limitation spatiale et stratigraphique de certaines fouilles comme à Mayran et Saint-Jean d'Aureilhan, il apparaît que l'installation des forges dans les *villae* obéit la plupart du temps à une tendance chronologique particulière. L'essentiel des découvertes métallurgiques se rapporte aux contextes archéologiques postérieurs au III^e siècle, dans les occupations du Bas-Empire et de l'Antiquité tardive des domaines – ce sujet est traité plus avant dans le développement (*cf. infra*, partie II, chapitre 2, § 3.1). Ces activités métallurgiques tardo-antiques n'ont pas d'antécédent chronologique : hormis au Prés-Bas, elles ne sont pas issues d'une mutation ni d'une évolution de l'occupation antérieure, même si quelques rares scories sont quelquefois dispersées ici et là dans la phase du Haut-Empire. Par conséquent, si en prospection de nombreuses scories sont couramment récoltées sur les emplacements de *villae*, dans la majeure partie des cas, le forgeage se rattache à l'occupation tardive du domaine, laquelle n'est pas forcément la plus perceptible en prospection notamment par rapport à celle du Haut-Empire qui fournit une culture matérielle mieux connue, plus riche et davantage visible. Ce n'est que dans une moindre mesure que l'activité métallurgique remonte au Haut-Empire comme au Prés-Bas (Loupian, 34) ou à Vareilles (Paulhan, 34). Dans ces cas-là, de quelle nature est-elle ?

1.2.2. LES FORGES DE *VILLAE* AU HAUT-EMPIRE : UNE SITUATION PRIVILÉGIÉE POUR DES TRAVAUX POLY-ARTISANAUX

Dans la *villa* des Prés-Bas (Loupian, 34), au milieu du I^{er} siècle, contre le logement des communs, une cour de service conserve les vestiges de foyers, notamment de forge, et quelques scories qui témoignent d'une activité métallurgique plus durable que temporaire (fig. 130 et 131). L'exercice semble continuer ou reprendre au milieu du II^e siècle, également dans la partie des communs, comme l'atteste une forte concentration de culots abandonnés dans les remblais déposés au sud-ouest de la partie résidentielle, dans la cour sud-ouest (Pellecuer *et al.* 1998, p. 167 ; Pellecuer 2000, p. 102 et 480).

Plus à l'ouest, dans la vallée de l'Hérault, dans la *villa* de Vareilles (Paulhan, 34), entre les années 70 et 150, des installations artisanales ont également été identifiées (Mauné 2003a). Ici aussi, l'atelier est localisé dans la partie des communs, mais il est abrité dans un bâtiment de plus de cent mètres carrés qui annonce son établissement pérenne (fig. 130 et 131). Des petits bassins et des zones rubéfiées avertissent de la multiplicité des artisanats par ailleurs signalée par des déchets de plomb, de bronze et des scories. Là encore, les rebuts de forge forment la majorité du corpus artisanal. Une grande partie est concentrée dans le comblement d'un fossé devant l'atelier, peut-être pour faciliter le drainage et l'évacuation des eaux – au total, les différentes couches des 2,5 ha de la fouille ont livré 12 kg de scories.

Même si l'appréciation des récurrences est difficile à saisir à partir de deux cas, il est frappant de constater que les *villae* des Prés-Bas et de Vareilles se trouvent au Haut-Empire en position privilégiée au sein de l'occupation du sol. À Loupian, les constructions occupent une grande surface, environ un hectare – cette estimation a été réalisée à partir des fouilles et de différentes prospections, elle cumule toutes les phases d'occupation, du I^{er} siècle avant notre ère au VI^e siècle de notre ère. De plus, le site se place au centre d'un dense réseau d'occupations de plus petites superficies. Il est également installé à un kilomètre d'une voie qui mène au petit port domanial du Bourbou (Pellecuer 2000 ; Bermond 2001). À Vareilles, la situation est sensiblement identique. Il s'agit aussi d'une grosse *villa* bâtie sur plus d'un hectare et qui renferme notamment de très vastes chais d'une capacité de quatre cent soixante-dix *dolia*. Au Haut-Empire, les ateliers de forgeron semblent donc se développer dans les domaines à la faveur d'un contexte propice défini par l'ampleur de l'exploitation et probablement par le cumul des marchés des exploitations contiguës.

L'autre caractéristique est que le travail métallurgique développé dans ces « remarquables » *villae* correspond à une activité très spécifique qu'il ne faut certainement pas confondre avec la forge villageoise. La propension des travaux métallurgiques à produire des déchets, qui plus est, inaltérables et souvent plus encombrants qu'utiles, induit souvent une surreprésentation du travail du fer par rapport aux autres artisanats, tels ceux du bronze ou du plomb, lesquels n'engendrent pratiquement aucun rebut dans des phases hautes de la chaîne opératoire. Ce phénomène une fois pris en compte, toutes les traces des autres artisanats découverts dans les ateliers, notamment de Vareilles, tendent à montrer que le forgeage n'est pas isolé, mais s'intègre parfois dans une activité plus globale que l'on peut qualifier de poly-artisanale. À cette polyvalence doit être également associée une autre spécificité. La petite masse et la morphologie variée des déchets ne témoignent pas tant d'un travail continu et important, mais davantage de différentes opérations conduites selon un rythme cyclique – des analyses métallographiques sont prévues prochainement pour le site de Vareilles. Toujours installé dans la partie des communs, le forgeage est donc essentiellement exercé dans le cadre d'un artisanat polyvalent qui se nourrit de l'entretien et du fonctionnement du domaine et des établissements périphériques.

1.2.3. ATELIERS POLYVALENTS ET ARTISANS ITINÉRANTS DANS LES CAMPAGNES DU HAUT-EMPIRE

Les forges domaniales du Haut-Empire jouent essentiellement un rôle de service. Localisées dans des *villae* d'importance et centrales dans le réseau de peuplement, elles proposent probablement leurs prestations aux exploitations environnantes moyennant acquittement. Aussi, elles semblent se développer dans une perspective d'amortissement de l'équipement et du savoir-faire par l'offre de services à des tiers, comme le suggèrent de nombreux textes antiques (Morel 1992, p. 267-277, 281 ; Andreau, Descat 2006, p. 129). Pour cette raison, des scories sont couramment éparpillées dans les niveaux anthropiques, à moins que celles-ci ne proviennent des travaux de construction de la *villa*, comme dans l'ilot 12 de la station routière d'*Ambrussum* (cf. *supra*, partie II, chapitre 2, § 1.1). Il faut envisager que toute activité artisanale n'émane pas forcément du personnel du domaine. Des forgerons itinérants – ou semi-itinérants – peuvent, en effet, venir travailler dans une exploitation pour réaliser une tâche plus ou moins particulière, qui nécessite d'être momentanément sur place, alors que l'atelier principal se situe dans le domaine voisin. Dans le même ordre d'idées, il faut garder à l'esprit qu'une activité pérenne n'est pas forcément exercée durant toute la vie d'un établissement. À Loupian, par exemple, la forge n'est en fonction que pendant un ou deux temps, au I^{er} siècle et peut-être au milieu du II^e siècle alors que la *villa* est habitée sans interruption du I^{er} au VI^e siècle (cf. *supra*). La forge est pérenne dans des moments où la conjoncture est favorable pour accueillir durablement un atelier polyvalent de service.

La petite quantité de déchets recueillie sur chaque *villa* fouillée ou prospectée a souvent contribué à véhiculer l'image de forges autosuffisantes au domaine, notamment en ce qui concerne l'entretien des outils. Or, une petite production n'est pas forcément synonyme d'une activité pérenne de faible ampleur visant à subvenir aux besoins de fonctionnement. Elle peut correspondre à des travaux temporaires soit de maintenance, soit liés à un événement exceptionnel dans la vie du site, comme sa fondation ou son remaniement (cf. *supra*, partie II, chapitre 2, § 1.1). Nous nous trouvons là bien loin des schémas économiques cloisonnés associés à l'autosuffisance. À l'inverse, il faut plutôt y voir une situation largement ouverte aux échanges.

2. EXISTE-IL DES MANUFACTURES RURALES ? L'AURIBELLE-BASSE AU DÉBUT DU II^E SIÈCLE (PÉZENAS, 34)

Les textes comme l'archéologie reconnaissent dans les villes antiques et tardo-antiques un grand panel d'artisans (Février 1980, p. 469-478 ; Fixot 1980, p. 525-451 ; Naveau 1996 ; Perrugot 1996 ; Guyon *et al.* 1998, p. 77-79 ; Chardron-Picault, Pernot 1999, p. 267-269 ; Rivet *et al.* 2000, p. 431-442 ; Ferdière 2001, p. 12-15 ; Béal, Goyon 2002 ; Borgard *et al.* 2005 ; Duvauchelle 2005, p. 166-117 ; Schutz 2005 ; Brun 2007). Dans les campagnes, les habitats groupés proposent également des activités artisanales (Mangin, Tassaux 1992, p. 471-473 ; Bénard *et al.* 1994, p. 231-242 ; Mangin 1994a, p. 49-53, 263 ; Mangin 1996 ; Ferdière 1999 ; Mangin *et al.* 2000a, p. 313-318 ; Mangin *et al.* 2000b ; Ferdière 2001, p. 16-17 ; Polfer 2001). Il ressort de tous ces contextes que la très grande majorité des travaux n'engendrent pas une production massive, destinée à l'exportation à moyenne et grande distances. La plupart de ces officines concernent essentiellement le marché local, lequel est circonscrit à l'habitat et à son terroir environnant, dans un modèle de production que nous proposons de nommer villageois (*cf. supra*), mais dont l'ampleur peut s'accorder à l'échelle citadine. Cette conception ne tend pas vers l'autosuffisance, ni l'autarcie, mais doit plutôt être entendue en termes de service, d'assistance, de fonctionnement, d'appoint et d'originalité.

Les productions destinées au commerce lointain sont plus rares. Pourtant, les textes antiques et les objets standardisés et estampillés certifient leur existence durant toute l'Antiquité jusqu'au début du Moyen Âge (Morel 1992, p. 271-272 et 282 ; Feugère 2006, p. 165). L'explication souvent donnée à ce déficit est que ces activités engendrent des nuisances – feux, fumées, bruits, odeurs, gestions des déchets – qui nécessitent leur retrait hors des murs de la ville, dans les faubourgs, dans des zones moins investies par les fouilles. Cette règle n'est pas forcément opérante pour les artisanats dits de luxe qui proposent des productions massives et standardisées dans la ville ; par exemple, l'orfèvrerie, la frappe de monnaies, le tissage d'étoffes somptueuses... Dans une lecture topographique des installations artisanales, il existe donc une dualité, applicable au travail d'une même matière, entre les artisanats dits propres et sales : par exemple, pour le cuir, le tannage est plus polluant que la sellerie ou la cordonnerie. Cette dualité est aussi efficiente pour une activité identique en termes d'étape opératoire. Une forge peut avoir pignon sur rue pour proposer ces services notamment d'entretien et de réparation, ainsi que pour présenter des pièces originales de sa création. En parallèle, une forge peut se développer sous une forme beaucoup plus concentrée pour produire des objets en série et pouvoir ainsi répondre rapidement à des demandes importantes. Alors, dans ce cas, il est peu probable que l'atelier soit localisé dans le cœur de la ville, le plus souvent, il gagne le suburbain afin de bénéficier de plus d'aisance pour stocker, produire, rejeter... Ce dernier modèle n'est pas transposable à toutes les sociétés, mais il est avéré dans le monde romain, de la production primaire, par exemple de fer brute, aux productions manufacturées comme la céramique et les objets en fer (*cf. supra*, partie I, chapitre 1, § 3.1) (Laubenheimer 2001 ; Sablayrolles 2005 ; Feugère 2006, p. 165 ; Brun 2007, p.

147 et 154). Ainsi, on saisit que chaque artisanat doit être traité au cas par cas, puisque son rapport avec l'habitat dépend autant de sa disposition matérielle et des nuisances qu'il occasionne que du modèle de production sur lequel il est fondé et, par conséquent, des perspectives économiques dans lesquelles il se place. C'est peut-être pour cette raison que les récurrences sont si difficiles à discerner et que les situations apparaissent si disparates quand les artisanats dans la ville sont considérés de manière globale et synthétique (Ferdrière 2001, p. 11-17).

Un compromis a été trouvé sur le fait que l'Empire romain recèle des lieux où sont fabriqués massivement des objets en fer standardisés (Morel 1992, p. 271-272 et 282 ; Feugère 2006, p. 165). En référence à la production sérielle et, par conséquent, à la concentration des équipements et des compétences, voire à la division des tâches, ce type d'entreprises est nommé manufacture, fabrique ou *fabrica*. Pour les raisons sus énoncées, il est très vraisemblable que leur installation ait été rejetée hors de la ville, comme au nord de Pompéi, au-delà de *Porta Vesuvio*, où se trouve probablement un quartier métallurgique (Brun 2007, p. 147-154). Les exemples de ce type en Gaule sont inexistantes. Pourtant, il est démontré que l'aristocratie foncière estime grandement les revenus tirés des *fabricae* spécialisées (Morel 1992, p. 290 ; Brun 2007, p. 154 ; Ferdrière 2007). Alors, si l'on admet l'éviction quasi-systématique de ces manufactures hors de l'espace urbain, une des hypothèses consiste à penser ces ateliers disséminés dans le monde rural, au sein d'unités plus au moins concentrées (Ferdrière 2005, p. 11). En jouissant de la qualité reconnue des dessertes romaines en Gaule, ces manufactures seraient implantées plus près de certaines ressources, tel le charbon de bois, à l'image du Roc de Pampelune au VI^e siècle (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 3). Les campagnes ne sont appréhendées qu'à travers le prisme de l'agriculture et des activités qui gravitent autour de ces productions, mais est-ce que l'opportunisme des propriétaires fonciers et des investisseurs n'a pas aussi engendré la mise en place dans ce milieu d'un artisanat spécialisé dans la production sérielle et massive comme cela commence à être perçu au sujet de la céramique dans l'ensemble de la Gaule (Ferdrière 2007) ?

Les vestiges métallurgiques découverts à l'Auribelle-Basse (Pézenas, 34) se prêtent spécialement à ces interrogations (Mauné *et al.* 2007). Après avoir présenté en détail ce site original du Haut-Empire, la réflexion s'attache à définir la qualité des travaux de forge en rapport avec les 130 kg de scories très majoritairement découverts concentrés dans une fosse-dépotoir. Sur la base de ces données, l'existence d'une manufacture d'objets en fer est ensuite discutée en s'attachant principalement à définir, d'une part, les caractères discriminants d'une telle sorte d'entreprise et, d'autre part, les nombreux biais qui limitent leur reconnaissance.

2.1. UNE OCCUPATION ORIGINALE

2.1.1. UN ÉTABLISSEMENT À PART

L'Auribelle-Basse (Pézenas, 34), dont l'exploration a été engagée de 2000 à 2004 sous la direction de Stéphane Mauné, est situé dans la basse vallée de la Peyne, à proximité de la confluence avec le fleuve Hérault (fig. 132). Loin d'être isolé, ce site s'intègre dans un dense réseau de peuplement reconnu autour de la colonie romaine de Béziers – située à environ 25 km au sud-ouest –, sur tout le pourtour de l'étang de Thau et dans l'ensemble de la basse et moyenne vallée de l'Hérault (Garcia, Schneider 1998 ; Mauné 1998 ; Bermond 2001). Les *villae* des Prés-Bas (Loupian, 34) et de Vareilles (Paulhan, 34) intègrent et illustrent ce tissu d'occupation (cf. *supra*, partie II, chapitre 2, § 1.2.2). Plus particulièrement, le site de l'Auribelle-Basse se situe à 3 km d'une agglomération antique localisée à l'emplacement actuel de Pézenas et peut-être identifiée comme étant un des probables *oppida latina* mentionnés par Pline l'Ancien, *Piscinae* (Mauné 2003b). Elle se place aussi à proximité de la voie *Luteva/Condatomagus* (Lodève, 34/Millau, 12) qui bifurque de la voie Domitienne 10 km plus au sud, à *Cessero* (Saint-Thibéry, 34) – cette voie est portée sur la table de *Pentinger*, une copie du XIII^e siècle d'une carte routière antique.

Sur la foi des prospections, le site était à l'origine considéré comme une petite *villa* du Haut-Empire, mais les fouilles ont, dès le commencement, contredit cette première attribution en mettant au jour des constructions dont la physionomie reste atypique (Mauné *et al.* 2007, p. 118). L'établissement se matérialise par un étroit bâtiment à étages d'au moins 50 m de long probablement muni, à l'ouest, d'une galerie de circulation (fig. 133). De l'autre côté, cette aile paraît structurer une grande cour de plus de 3000 m², clôturée 60 m plus à l'est par une construction apparemment identique. Construits dans le premier tiers du II^e siècle, ces édifices s'organisent à partir d'une installation balnéaire bâtie dans le dernier tiers du I^{er} siècle. Dans le courant du II^e siècle, d'autres constructions viennent se greffer à cet ensemble dont, au nord-est, un aqueduc qui alimente un moulin de taille importante sans pareil en Narbonnaise (Mauné *et al.* 2007, p. 125-146). Le mobilier est composé d'un faciès très varié, hors normes en contexte domanial et rural (Mauné *et al.* 2004). Encore plus exceptionnelle, est la découverte d'une plaque de bronze datée de la période tardo-républicaine sur laquelle sont inscrits une liste d'anthroponymes celtiques et un terme latin archaïque (Christol, Mauné 2003). Cette très vraisemblable *tabula patronalis* était probablement fixée sur un support bâti et semble renvoyer à l'existence d'une communauté indigène, renforçant ainsi encore l'originalité de cet établissement. Au total, soit le site fait partie des faubourgs de *Piscinae* structuré sous une forme polynucléaire, soit il constitue un établissement isolé. La question demeure aujourd'hui largement ouverte vu le caractère à part de cette occupation du Haut-Empire présentant tous les témoins d'une population pérenne, mais aucune habitation.

2.1.2. UN DÉPOTOIR MÉTALLURGIQUE SANS AMÉNAGEMENT APPARENTÉ

Dans la phase d'occupation principale, durant le premier tiers du II^e siècle, une activité métallurgique est signalée par plus de 120 kg de scories concentrées dans une fosse, dont le dépôt est exclusivement métallurgique – 90 % des scories du site se trouvent dans FS1150 (fig. 133 et 134). Ces trois mille scories contaminent également une fosse voisine au remplissage beaucoup plus varié (FS1435) et, de manière très anecdotique, quelques autres contextes. Aucun aménagement artisanal en rapport n'a été découvert. Seule une forge excavée (FG1345) est isolée dans les remblais de construction de la phase d'occupation antérieure. Elle se rapporte très certainement à des travaux temporaires conduits lors de l'édification des bâtiments, comme dans l'îlot 12 d'*Ambrussum* (cf. *supra*, partie II, chapitre 2, § 1.1). Elle ne peut en aucun cas avoir de lien avec les déchets concentrés dans la fosse FS1150. Celle-ci représente un dépôt massif et homogène de scories en rapport avec une gestion rigoureuse des rejets, qui préfigure une activité établie fonctionnant durablement dans l'établissement au cours du premier tiers du II^e siècle.

2.2. UN FORGEAGE RÉPÉTITIF ET NORMALISÉ

2.2.1. LES SINGULIÈRES SCORIES D'UNE ACTIVITÉ STANDARDISÉE

Si l'absence d'aménagements métallurgiques est handicapante, notamment pour discuter de l'organisation matérielle de l'activité, elle l'est en revanche beaucoup moins pour caractériser le type de travaux exécuté durant le premier tiers du II^e siècle. En effet, ce sont les déchets qui forment le support privilégié pour déterminer, en amont, les phases de travail réalisées à partir de leur typologie et de leur analyse métallographique.

À l'Auribelle-Basse, le corpus scoriacé de la phase d'occupation principale est très homogène (fig. 134). Il est uniquement composé de scories très peu denses et non magnétiques. Une grande majorité de celles-ci est informe et fragmentaire – 63 % du nombre et 44 % de la masse. Une autre part importante est de formes arrondies, semblables à des grosses coulures, vitrifiées à l'intérieur – 29 % du nombre et 31 % de la masse. Enfin, une fraction minoritaire est représentée par des culots – 4 % du nombre et 22 % de la masse. Ceux-ci possèdent le plus souvent des dimensions presque communes et un poids approchant soit 120 g, soit 300 g (fig. 135). Des fragments de parois rubéfiées et scorifiées, ainsi que des morceaux de tuyère complètent le corpus – 5 % du nombre et 2 % de la masse.

Cinq culots de forge significatifs et représentatifs ont été prélevés dans ce lot pour être étudiés en métallographie ; tous sont issus de la fosse FS1150 (fig. 136). Deux types de culots

coexistent, mais restent très proches structurellement – il n’y a pas de correspondance entre les types structuraux et les classes de masse. Les uns sont composés d’une matrice fayalitique homogène très faiblement chargée en globules et en dendrites de wustite, lesquels proviennent de la dissolution de quelques rares battitures globulaires, lamellaires et en bille. Les pertes en métal sont pratiquement inexistantes et toujours non réoxydées (échantillons 1151.2, 1212.3 et 1212.5). Les autres culots sont constitués d’une structure fayalitique très homogène et pratiquement pure, sans wustite, ni métal (échantillons 1212.4 et 1213.6) (fig. 137). L’impression donnée par l’ensemble du corpus scoriacé est donc vérifiée : le lot de déchets découverts répercute une activité ne générant que très peu de pertes en métal et en oxyde. En conséquence, les scories illustrent la réalisation de phases de chauffe régulières, longues, avec de très faibles amplitudes thermiques, à moyenne ou à haute température. Néanmoins, ces travaux se distinguent très nettement de l’ensemble des situations rencontrées précédemment, que ce soit dans les habitats groupés ou dans les habitats dispersés (*cf. supra*). Les déchets découlant de l’activité sont hors normes, non pas au niveau de la phase de travail à laquelle ils se réfèrent, mais dans la qualité du travail à laquelle ils renvoient. Tous les éléments signifient la réalisation de phases de forgeage avancées et accompagnées de nombreux ajouts silicatés et argileux. Ce qui est atypique, c’est la régularité de la faiblesse des pertes engendrées. Il est incontestable que la chauffe est totalement maîtrisée pour obtenir de tels rebuts. Seule la qualité de l’exécutant n’est cependant pas suffisante pour expliquer cette situation. Il semble qu’il faille également évoquer le caractère répétitif de l’opération exercée qui permet d’expliquer l’homogénéité des rebuts et d’envisager une connaissance accrue du support travaillé – ce qui renforce fictivement la qualité des savoir-faire. À défaut de désigner directement le(s) type(s) d’objets manufacturés, il est seulement possible de restreindre les éventualités : il s’agit très vraisemblablement du travail de masses de fer importantes et déjà correctement épurées qui ne nécessitent pas la mise en œuvre d’éléments fins. L’éventail des possibilités est donc large, mais la production ne paraît concerner qu’une variété très réduite d’objets. En cela, les cycles de chauffe retournent d’une production standardisée.

2.2.2. UN CORPUS FERREUX ATYPIQUE

Le décompte des pièces métalliques ne concerne que la fosse FS1150, seul contexte certifiant une correspondance entre l’activité et les objets en fer (fig. 134). Ici, ces derniers composent moins de 1 % du mobilier métallurgique, tant en nombre qu’en poids – 24 éléments pour 970 g. Ils sont donc rares. Ils sont essentiellement représentés par des chutes informes hydroxydées de dimensions modestes et parfois scorifiées – en moyenne 32 g. On distingue également un demi-produit en forme de courte barre (échantillon 1230.1, 62 x 35 x 20 mm, 244 g) (fig. 141) et un outil dont l’identification a été réalisée *a posteriori* grâce aux analyses métallographiques (échantillon 1151.1) (fig. 142).

Globalement, les éléments ferreux proposent donc un assemblage original par rapport à ceux observés dans les habitats groupés ou les habitats dispersés. Cette différence découle

essentiellement du fait que, ici, il n'existe ni tige, ni clou, ni feuille, toutes ces chutes courantes dans les forges dites villageoises. Cet aspect tend à renforcer l'impression donnée par l'analyse des culots : le travail récurrent d'une variété très limitée d'objets massifs.

DES PSEUDO-GROMPS ET GROMPS MASSIFS

Pour préciser plus avant la réflexion, huit pièces métalliques ont été prélevées. Six d'entre-elles font partie des petits fragments indéterminés, très fortement hydroxydés et parfois scorifiés, qui composent la majorité du corpus (fig. 134 et 136). L'essentiel correspond à des chutes de forge consécutives au travail d'un métal relativement hétérogène, des sortes de pseudo-*gromps*. Elles sont, soit composées de masses ferritiques plus ou moins épurées directement issues de fragments de loupe avec de multiples plans de frappe (échantillons 1213.2 et 1213.4), soit constituées d'assemblages de feuilles avec des taux d'épuration inégaux, des sens de corroyage distincts et des alliages de carbone variables pouvant atteindre 0,3-0,4 % (échantillons 1213.1 et 1213.3) (fig. 139 et 140). Momentanément, le métal travaillé peut paraître plus « sale », comme le suggère l'échantillon 1212.2, un véritable *gromps*, une perte caractéristique de l'épuration des loupes (fig. 138). Parfois aussi, l'alliage semble *a contrario* de très bonne qualité inclusionnaire à l'image de l'échantillon 1212.1, lequel est formé de l'assemblage complexe – soudure en gueule de loup – d'au moins cinq feuilles correctement épurées. L'impression générale est donc que le travail concerne une matière relativement hétérogène avec une variabilité qui peut être temporairement importante. Du reste, la faible fréquence des chutes métalliques et l'importance de leur épaisseur – environ 1 cm – soulignent le façonnage de pièces massives, situation déjà suggérée par l'analyse des scories.

LA FABRICATION DE DEMI-PRODUITS

Le demi-produit découvert dans la fosse FS1150 forme une courte barre sensiblement parallélépipédique (échantillon 1230.1, 62 x 35 x 20 mm, 244 g), dont une des extrémités est légèrement biseautée (fig. 134 et 141). Ce faciès ne procède pas d'une tranche à chaud, mais découle directement de la mise en forme de quatre feuilles de 1 cm d'épaisseur soudées les unes sur les autres : deux sont à 0,4-0,5 % de C et deux sont à 0,2-0,4 % de C. Le demi-produit est donc une masse d'acier relativement homogène à 0,4 % de C, à l'exclusion d'une des feuilles centrales présentant un taux d'épuration plus faible et un sens de corroyage distinct. Les zones ferritiques se situent uniquement au niveau des soudures. L'une d'elles est encore écrouie à proximité de la surface. Elle indique que ce demi-produit intact sort d'une phase de mise en forme – avant l'analyse métallographique, tout le pourtour de la pièce a été dégagé, ce qui n'a notamment pas permis de s'assurer de l'éventuelle présence de battitures en cours de formation.

En contexte de forge, les demi-produits sont généralement débités. Dans le cas contraire, se pose la question de leur fabrication sur place d'autant plus qu'ici le demi-produit 1230.1 vient d'être façonné. Les cycles de forge mis en évidence à l'Auribelle-Basse pourraient s'inscrire dans une telle pratique à la condition *sine qua none* que la matière travaillée soit déjà en grande partie

épurée à son arrivée sur place. La qualité des chutes de forgeage analysées trouve également de grandes correspondances avec une telle production, toujours à la condition que la matière œuvrée soit déjà épurée à sa venue. Des forges d'épuration ont été mises en évidence, notamment à proximité des bas fourneaux, en revanche, les exemples d'ateliers fabriquant des demi-produits à partir de masses déjà grandement épurées font défaut. Pourtant, leur existence est avérée notamment par la physionomie de nombreux demi-produits fortement corroyés qui sont utilisés en contexte de forge (*cf. infra*, partie III, chapitre 2, § 3). La plausible fabrication de demi-produits à l'Auribelle-Basse mérite donc une attention particulière.

UN OUTIL DE FORGE À PERCUSSION INDIRECTE

Enfin, un dernier élément a été analysé. Il s'agit de la seule tige métallique reconnue dans la fosse FS1150, dont le diamètre varie d'une extrémité à l'autre, entre 8 et 15 mm (échantillon 1151.1). Façonnée à partir d'un acier très homogène à 0,7 % de C, la pièce est entièrement trempée sous la forme de troostite, un traitement thermique doux permettant à l'acier d'être moins cassant qu'une trempe plus brutale – martensite (fig. 142). L'attention portée à son façonnage et ses qualités mécaniques poussent à reconnaître en elle un outil conforme aux différents dégorgeoirs et poinçons utilisés dans la métallurgie du fer (Duvauchelle 2005, p. 153). Cependant, la pièce ne mesure que 42 mm de long, ce qui limite fortement son maniement en percussion indirecte, à moins que la partie distale de la tige ne soit cassée – l'hydroxydation importante du pourtour ne permet pas de vérifier cette hypothèse. Quoi qu'il en soit, son utilisation pose de nombreux problèmes, puisqu'il est avéré que cet outil se rapporte généralement au façonnage de fines parties, alors que toutes les autres sources du site sous-tendent le travail d'éléments volumineux.

2.3. L'ARTISANAT DE TYPE MANUFACTURE : UN PROBLÈME DE DISCRIMINATION

2.3.1. LA DÉFINITION DU FORGEAGE À L'AURIBELLE-BASSE

Trois critères permettent de définir une production artisanale à travers les données archéologiques : la quantité d'opérations réalisée en temps comme en masse, le type de travaux effectués en termes de phases opératoires et de qualité d'exécution et, enfin, la récurrence ou la diversité des objets fabriqués. Confronté à ces trois critères, comment est perçu le forgeage exercé à l'Auribelle-Basse pendant le premier tiers du II^e siècle ?

QUANTIFIER L'EXERCICE

Quantifier pose toujours de nombreux problèmes. Ici, l'embarras est accentué par la méconnaissance de la fourchette chronologique dans laquelle fonctionne la forge, seulement perçue à travers une fosse-dépotoir datée du premier tiers du II^e siècle. Est-ce que celle-ci représente l'ensemble de l'activité ou ne correspond-elle qu'à un temps de l'exercice puisque, le rejet des déchets concerne le plus souvent l'extérieur des zones bâties, selon un processus désormais reconnu ? Cette question est d'autant plus pertinente que le sédiment et le mobilier de la fosse dénotent un comblement homogène et régulier, probablement court dans le temps. Pour avancer, envisageons comme ordre de grandeur la quantité de travail à laquelle renvoient les déchets conservés. Les cent seize culots composent 4 % du nombre et 23 % de la masse des scories de la fosse. Cette proportion est très faible par rapport à des assemblages scoriacés plus fidèles à l'activité de forgeage, comme à *Ambrussum* ou *Olbia*, dans lesquelles ces types représentent approximativement 15 % du nombre et entre 60 et 80 % de la masse (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 1.1 et § 2.1.2) (Anderson *et al.* 2003, p. 166-168 ; Eschenlohr *et al.* 2007). Ici, au minimum, les culots sont donc sous-estimés au tiers, très probablement à cause de leur fractionnement important : il se retrouve sous la forme des scories informes et fragmentaires dont la structure est sensiblement équivalente. Sachant que dans le cadre de travaux de forges pérennes et homogènes, un culot de forge correspond à une journée de chauffe et que ces dernières occupent la moitié du temps, le dépotoir de l'Auribelle-Basse représente environ deux ans de travail d'une seule unité de production (Anderson *et al.* 2003, p. 168). Ramené aux trente années de la phase d'occupation, cette durée est très modeste. Vu les qualités des travaux et les caractéristiques du dépotoir, il faut donc très vraisemblable envisager qu'une majorité de l'évacuation des déchets concerne des espaces extérieurs notamment à la zone de fouille. Toute tentative de raisonnement sur la quantification semble donc exclue.

CARACTÉRISER LES TRAVAUX

Qualifier les phases de travail semble être la démarche la plus prometteuse dans notre cas. L'étude archéométallurgique des vestiges de l'Auribelle-Basse souligne, en effet, l'existence d'une production dans les campagnes du Haut-Empire de Narbonnaise totalement différente de celle mise en évidence dans les *villae*, dans toutes les sortes d'habitats groupés étudiées ou encore dans les villes (Serneels 1999, p. 211-213). Ici, le travail est sectorisé et fondé sur la répétition invariable d'une phase de forgeage très précise avec une haute qualité d'exécution. Cette forge se place donc dans une étape avancée de la chaîne opératoire et, surtout, dans la fabrication pratiquement sérielle d'objet(s). Cette situation, apparentée à une standardisation manufacturière, suggère par sa qualité une production transgressant nécessairement le cadre de l'établissement. Les vestiges des aménagements métallurgiques font cruellement défaut pour asseoir plus correctement cette conclusion. Ils ne permettent pas de s'assurer matériellement de la concentration de la main d'œuvre, ainsi que de la différenciation et de la spécialisation des instruments de travail comme pourtant le laisse suggérer l'analyse des déchets qui illustrent l'exercice répété d'un travail très sectorisé.

RECONNAÎTRE LA PRODUCTION

En 2003 et 2004, Michel Feugère a réalisé un inventaire détaillé du millier d'objets métalliques découverts sur tout le site (Feugère 2005). Il a noté l'abondance des outils, la bonne représentation de l'*instrumentum* lié au textile et l'existence de quelques éléments de vie luxueux et de chars, mais aucune singularité n'a été constatée dans la répartition des types ou des destinations fonctionnelles pour préciser la nature des objets façonnés. On peut juste noter une augmentation du corpus des ferreux dans le même temps où fonctionne la forge. Par contre, l'analyse archéométallurgique permet de restreindre les éventualités. En premier lieu, elle indique que les objets se placent dans un gabarit sensiblement équivalent. Deuxièmement, la rareté des pertes en oxydes et en métal induit le façonnage d'objets massifs à partir d'un alliage de qualité plutôt bonne, correctement épuré et compacté. Ces traits prennent tout leur sens au regard du demi-produit retrouvé intact et venant d'être façonné. Aussi, l'atelier de l'Auribelle-Basse pourrait avoir pour vocation de remodeler des demi-produits importés – par conséquent déjà correctement épurés – pour les mettre sous des formes plus petites, davantage adaptées aux forges établies dans les différentes occupations des campagnes (*cf. infra*, partie III, chapitre 2, § 3).

2.3.2. L'AURIBELLE-BASSE, LE SIÈGE D'UNE MANUFACTURE MÉTALLURGIQUE

En définitive, si l'on exclut l'aspect quantitatif qui pose des problèmes subsidiaires, pour l'heure difficile à résoudre, l'Auribelle-Basse est un établissement original qui propose une activité métallurgique très particulière sans rapport aucun avec celles localisées dans les *villae*, les habitats groupés de type agglomérations secondaires ou les villes antiques. Il ne s'agit ni d'une forge villageoise, ni d'une forge polyvalente d'entretien et de service. D'ailleurs, d'autres activités situées dans le site semblent se placer dans une perspective économique aussi originale. Tel est le cas notamment des travaux de tabletterie, eux aussi redondants et sectorisés en termes de phases de travail (Prévôt à paraître). Par conséquent, si l'on se fie à l'image lacunaire que renvoie la fosse FS1150, tous les éléments encouragent à caractériser l'activité de forge de l'Auribelle-Basse de manufacture spécialisée dans la production d'objets massifs et, plus spécialement, de probables « petits » demi-produits corroyés à partir d'un métal déjà correctement épuré pour que la matière semi-finie soit plus adaptée aux productions diversifiées des campagnes.

Actuellement, un problème de taille concerne les manufactures métallurgiques. Il réside dans leur discrimination par les sources archéologiques. Nous nous trouvons donc au fondement et au commencement d'un thème de recherche qui est d'autant plus difficile à conduire que ces *fabricae* sont traditionnellement rattachées aux contextes urbains (Ferdière 2007). Qu'importe que l'Auribelle-Basse fasse partie de l'agglomération secondaire de *Piscinae* (Pézenas, 34) ou soit un établissement isolé, son analyse apporte deux éléments : d'une part, il est vérifié par l'archéologie que les campagnes de Narbonnaise peuvent accueillir des manufactures notamment métallurgiques et, d'autre part, il existe un moyen pour les pister à condition qu'une masse de déchets, même partielle, soit conservée.

3. VERS LES CAMPAGNES MÉDIÉVALES

Si l'Empire est disloqué et dorénavant soumis aux aléas politiques et administratifs de la formation des royaumes dits barbares, la Narbonnaise constitue cependant encore, au moins jusqu'à l'orée de l'époque carolingienne, une entité fortement influencée par les schémas d'occupations du sol et les systèmes d'exploitation hérités du monde antique (Fiches 1996 ; Pellecuer 2000 ; Ouzoulias *et al.* 2001 ; Buffat 2004 ; Schneider 2005 ; Raynaud 2007 ; Schneider 2007a). Ce constat procède de l'analyse archéologique de micro-régions. Il s'en dégage un fait commun, particulièrement palpable en plaine : l'arasement systématique des vestiges tardo-antiques qui s'apparentent alors plus à des lambeaux d'occupation qu'à de véritables sites circonscrits, à l'exception de quelques-uns plus richement conservés (Pellecuer 2000 ; Buffat 2004).

Pour aborder l'artisanat dans les habitats groupés du début du Moyen Âge, notre attention s'est volontairement concentrée sur les vestiges les plus lisibles, pour justement contourner ces lacunes dues aux perturbations habituelles des sites tardo-antiques. Aussi, c'est l'habitat perché du Roc de Pampelune (Argeliers, 34) qui a été privilégié pour bénéficier de la fouille récente et importante d'un site créé *ex nihilo* au VI^e siècle sur un plateau calcaire, certes, fortement lessivé par les intempéries, mais pas charrué. Cette enquête a permis de révéler le dynamisme de cette période tant en termes de renouvellement des systèmes de production, qu'au niveau des continuités technique et économique : au VI^e siècle, les artisans spécialisés exercent encore leurs savoir-faire en étant parfois regroupés dans des agglomérations fortifiées pour produire des objets destinés à l'exportation au sein d'ateliers fondés sur la mise en œuvre d'un matériau ferreux de prédilection – acier, ferrite, fabrication de demi-produits..., et ceci même dans des zones pensées actuellement comme reculées – les garrigues – pour probablement profiter de la proximité des ressources sylvicoles et, peut-être, minérales.

Face à ce premier constat, on saisit que la situation misérabiliste accordée aux campagnes du début du Moyen Âge a souffert d'une vision peut-être trop pessimiste, très probablement véhiculée par les vestiges particulièrement lacunaires que les archéologues rencontrent le plus couramment en plaine. Le propos de cette sous-partie est donc d'investir le sujet du travail du fer dans l'habitat dispersé tardo-antique à travers ces contextes fortement bouleversés pour tenter de formuler des interprétations moins soumises aux influences d'une documentation indigente. Pour avoir une vue sur la situation globale, en premier lieu, notre propos tentera de détailler la genèse de la figure emblématique du « paysan-forgeron » exerçant dans un système économique autarcique et polycole. Dans un deuxième et un troisième temps, le débat est recentré sur l'analyse de deux sites témoins typiques du début du Moyen Âge. La Madeleine II (Clermont-l'Hérault, 34) aux IV^e-V^e siècles est l'occasion d'envisager le cas de ces forges isolées dans les champs et peu fournies en scories. À l'opposé, le site de l'Ermitage (Paulhan, 34) aux VII^e-VIII^e siècles permet d'aborder une situation inverse : ces périphéries d'habitats faites de fosses et de silos pollués par les déchets de l'occupation voisine, le plus souvent, à peine perceptible.

3.1. LA GENÈSE DU CONCEPT DE MÉTALLURGIE PAYSANNE

3.1.1. UNE FORGE POUR CHAQUE OCCUPATION

Dans les campagnes à partir du IV^e siècle, les occupations ou les réoccupations de nombreuses *villae* antiques renferment des forges dont le fonctionnement est continu (fig. 130). Dans les environs de Nîmes, dans les niveaux du V^e siècle de la *villa* de Mayran (Saint-Victor-la-Coste, 30), plus d'une centaine de kilogrammes de scories de forge ont été découverts (Buffat, Petitot 1998 ; Buffat 2004, p. 308-311). Si les aménagements métallurgiques n'ont pas été localisés, la masse des déchets et le type de comblement laissent présager des travaux de forge pérennes, alors que l'exploitation est encore dirigée vers l'agriculture et ses productions associées (pressoir et chai). Après un bref hiatus dans l'occupation de la Ramière (Roquemaure, 30), entre la seconde moitié du IV^e siècle et le courant du V^e siècle, un atelier de forge très correctement aménagé est aussi installé dans cette *villa* (foyer, enclume, réserve de charbon) (Maufras *et al.* 1998). Il permet d'envisager une activité durable, malgré le nombre limité de scories récoltées, dont la masse n'excède pas quelques dizaines de kilogrammes. Ici également, ce travail s'insère dans le cadre d'une exploitation agricole et pastorale, mais il se place aussi à côté d'un autre artisanat lié aux arts du feu : un atelier de potiers. Durant le Bas-Empire et l'Antiquité tardive dans la *villa* de la Gramière (Castillon-du-Gard, 30 ; du IV^e-V^e siècle au VII^e siècle), de nombreuses scories et deux foyers de forge témoignent, là encore, de l'existence et de la persistance de tels travaux à côté, au moins au début de ces temps, d'activités agro-pastorales (Buffat 2004, p. 172 et 247-250). La situation est identique plus à l'ouest. Dans la réoccupation de la *villa* de la Domergue (Sauvian, Hérault), autour du V^e siècle, une forge fonctionne selon des modalités que l'on cerne encore mal (Ginouvez *et al.* 1998). Sur le site antique de Saint-Jean d'Aureilhan (Béziers, Hérault), une probable *villa* du Haut-Empire, une forge est également localisée dans les niveaux du IV^e-V^e siècle (Ginouvez, Vidal 1998). Dans l'occupation tardive de la *villa* des Prés-Bas (Loupian, 34), au IV^e siècle, un atelier métallurgique bien structuré réoccupe, quant à lui, un ancien cellier (Pellecuer *et al.* 1998). Enfin, à l'est, un contexte similaire se trouve également dans la phase tardive de la *villa* des Bruns (Bédoin, 84), réoccupée aux V^e et VI^e siècles après un abandon d'environ un siècle. L'activité de forge côtoie ici aussi une autre activité liée aux arts du feu (atelier de potiers ?) (Trial *et al.* 1996).

Outre ces *villae* ou ces anciennes *villae*, d'autres types d'occupations dispersées fondées au Haut-Empire et encore habitées au début du Moyen Âge témoignent de cette présence récurrente

de forges dans les établissements ruraux de Narbonnaise à partir du IV^e-V^e siècle, sans qu'il n'y ait d'antécédent dans l'activité. Dans la vallée de l'Hérault par exemple, l'établissement agricole et viticole de bord de route de la Quintarié (Clermont-l'Hérault, 34) (fig. 144) possède une forge au V^e-VI^e siècle à côté d'une production importante de céramique – les Dérivées de Sigillées Paléochrétiennes (Pomarède 1999, p. 52-54 ; Pomarède *et al.* 2005). Le petit port domanial du Bourbou (Loupian, 34), au sud de la *villa* des Prés-Bas (Loupian, 34), dispose aussi d'une forge dans la phase du V^e-VI^e siècle (Lugand *et al.* 1997, p. 46-52).

Quant au reste, les sites fondés durant le l'Antiquité tardive, ils livrent, eux aussi, la plupart du temps, des vestiges de forge et, cela, quel que soit leur statut. Ainsi, les églises isolées alto-médiévales attirent souvent des activités métallurgiques, notamment à Sainte-Cécile (Loupian, 34) au nord de la *villa* des Prés-Bas (Loupian, 34) et, toujours dans la vallée de l'Hérault, à Saint-Geniès-de-Litenis (Saint-Jean-de-Fos, 34) (Pellecuer *et al.* 1998, p. 166). D'autres contextes ecclésiastiques sont mentionnés dans les Pyrénées-Orientales pour être associés à de nombreuses scories (Izard 1999, p. 115-199). Ce phénomène rappelle une situation sensiblement similaire mise en évidence dans le nord de la Gaule pour toute l'époque médiévale (Benoît, Cailleaux 1991 ; Eschenlohr 2001, p. 141-143). Les grottes, type d'habitat à nouveau investi durant le Bas-Empire et l'Antiquité tardive, renferment aussi des travaux de forges, comme dans celle de l'Hortus vers le IV^e-V^e siècle (Démians D'archimbaud 1972, p. 651-656 ; Raynaud 2001). Enfin, toute une série d'occupations en plaine conserve des vestiges de forge durable : dans la vallée de l'Hérault, à la Madeleine II au IV^e siècle (Clermont-l'Hérault, 34), à l'Ermitage (Paulhan, 34) aux VII^e et VIII^e siècles ou, encore, plus tardivement, au IX^e-X^e siècle, sur le site Les Termes (Plaisan, 34) (Schneider 1998 ; Pagès 2007). Dans les Pyrénées-Orientales aussi, les occupations dispersées en plaine aux V^e et VI^e siècles sont fréquemment munies d'une forge permanente comme à Las Chinchettes (Saint-Cyprien, 66), les Coudoumines III (Caramany, 66) ou encore la Coume de la Païrounell (Angoustrine, 66) (Kotarba, Leblanc 1998, p. 199 ; Kotarba, Vignaud 2001, p. 89-97 ; Campmajo *et al.* 2007, p. 144-152 ; Kotarba 2007, p. 51-52).

Au bout de cet inventaire davantage significatif qu'exhaustif, il se dégage *a priori* un fait commun : contrairement au Haut-Empire, une très grande majorité des établissements ruraux est munie d'une forge à la fin de l'Antiquité romaine et au début du Moyen Âge. D'ailleurs, dès les années 1980 et la publication des premières grandes fouilles du haut Moyen Âge de Gaule septentrionale, les archéologues soulignaient cette situation (Le Roux 1988, p. 291 ; Van Ossel 1992, p. 151-153 ; Feugère, Serneels 1998a, p. 259-260).

3.1.2. UN CONCEPT POUR RÉPONDRE À DES DISCORDANCES

Dans les connaissances établies à partir des sources écrites, le forgeron apparaît comme un des rares artisans spécialisés à avoir survécu à la régression technique et à l'étiollement du travail d'experts (Fourquin 1975, p. 365-367 ; Duby 1977, p. 83-85 ; Chapelot, Fossier 1980, p. 24-25 ; Le Goff 1982, p. 178-181 ; Contamine 1997, p. 38-39 ; Le Goff 1999a, p. 112-117, 127-

159 ; Fossier 2000, p. 228-231). Son statut est même majoré et égale celui de l'orfèvre. La valeur importante accordée aux outillages métalliques conforte encore cette lecture. Preuve en est, dès les IV^e-VI^e siècles, de lourdes peines punissent le vol de ces objets dans la loi salique (XXI, 12) et, au VI^e siècle, la Règle de Saint-Benoît assimile ces *ferramenta* (outils ou parties d'outil en fer) aux vases et mobiliers sacrés du monastère (31-32). Plus tard, les *ferralia* (pièces en fer) sont scrupuleusement comptabilisées dans les inventaires des polyptyques carolingiens. Bien que cela montre encore l'intérêt que les objets et outils en fer suscitent, ces données ont davantage été utilisées pour pointer leur faible nombre au sein des territoires exploités. Confortée par le prestige accordé au forgeron, une hypothèse est alors vite devenue légion : l'Antiquité tardive et le haut Moyen Âge souffrent d'une pénurie en fer. Cette anémie en fer a très largement été admise puisqu'elle répondait à une idée générale voyant dans l'Antiquité tardive et le haut Moyen Âge des époques de régression où l'on survit plus que l'on ne vit, au sein d'une société dominée par la barbarie, le recul du pouvoir public et l'émergence du pouvoir ecclésiastique.

Si l'on revient aux sources archéologiques, dans ces conditions, comment a été expliquée la formidable multiplication des forges à partir du IV^e siècle dans les structures de peuplement, si petites soient-elles ? Déjà, la question n'a pas été réduite au seul travail du fer, mais conçue à l'échelle de l'artisanat au sens large puisqu'une grande partie des productions manufacturières pistées par l'archéologie – le textile, la verrerie et la céramique... – semble suivre le même processus (Chapelot, Fossier 1980, p. 120 ; Fossier 1995, p. 22-23). L'hypothèse avancée a été que chaque ferme ou hameau possède toute la panoplie artisanale pour fabriquer pratiquement tout ce dont la maisonnée a besoin, au même titre que la nourriture. La cellule domestique constitue à la fois l'unité de production et l'unité de consommation dans un schéma issu du concept du « mode de production domestique », particulièrement en cours chez les anthropologues des années 1980 (Fourquin 1975, p. 338 ; Jamard 1991 ; Fossier 1995, p. 22-23 ; Contamine 1997, p. 40 ; Fossier 2000, p. 33-37 ; Durliat 2002, p. 55 ; Dupuy 2004, p. 149-157). Cette hypothèse de production domestique trouve une légitimité dans l'idée d'un retour vers une société pensée comme primitive, mais aussi dans l'enracinement, entre les IV^e et VI^e siècles, du système lignager de parenté et dans l'émergence massive d'une sorte d'exploitation propre au haut Moyen Âge : le *manse*, une unité d'exploitation familiale comportant, en principe, l'habitation et ses dépendances, la quantité de terre que pouvait cultiver et qui pouvait nourrir une famille ; il constitue également une unité fiscale servant de base aux prestations exigées par le maître du sol (Fédou 1995, p. 100 ; Guerreau-Jalabert 1999).

Pour autant, les discordances entre les sources textuelles et archéologiques n'ont pas toutes été élucidées. La conduite de travaux dans un cadre domestique approuve bien la pénurie en fer, l'autarcie et la subsistance justifiant à elles seules la production du fer sans surplus. En revanche, l'exercice d'un forgeron dans la cellule familiale va à l'encontre du prestige accordé à ce travail ; prestige par ailleurs constaté par l'archéologie dans la richesse des sépultures de forgerons fouillées (Decaens 1971, p. 83-90 ; Feugère, Gros 1996, p. 292-293, 298-299). La solution à ce problème a été puisée dans la tradition polycole des exploitations rurales alto-médiévales (Contamine 1997, p. 36-38). À côté de forgerons spécialisés, fabriquant notamment des armes et des outils de qualité pour l'aristocratie de ce monde, il existerait une métallurgie paysanne *a priori*

médiocre, conforme à la notion de régression, notamment technique, assortie à ces temps. (Démians D'archimbaud 1972, p. 656 ; Duby 1977, p. 85 ; Hesse 1986, p. 442-444 ; Feugère, Serneels 1998a, p. 260 ; Kotarba, Leblanc 1998, p. 199 ; Dewerpe 2001, p. 11). Plus récemment, des rectificatifs dans l'interprétation des polyptyques carolingiens sont bien venus relativiser l'hypothèse d'une pénurie en fer durant le haut Moyen Âge, mais l'idée d'une métallurgie paysanne est restée ancrée dans les esprits peut-être parce qu'elle est par ailleurs reconnue par l'éthologie (Martinelli 1992 ; Arnoux 1993, p. 13-18 ; Contamine 1997, p. 38-39). En référence aux études éthologiques menées sur le territoire africain et aux « chevaliers-paysans » de l'an mil du lac de Paladru, nous nommerons cette figure emblématique le forgeron-paysan (Colardelle, Verdel 1993).

Confrontée à une lecture précise des vestiges artisanaux, est-ce que la production autarcique en « mode de production domestique » demeure viable et est-ce que le forgeron-paysan reste un acteur répandu dans le peuplement des campagnes ? C'est à ces questions que les études des sites de la Madeleine II (Clermont-l'Hérault, 34) et de l'Ermitage (Paulhan, 34) comptent répondre ou, tout du moins, réagir pour cerner avec plus d'acuité les raisons de la forte pénétration des activités artisanales, à partir du IV^e siècle, dans les établissements ruraux dispersés.

3.2. UNE FORGE DANS UN BÂTIMENT ISOLÉ À LA MADELEINE II AUX IV^E-V^E SIÈCLES (CLERMONT- L'HÉRAULT, 34)

La moyenne vallée de l'Hérault est connue pour avoir été fortement impliquée dans la production agricole de la province sous le Haut-Empire (Schneider 1992 ; Bermond, Pellecuer 1997 ; Bermond, Pellecuer 1998 ; Mauné 1998 ; Schneider, Garcia 1998 ; Bermond *et al.* 2002). À partir du milieu du III^e siècle, cette zone subit un recul du peuplement, à l'image du cycle de réorganisation se faisant sentir dans l'ensemble de la Narbonnaise (Fiches 1996 ; Schneider 2007b). De multiples *villae* et l'agglomération secondaire principale – Peyre Plantade (Clermont-l'Hérault, 34) – sont alors abandonnées. Dès le milieu du IV^e siècle, des signes d'une reprise sont visibles. De nouveaux établissements font alors leur apparition en regagnant souvent les emplacements du Haut-Empire selon des modalités diverses – reprise, nouvelle fondation... Tournées vers ces terroirs de plaine favorables à l'agriculture, ces occupations se fondent parfois sur l'artisanat et le traitement des ressources du sous-sol. Ainsi, la Quintarié (Clermont-l'Hérault, 34), un établissement viticole et agricole du Haut-Empire, s'appuie principalement, à partir du IV^e siècle, sur la fabrication massive d'un type de céramique standardisée, les Dérivées de Sigillées Paléochrétiennes – dans cette phase, une forge a été découverte (Pomarèdes *et al.* 2005). Implanté à un endroit stratégique, aux abords d'un carrefour entre une voie secondaire et la voie *Cessero/Luteva/Condatomagus* (Saint-Thibéry, 34/Lodève, 34/Millau, 12), cet atelier exporte ses poteries à une échelle régionale (fig. 144).

C'est à 1,1 km aux abords de la voie secondaire bifurquant à la Quintarié de l'itinéraire *Cessero/Luteva/Condatomagus* que se trouve le site de la Madeleine II (Clermont-l'Hérault, 34), fouillé par Agnès Bergeret dans le cadre d'une opération préventive (fig. 143, 144 et 145). Installé sur l'assiette d'un hameau agricole du Haut-Empire abandonné dans le courant du III^e siècle, le site est réinvesti sous une forme difficile à saisir vers le début du IV^e siècle (Pomarèdes *et al.* 2005, p. 42 ; Bergeret, Donat 2007). Seul un large enclos est conservé. Son élévation est reprise dans l'état postérieur, dans le courant du IV^e siècle ou au début du V^e siècle (fig. 146). À ce moment là, est adjoint un nouveau bâtiment rectangulaire de 20 m de long subdivisé en deux pièces inégales – bâtiment B. L'extension de la fouille – dictée par les aménagements contemporains – n'a pas permis de découvrir d'autres installations et de préciser plus avant la fonction du lieu. Uniquement une forge, localisée au milieu de la pièce principale, permet d'entrevoir la fonction productive de cette construction installée aux abords de la voie secondaire desservant un réseau

d'occupations lâches installées sur la rive gauche de la moyenne vallée de l'Hérault, dans le vallon du Ronel. L'établissement est à nouveau modifié dans le courant du V^e siècle, quand sont édifiées de nouvelles constructions dont il n'est conservé qu'une abside. Vers le VI^e siècle, cet ensemble laisse progressivement la place à une occupation religieuse.

En l'absence d'aménagement discriminant, il est de coutume de confondre les bâtiments dispersés dans les champs avec des dépendances agricoles. À première vue, le bâtiment B de la Madeleine II reprend cette correspondance traditionnelle, d'autant qu'à moins de 200 m des installations agricoles contemporaines fonctionnent dans un petit hameau occupé du IV^e au VII^e siècle (Pomarèdes *et al.* à paraître). Pourtant, comme le signale l'activité de potiers de la Quintarié, cette association entre habitat dispersé et fonction agricole n'est pas systématique. Les activités artisanales ne doivent pas être négligées. À travers l'étude détaillée de la forge du bâtiment B de la Madeleine II, le rôle économique du bâtiment est donc discuté. Cette analyse vise également la caractérisation plus fine des causes de l'insertion des activités artisanales dans les campagnes à partir du IV^e siècle, au même moment où se réorganise le réseau de peuplement. Ainsi, les premiers éléments d'une réflexion générale sont avancés sur la viabilité du « mode de production domestique » et du concept de forgeron-paysan dans la « Narbonnaise » tardo-antique.

3.2.1. UN ATELIER ORGANISÉ

DES AMÉNAGEMENTS FONCTIONNELS

L'atelier de forge daté du IV^e siècle ou du début du V^e siècle, se trouve dans la grande pièce du bâtiment B de la Madeleine II, dans la partie médiane contre le mur gouttereau nord (fig. 146).

Le foyer de forge (FY3290) se trouve dans une fosse en forme de « 8 » (1,4 x 0,4 m). Chacune des boucles, séparée par un léger ressaut, ne trouve pas une fonction identique (fig. 147). À l'ouest, l'une est totalement rubéfiée sur 5 cm d'épaisseur avec une profondeur de 32 cm, tandis que l'autre, à l'est, n'est creusée que sur 5 cm et n'a pas particulièrement chauffé. Entièrement comblée de charbon de bois et de cendre, cette fosse associe donc, à l'ouest, un foyer et, à l'est, une réserve de combustibles facilement accessibles pour être retirés ou ajoutés au gré des différentes opérations. Si les foyers excavés sont connus depuis la Protohistoire, cette forme de forge constitue une variante aux foyers oblongs traditionnels, dans lesquels aucune division n'existe, de manière à pouvoir déplacer le feu en fonction de la grosseur et de la forme des pièces à chauffer. La forge du bâtiment B de la Madeleine II apparaît donc comme une sorte d'hybride entre un foyer circulaire et un oblong.

Le calage du support de frappe est toujours en place 50 cm au nord du foyer de forge (US3306). Il est matérialisé par un gros bloc parallélépipédique de calcaire coquillé remployé (fig. 147 et 148). Son percement primitif carré a été largement retaillé de façon à recevoir une enclume en bois ou en fer qui devait certainement présenter la forme d'un tas, au vu de

l'emplacement qui lui est réservé (Rebière *et al.* 1995, p. 501-503 ; Serneels 1998, p. 30). Ce calage a également servi de surface de martelage, la pierre tendre étant largement entamée par de nombreuses cupules du côté de la forge, là où se tenait probablement le forgeron. La qualité d'absorption du calcaire coquillé a dû motiver cette pratique. Un bourrelet d'argile très fine est déposé contre le socle de l'enclume, côté foyer. Facilement accessible, il devait constituer une réserve d'ajouts utilisés dans certaines phases de chauffe, selon une pratique avérée.

La concentration spatiale des aménagements et la convergence de leur axe d'utilisation dans l'espace localisé entre le foyer et l'enclume indiquent que cette zone matérialise l'espace de travail du forgeron (fig. 147). Il peut ainsi avoir aisément accès au foyer et à l'enclume, en effectuant un tiers de tour.

Reste à localiser le soufflet qui selon toute vraisemblance devait se trouver au sud du foyer. D'ailleurs, de ce côté, un morceau de paroi rubéfiée a été spolié. Or, au cours de la phase de chauffe, le principal déchet – la scorie en culot – se forme à l'endroit le plus chaud, là où débouche l'air canalisé par la tuyère. De fait, elle se retrouve fréquemment accrochée à la paroi. Une partie de cette dernière est par conséquent souvent arrachée lors du nettoyage, ce qui semble bien être le cas ici, puisque aucune scorie n'est conservée dans le comblement du foyer et que le seul culot retrouvé dans le bâtiment a un fragment de paroi aggloméré sur un côté (fig. 147). Suivant cette hypothèse, il est très probable que l'atelier soit occupé par deux personnes, le forgeron – ou le maître – et son second – ou l'apprenti – selon des schémas traditionnels documentés par des enquêtes ethnographiques réalisées en Afrique et des témoignages modernes sur les forges occidentales (Martinelli 1993 ; Martinelli 1996 ; Hahn 1997).

QUELQUES DÉCHETS POUR DÉFINIR LES PHASES DE TRAVAIL

Une autre fosse (FS3291), creusée sur 10 cm de profondeur, vient s'ajouter aux aménagements métallurgiques précédents (40 x 45 cm) (fig. 147). Localisée à un mètre à l'est de l'enclume et du foyer, elle possède un sédiment charbonneux (US3291) qui regroupe tout le mobilier métallurgique de l'atelier, les niveaux d'occupation et de fonctionnement étant vierges de rebuts ferreux (SL3287). Explorée partiellement à cause des limites imparties à la fouille, elle livre au total, pour 10 L de sédiment, 1560 g de scories et 200 g de fer (fig. 149). En nombre, les déchets sont essentiellement composés de battitures et de petits rebuts peu denses et informes n'excédant pas 6 g. En revanche, par rapport à la masse, le lot se caractérise par une forte proportion de scories métalliques et/ou magnétiques dont deux *gromps* – ou pseudo-*gromps*. Un seul culot complète le lot, celui sur lequel un fragment de paroi est aggloméré. Les objets en fer sont uniquement représentés par un clou et un élément métallique informe – un petit fragment de loupe en cours de compactage selon les analyses métallographiques (*cf. supra*).

L'analyse métallographique a porté sur le culot de forge et sur l'élément métallique informe, deux artefacts significatifs susceptibles de préciser l'activité (fig. 150). L'examen macroscopique et microscopique du culot (échantillon 3291.1) dévoile une structure hétérogène constituée d'un mélange très fin d'argile et de fayalite comportant des dendrites de wustite et des billes de métal partiellement réoxydées à chaud (fig. 150 et 151). La particularité de ce culot réside

dans le fait qu'il possède quatre morceaux d'acier hydroxydé qui occupent 10 % de la section observée. Outre le caractère hétérogène des opérations effectuées, probablement à cause de l'adjonction d'argile lors des phases de chauffe, cette analyse renseigne donc le façonnage de masses aciérées grossièrement épurées. L'examen macroscopique et microscopique de la masse métallique (échantillon 3291.2) vient documenter dans le même sens les phases de travail (fig. 150 et 152). Formée d'un fragment monobloc de loupe essentiellement constitué d'un acier trempé, cette pièce est décarburée sur toute sa périphérie, probablement à la suite d'un passage prolongé dans le milieu oxydant du foyer de forge, par ailleurs certifié par l'enrobage local de scorie. Si l'assèchement des inclusions a eu lieu, le taux de porosité demeure élevé et rend la masse hétérogène. Leur répartition dans la section témoigne d'un gradient d'épuration, dû au compactage plus important d'une extrémité qui conserve un plan de frappe et des fissures intergranulaires.

Dans ces conditions, au moins une partie de l'activité de forge de la Madeleine II consiste à épurer des fragments de loupes parfois très aciérés. Ce travail est accompagné par l'utilisation d'ajouts argileux pour limiter l'oxydation périphérique et, peut-être, pour enrayer les pertes au feu qui, du reste, demeurent relativement importantes, conformément à cette phase de travail.

3.2.2. UNE ACTIVITÉ SPÉCIALISÉE OUVERTE AUX ÉCHANGES

UN EXERCICE RÉGLÉ ET DURABLE

La concentration singulière de tous les artefacts métallurgiques dans une fosse proche des aménagements métallurgiques et l'absence de rebuts dans le reste de l'atelier témoignent sans ambiguïté d'une gestion raisonnée des déchets menée, en amont, par un nettoyage régulier de l'espace de travail. Cette pratique oblitère tout raisonnement quantitatif sur le volume de travail réalisé et suggère un lieu d'évacuation éloigné pour peut-être servir une utilité précise – on pense ici aux recharges de la chaussée de la voie secondaire voisine. En revanche, les types et la proportion des rebuts conservés permettent d'engager une réflexion sur une des étapes qui jalonne le processus : le recyclage.

Il est avéré que la fosse contient des nettoyages de l'espace de travail et des vidanges de foyer par la présence de battitures, de *gromps* et d'un culot de forge (fig. 149). Toutefois, l'assemblage est discordant par rapport aux déchets habituellement produits au cours d'un cycle de forgeage où les culots sont pratiquement toujours les déchets les plus lourds et les plus volumineux. Dans la fosse, ce type de scorie ne forme qu'un petit lot – 16 % de la masse totale –, sous-représenté par rapport à la quantité des battitures et des autres déchets – respectivement 23 % et 49 % de la masse globale. Par conséquent, tous les rebuts ne semblent pas regroupés dans ce comblement, seuls des déchets à forte teneur en métal y sont rassemblés (20 % du nombre et 60 % de la masse des scories sans comptabiliser les éléments métalliques), probablement dans la perspective d'un recyclage, comme dans l'ilot 9 d'*Ambrussum* au cours de

l'état A (de 125 à 175 de notre ère) (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 2.2.2). Cet aspect est d'autant plus éloquent que le seul culot conservé possède dans sa gangue une proportion non négligeable d'acier, aujourd'hui hydroxydé. Cette volonté est également identifiable dans le ramassage systématique des battitures qui vise à récolter les *gromps* autour de l'enclume, éléments particulièrement riches en métal. Viennent s'ajouter à cette liste, les deux éléments métalliques découverts qui doivent être considérés comme des chutes ou des loupés de forgeage destinés à être réinjectés dans le circuit de production – un clou et un fragment de loupe en cours d'épuration.

Force est donc de constater que l'activité apparaît établie, dans une configuration qui ressemble trait pour trait à celle d'*Olbia* au début de l'époque romaine (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 1.1). L'ensemble des données va à l'encontre d'une forge temporaire et conduit davantage à l'identification d'une forge durable évoluant entre la fin du IV^e et le courant du V^e siècle.

UN EXERCICE AU SERVICE DES EXPLOITATIONS DISPERSÉES

Malgré le peu d'éléments ferreux découverts, la mise en œuvre d'un clou et l'épuration d'un fragment de loupe incitent à identifier une large gamme de travaux métallurgiques dans la forge du bâtiment B de la Madeleine II. Les quelques battitures en bille et les très nombreuses autres lamellaires – jusqu'à 1,5 cm² – évoquent une réalité semblable. Nées du façonnage et du soudage d'objets plats, ces dernières permettent d'envisager une production diversifiée, comparable aux forges villageoises identifiées notamment à Lunel-Viel (34) (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 1.2). La seule différence avec les exemples du Haut-Empire est qu'ici le travail du métal remonte plus haut dans la chaîne opératoire. La matière ferreuse importée à la Madeleine II apparaît plus proche de la loupe que du demi-produit. La forge de la Madeleine fournit donc très probablement des prestations variées, de l'épuration de la matière à la confection de clous, sans qu'aucun de ces travaux ne puisse être privilégié. Ainsi, tout concourt à identifier le travail d'un artisan spécialisé. Cela est visible dans l'organisation spatiale de l'atelier, dans la gestion des déchets, dans la pratique du recyclage, dans l'utilisation d'ajouts argileux et dans la bonne conduite de phases de travail variées.

La forge est située aux abords d'une voie secondaire menant à des occupations escarpées de la rive gauche de la vallée de l'Hérault à partir d'une route plus importante reliant *Cessero/Luteva/Condatomagus* (fig. 144). On retrouve donc là un souci de disponibilité topographique qui traduit une ouverture sur un marché fortement dépendant de la circulation, selon une configuration qui rappelle celle des forges installées dans les habitats groupés du Haut-Empire ou dans les habitats dispersés du Moyen Âge (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 1.1 et § 2) (Mangin *et al.* 2000b, p. 351-353 ; Bastard 2006 ; Lurol 2006). Il ne faudrait cependant pas se méprendre sur les finalités d'un tel emplacement, d'ailleurs adopté moins de 200 m plus à l'ouest par un établissement agricole sensiblement synchrone (fig. 145). L'installation en bord de route affirme une visibilité, un accès et une vitrine nécessaires à toutes prestations artisanales de proximité, dans un schéma qui rappelle les agglomérations romaines, à ceci près qu'ici, le réseau

d'occupation est lâche. Il ne semble en aucun cas s'agir d'une forge routière, même si la route constitue le vecteur du marché. Celui-ci est très probablement défini par le cumul des petites exploitations agricoles et/ou artisanales voisines, sans rapport aucun avec le « mode de production domestique ». Déjà, parce que la matière première – fragment de loupe – semble importée sur une petite ou une moyenne distance. Ensuite, parce qu'il existe de nombreux autres échanges notamment attestés par la production de poteries régionales à la Quintarié, à 1,1 km de là, et par l'insertion du site dans le grand commerce méditerranéen des exportations d'Afrique du nord, comme toute la vallée de l'Hérault et la majeure partie de la Narbonnaise (Bergeret, Donat 2007, p. 75-76). Ainsi, il n'est pas certain que l'atelier de forge fabrique des éléments très techniques puisqu'il est possible qu'ils soient importés à l'image de certaines de ces autres denrées. Cependant, la variété des travaux à laquelle le forgeron est confronté témoigne du large marché auquel il répond, de l'entretien des outils à la fabrication d'éléments plus ou moins complexes à l'image du « mécanicien » de village, à la différence qu'ici le travail s'adresse à un peuplement lâche (Fossier 2000, p. 228-232).

LA TRANSLATION DES FONCTIONS PRODUCTIVES FACE À LA MULTIPLICITÉ DES ACTIVITÉS ARTISANALES

Malgré la « pauvreté » des vestiges découverts, la forge de la Madeleine II, à première vue isolée dans les champs à côté d'une voie, s'avère faire partie intégrante d'un réseau d'habitats dispersés qu'elle alimente en matériaux et en éléments ferreux. La maîtrise technique de l'artisan et les bribes perçues au sujet de sa production poussent à envisager un exercice qui comprend notamment la fabrication d'objets et le traitement de la matière semi-finie. Fonctionnant entre la fin du IV^e et le courant du V^e siècle, la pérennité des aménagements métallurgiques n'est pas aussi flagrante qu'à *Olbia* ou *Ambrussum*. Cette situation rappelle plus Lunel-Viel où les mutations d'un établissement motivent le déplacement de l'atelier (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 1.2). En effet, les remaniements des structures du peuplement induisent nécessairement des changements fonctionnels, qui se répercutent sur le déplacement des unités de production, non seulement au sein de l'habitat groupé, mais aussi dans les occupations dispersées. Or, au tout début du Moyen Âge, on assiste à une recomposition particulièrement vivace du réseau d'occupation rurale (Schneider 2007b). Aussi, il ne s'agit pas de remettre en cause l'intégration importante des unités de production artisanales dans les campagnes tardo-antiques, mais de relativiser l'importance de ce phénomène en prenant davantage en compte la fréquence élevée des translations fonctionnelles, puisque les larges fourchettes de datation du haut Moyen Âge et le manque d'études précises ont tendance à niveler sous un fait commun des fonctionnements en réalité successifs. Quoi qu'il en soit, nous nous trouvons bien loin du « mode de production domestique » et du forgeron-paysan, même s'il est probable que l'artisan cultive un lopin de terre, une sorte de préfiguration à ce que sera plus tard le courtil.

3.3. DES DÉCHETS MÉTALLURGIQUES ÉPARPILLÉS DANS LE COMPLEMENT DE FOSSÉS DU HAUT MOYEN ÂGE À L'ERMITAGE (PAULHAN, 34)

L'étude de la forge de la Madeleine II est fondée sur des vestiges lacunaires, mais, d'une certaine façon, riches par rapport aux découvertes habituelles du début du Moyen Âge. En effet, ces époques ne sont souvent représentées en plaine que par des négatifs dont il est parfois difficile de saisir la fonction. L'arasement des vestiges est tellement important que, la plupart du temps, l'établissement est uniquement perçu par des trous de poteaux, des fondations épierrées, des fossés, quelques fonds de cabane ou des aires d'ensilage, ces stockages enterrés installés en marges d'habitats ou d'églises (Schneider 2006a). Pour clôturer notre développement sur les forges du début du Moyen Âge, c'est à cette catégorie de site particulièrement indigent que notre propos compte s'atteler. Ici, ce ne sont donc pas les aménagements qui constituent l'ossature de la réflexion, mais les déchets abandonnés, éparpillés ou concentrés dans le comblement d'installations, souvent creusées aux abords du lieu de vie. Seuls les négatifs de l'occupation composent les supports de l'analyse pour tenter une approche presque inverse à toutes celles qui ont été jusqu'à présent menées dans cette recherche.

Ainsi, cette étude essaye de renseigner autant la démarche archéologique que les connaissances sur le travail du fer dans le haut Moyen Âge à partir du site de l'Ermitage (Paulhan, 34). Celui-ci est situé sur la rive gauche de la moyenne vallée de l'Hérault, sur l'adret d'un petit bassin alluvial drainé par le ruisseau de Vareilles qui a donné son nom à une grosse *villa* installée de l'autre côté du vallon entre les années 70 et 150 (fig. 153 et 154) (*cf. supra*, partie II, chapitre 2, § 1.2.2). Il faut attendre la fin du V^e ou le début VI^e siècle pour que l'Ermitage soit investi, dans une phase de peuplement commune à celle de la Madeleine II (10 km au nord), une période d'étalonnage et de rééquilibrage dans le réseau de peuplement mis en place au Haut-Empire en Narbonnaise (*cf. supra*) (Schneider 2007b). Plusieurs états caractérisent l'évolution de l'Ermitage, reconnu sur 1,5 ha – environ la moitié du gisement – lors d'une opération de sauvetage pilotée par Olivier Ginouvez et Laurent Schneider (Ginouvez, Schneider 2000) (fig. 154). Jusque vers la fin du VI^e siècle, le site est matérialisé par quelques fonds de cabane cernés par un fossé chargé de drainer les eaux de ruissellement. Aux VII^e et VIII^e siècles, alors que ce premier noyau continue d'être habité – creusement d'un nouveau fond de cabane –, l'essentiel des vestiges concerne une zone d'ensilage établie directement au nord-ouest. Cette dynamique de stockage en terre s'intensifie dans l'état suivant – IX^e et X^e siècles – où plus de 250 silos sont creusés dans toute

l'assiette de la fouille. À cette époque, l'habitat est translaté vers le haut du versant où des fondations de murs signalent l'édification de bâtiments en pierre. L'occupation se maintient jusqu'à la fin du Moyen Âge en poursuivant cette montée vers le haut de la colline dotée, au moins à partir du XII^e siècle, de l'église de Saint-Jean-de-Vareilles.

Toutes les séquences de cette occupation longue comprennent des scories. Aussi, le premier objectif est de vérifier pour chaque phase l'existence d'une activité métallurgique et d'en définir le genre, entre travail pérenne, exercice temporaire et pollution de remaniements sédimentaires. Cette question revêt une importance fondamentale pour se dégager d'une représentation chronologique nivelée et saisir les éventuelles mutations fonctionnelles dans l'habitat du haut Moyen Âge. Dans un second temps, l'analyse s'attache à préciser plus finement le forgeage pour, une nouvelle fois, mettre à l'épreuve des faits les concepts de « mode de production domestique » et de forgeron-paysan.

3.3.1. DURANT LES VII^E-VIII^E SIÈCLES, UN FORGEAGE EXPERT ET DURABLE

L'APPRÉCIATION CHRONOLOGIQUE : UNE ACTIVITÉ RESSERRÉE AUTOUR DES VII^E-VIII^E SIÈCLES

Aucun aménagement métallurgique n'a été mis au jour dans la fouille de l'Ermitage laquelle a en revanche livré 30 kg de scories (520 individus) (fig. 155). Pour rappel, la forge temporaire du chantier de construction de l'îlot 12 d'*Ambrussum* a généré pratiquement 30 kg de déchets en moins d'un an de fonctionnement (*cf. supra*, partie II, chapitre 2, § 1.1). Au total, les scories de l'Ermitage forment donc un corpus modeste d'autant qu'ils se rapportent, de prime abord et au minimum, à cinq siècles d'occupation. Les rebuts proviennent de cinquante comblements distincts, soit un peu plus de 11 % des aménagements sondés ou fouillés (communication orale avec O. Ginouvez). Suivant ce point de vue, la répartition des déchets métallurgiques semble lâche, mais en réalité leur distribution est sensiblement délimitée. Sur le plan spatial, les scories sont essentiellement localisées au nord-ouest de l'habitat entouré du fossé (fig. 154). Dans le domaine chronologique, la plupart des découvertes se rapportent à la phase des VII^e et VIII^e siècles – respectivement 58 % et 67 % du nombre et de la masse. L'épisode antérieur des V^e et VI^e siècles regroupe le second lot – respectivement 9 % et 15 % du nombre et de la masse. Le reste émane des niveaux non datés et des couches des IX^e et X^e siècles.

Plus précisément, au cours des VII^e et VIII^e siècles, les scories occupent proportionnellement un poste important. Sur la totalité du site, les aménagements de cette phase représentent en effet moins de 5 % des structures fouillées, lesquelles regroupent pourtant plus de 60 % des scories (communication orale avec O. Ginouvez). Autrement dit, un tiers des installations de cet état a livré des déchets. Le terme concentration ne peut cependant pas être employé, puisque les scories composent uniquement 6 % du mobilier archéologique de la phase et qu'aucun comblement métallurgique n'a été remarqué. On parlera donc plus d'une

contamination signifiant l'existence d'une activité, une sorte de bruit de fond ou de reliquat résiduel. Cette contamination ne touche pas l'intérieur des zones habitées, mais des espaces périphériques occupés selon d'autres modalités et situés directement au nord-ouest de l'habitat, en retrait du fossé (fig. 154 et 155). Un travail temporaire aurait davantage pollué les structures d'occupation, sans atteindre l'extérieur des lieux de vie et le comblement des silos (FS3237 et FS4207) et des fosses, dont la fonction est incertaine (FS3407, FS3420 et FS3422). Par conséquent, il semble exister à l'Ermitage, entre le VII^e et le VIII^e siècle, une activité métallurgique durable très probablement installée dans l'habitat. La fourchette du fonctionnement ne peut cependant pas être plus finement précisée.

Dans la phase antérieure, de la fin du V^e au VI^e siècle, l'exercice permanent d'un forgeron est une réalité beaucoup plus incertaine. Déjà, parce que le lot est plutôt modeste : seulement 4,5 kg (fig. 154 et 155). Ensuite, parce que toutes les scories se retrouvent dans l'habitat. Enfin, parce que la majeure partie des déchets est située dans les niveaux d'abandon d'un fond de cabane – FS3299 renferme respectivement 63 % et 70 % du nombre et de la masse des scories de cette phase. Soit la permanence de continuité est privilégiée, alors ces rebuts sont considérés comme la trace fugace d'une activité établie se perpétuant dans les siècles suivants. Soit ces déchets sont perçus comme le signe d'une activité conjoncturelle sans relation aucune avec la phase postérieure. Nous privilégierons cette seconde possibilité qui trouve davantage de correspondance avec le caractère spontané et limité du rejet (*cf. supra*, partie II, chapitre 2, § 1.1).

Enfin, en ce qui concerne la phase des IX^e et X^e siècles, il est très vraisemblable qu'en réalité cette époque n'ait pas abrité de forge (fig. 154 et 155). Toutes les scories sont ici très fragmentaires – en moyenne, elles pèsent 31 g alors que, dans la totalité du site, elles pèsent 58 g. Cet aspect traduit probablement un remaniement important des rebuts, remaniement d'autant plus crédible que toutes les installations contenant ces déchets se situent dans le périmètre de la zone concentrant les scories des VII^e et VIII^e siècles.

LE DISCERNEMENT QUALITATIF : LA MISE EN ŒUVRE MAÎTRISÉE D'ACIERS

Dans la suite de l'analyse, seules les scories précisément raccordées aux contextes des VII^e et VIII^e siècles sont prises en compte. En revanche, même dans ces contextes, aucun objet métallique n'est comptabilisé, puisque le comblement varié des fosses exclu tout rapport entre ceux-ci et l'activité.

Comme il est ordinaire, la majorité du lot est représentée par des scories informes denses – des fragments probables de culots de forge (fig. 155). L'aspect plus remarquable tient au fait que les culots ont une place proportionnellement importante, pratiquement conforme à celle directement générée par le travail de forge – respectivement 12 % et 41 % du nombre et de la masse. La plupart de ces spécimens sont des pièces inférieures à 200 g – 28 exemplaires. Six sont légèrement plus volumineux – environ 300 g – et deux sont très imposants – plus de 1 kg (fig. 156). Pour le reste, environ 5 % de la masse et de la fréquence des déchets métallurgiques se réfèrent aux pseudo-*gromps*, aux scories très peu denses et, enfin, aux fragments de paroi parfois

munis d'un orifice de tuyère – dont le diamètre mesure approximativement 2 cm. L'assemblage manifeste donc une activité de forgeage, somme toute, commune.

Cinq échantillons métallographiques ont été prélevés dans les fosses les plus fournies en mobilier métallurgique et datées des VII^e et VIII^e siècles (FS3420, FS3222 et FS3407) (fig. 157). Trois sont des culots (échantillons 3421.1, 3423.1 et 3423.2) (fig. 158). Ils révèlent l'existence de cycles de chauffe sensiblement homogènes assortis à un travail ordinaire de forgeage à l'image d'un culot massif composé de multiples cycles semblables (échantillon 3423.1) (fig. 159). Toujours composés d'une matrice fayalitique avec de la wustite sous forme globulaire et/ou dendritique, les culots contiennent constamment un semi épars de battitures de tous types. Localement, l'existence de matrices argilo-sableuses signifie l'utilisation ponctuelle d'ajouts. Les pertes métalliques sont toujours assez petites, peu nombreuses, et non réoxydées à chaud. Aussi, l'exercice apparaît maîtrisé et concerner des objets parfois massifs comme le suggère la fréquente grande taille des battitures lamellaires. Par ailleurs, la non-réoxydation à chaud de la plupart des fragments métalliques témoigne de cycle de chauffe en anaérobiose.

Les deux derniers échantillons sont des pseudo-*gromps* (échantillons 3408.1 et 3421.3) pour lesquels une conclusion commune peut également être dressée (fig. 157 et 160). Tous deux sont en effet des fragments d'acier hypereutectoïde – partiellement hydroxydé – totalement enrobés de scorie dont la qualité inclusionnaire est relativement bonne. Ils ne rendent donc pas compte de phase d'épuration, comme le signale d'ailleurs l'analyse des culots. Ils ne peuvent pas, non plus, démontrer l'exécution de phases de travail durant lesquelles les chutes métalliques sont importantes, pour preuve là encore, l'étude des culots. Ils désignent juste une qualité d'alliage ferreux mis en œuvre. Ce sont des chutes de forge malencontreusement tombées dans le foyer qui révèlent le travail de l'acier. Le façonnage de cette qualité de fer coïncide avec la conduite de cycles de chauffe en anaérobiose, lesquels génèrent une atmosphère réductrice spécialement adaptée à la forge des aciers dans le but de limiter leur décarburation (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 1.2). En conséquence, si les alliages carburés ne trouvent probablement pas une place exclusive, leur travail est en revanche courant et conduit, en connaissance de cause, de manière à profiter au mieux des qualités de la matière acier sans l'altérer. En cela, le travail de forge semble relever de spécialiste(s).

3.3.3. POUR UNE VISION DYNAMIQUE DES CAMPAGNES ALTO-MÉDIÉVALES

L'image d'une activité pérenne tout au long de l'occupation alto-médiévale de l'Ermitage, du V^e au X^e siècle, conduisait à voir un site enfermé sur lui-même. Or, en s'attachant à pondérer la valeur archéologique des scories, un tout autre schéma se dégage. Durant un siècle après la fondation de l'établissement, entre les V^e et VI^e siècles, l'occupation reste dépourvue de forge. L'approvisionnement s'accomplissait très probablement dans les environs et, si le besoin s'en faisait sentir, les travaux métallurgiques étaient momentanément exercés dans la place, comme le suggèrent les scories concentrées dans un fond de cabane, selon un modèle reconnu dès le Haut-

Empire (*cf. supra*, partie II, chapitre 2, § 1.1). Ensuite, durant les VII^e et VIII^e siècles, l'Ermitage change probablement de statut économique au sein du contexte de peuplement micro-régional puisqu'il accueille une forge pérenne pendant un temps durable, cependant difficile à préciser dans le cadre chronologique lâche de cet état. L'exercice semble de qualité et concerner, en partie, le travail maîtrisé et spécialisé de l'acier. L'interruption définitive de cette activité intervient peut-être dans le courant du VIII^e siècle. Elle n'est pas un phénomène isolé. Elle coïncide avec des changements radicaux qui s'opèrent dans l'établissement : l'abandon du premier noyau de peuplement entouré d'un fossé, le renforcement considérable de l'aire d'ensilage et l'édification de nouvelles constructions plus en hauteur sur le versant. Malgré l'indigence documentaire des vestiges de l'Ermitage et l'image d'une activité métallurgique *a priori* homogène, il est donc permis d'envisager une occupation dynamique et évolutive, attirant durant un temps un artisanat spécialisé, pour probablement servir une plus large gamme de travaux destinée à l'établissement et aux petites exploitations dispersées environnantes.

Cette fluctuation des activités artisanales dans l'établissement ne va pas à l'encontre de la pérennité des installations et des activités métallurgiques, une notion mise en évidence comme un trait caractéristique. Elle rappelle une tournure déjà mentionnée dans l'étude du site tardo-antique de la Madeleine II (Clermont-l'Hérault, 34) localisé 10 km plus au nord et fonctionnant deux siècles plus tôt. La fixation topographique des installations artisanales doit être entendue à l'échelle de la phase d'occupation et non au travers de l'ensemble de la vie du site, souvent en fonction pendant plusieurs siècles, selon des modalités très variées. Ceci rappelle de loin le cas de ces quelques *villae* du Haut-Empire qui abritent des forges au moment où la conjoncture locale est favorable. De la même manière, pendant le haut Moyen Âge, la localisation des ateliers métallurgiques suit les mouvements importants constatés dans le réseau de peuplement où les fondations apparaissent comme des tentatives ayant des devenir aléatoires fortement fluctuants en termes de statut et, de fait, de position économique (Schneider 2007b).

L'appréciation des sites archéologiques du haut Moyen Âge tend à fondre ce foisonnement dans une image homogène, globale et compressée. La faute, en premier lieu, aux vestiges souvent incomplets qui ne permettent pas de discerner clairement la réalité matérielle de chaque phase. Le second problème est directement issu du manque de finesse dans les datations de ces époques à partir de la culture matérielle, malgré les progrès incontestables faits dans ce domaine depuis plus d'une vingtaine d'années (C.A.T.H.M.A. *et al.* 1993 ; Raynaud 1993 ; Bonifay, Trégliat 2007). Enfin, le biais est également introduit par une compréhension approximative des activités, dont le fonctionnement fluctue notamment entre travail temporaire et pérenne. Sans la prise en compte de ces facteurs, les temps et les changements sont laminés, ce qui conduit à la perception de situations identiques dans chaque *locus* durant un grand laps de temps ; un des arguments fondamentaux conduisant à la mise en évidence d'une économie d'autosubsistance. Ici, la conduite d'une analyse détaillée, notamment sur les sites de la Madeleine II et de l'Ermitage, permet de dénoncer cette posture historiographique et de démontrer que le « mode de production domestique » n'est pas une conception viable, tout du moins dans la Gaule méridionale.

Malgré les lacunes documentaires constatées à l'Ermitage et à la Madeleine II, il est également permis de mesurer l'exercice d'artisans spécialisés travaillant notamment des aciers très carburés. Dans ces deux cas, la figure du forgeron-paysan bricolant n'est pas opérante. Au contraire, le forgeage demeure un office d'experts proposant des prestations variées et maîtrisées, de l'épuration à la fabrication d'objets. Aussi, il semble qu'il faille réviser les discordances anciennement constatées entre les sources archéologiques et textuelles et réhabiliter l'existence d'un artisanat de qualité dans les campagnes alto-médiévales.

PARTIE III : LA CIRCULATION ET LE COMMERCE DU MATÉRIAU FER

Dans la majorité des métallurgies, le lieu de réduction du minerai est dissocié des endroits où le métal est transformé en objet. Il existe donc une circulation du métal du site de réduction aux ateliers de fabrication. Pour les métaux coulés, ce transport est réalisé sous la forme d'un lingot ; une masse métallique fondue dans un moule. En Europe, jusqu'à la fin du Moyen Âge, le fer et l'acier ne sont pas des métaux coulés. La transformation du minerai se fait à l'état pâteux. Pour cette raison, dans le cadre de la sidérurgie antique et médiévale, au lieu de parler de lingot qui implique la notion de fusion, on utilise le terme demi-produit.

Le demi-produit est le plus souvent élaboré à partir de la loupe, la masse de métal brute issue de la réduction directe du minerai en bas fourneau. Sa fabrication consiste à mettre en forme la loupe en privilégiant l'épuration et l'agglomération de la matière, c'est-à-dire en tentant de compacter le métal et d'éliminer les impuretés comme les nombreuses inclusions de charbons de bois et de scories de réduction.

De la Protohistoire à l'époque moderne, cette opération de fabrication a donné forme à une grande diversité de demi-produits, d'une manière générale, correctement étudiés d'un point de vue morphologique. En s'appuyant sur ces connaissances, ce chapitre ambitionne de revisiter le sujet en abordant la documentation à travers une démarche archéométallurgique notamment fondée sur des analyses archéométriques appropriées : la métallographie et les analyses chimiques micro-inclusionnaires. Ainsi, la qualité du métal et les provenances des matériaux sont les deux principaux thèmes discutés. Plus globalement, cette approche permettra de mettre en lumière une phase de travail peu documentée et guère prise en compte dans la construction des schémas économiques, étant éloignée de la vision contemporaine de la métallurgie du fer : la fabrication des demi-produits.

CHAPITRE 1 :

SPÉCIFICITÉS DU SUPPORT ET

DÉMARCHE

1. DES ENQUÊTES ANCIENNES AUX RÉCENTES APPRÉCIATIONS

1.1. LES TYPO-MORPHOLOGIES

1.1.1. LA PRIMAUTÉ DE LA GAULE CHEVELUE

Les contextes archéologiques protohistoriques sont certainement ceux qui ont livré le plus important corpus de demi-produits. Cette prédisposition trouve son fondement dans la pratique récurrente des dépôts métalliques à partir du VIII^e siècle avant notre ère. Soit isolé, et alors interprété comme étant le fruit d'un événement économique – stockage ou cachette pour la vente ou la refonte –, soit établi au sein d'un sanctuaire ou d'un monument remarquable, et ainsi issu d'un rite religieux ou social, ce procédé se rencontre durant toute la Protohistoire, une époque qui voit naître et se diffuser les métallurgies dans les sociétés d'Europe occidentale. Concernant à l'origine uniquement les alliages cuivreux, cette pratique commence à gagner le fer à partir du V^e siècle avant notre ère. Il faut cependant attendre les III^e et II^e siècles avant notre ère pour qu'elle touche pleinement ce matériau, quand celui-ci se répand fortement dans la culture matérielle (Janin, (Dir.) 2003 ; Bataille, Guillaumet 2006). À ce moment là, les dépôts métalliques ne concernent plus la totalité de la Gaule, ils se concentrent dans les régions septentrionales, les sociétés du midi de la France étant déjà très fortement soumises aux influences du monde antique classique.

Un lot varié d'éléments métalliques compose le comblement des dépôts. Les demi-produits n'y trouvent pas une place exclusive. Néanmoins, la quantité des exemplaires mis au jour a été suffisamment importante dans les contextes de la Gaule chevelue des II^e et I^{er} siècles avant notre ère pour encourager, dès le début du XX^e siècle, principalement en Grande-Bretagne, des enquêtes sur leur sujet. C'est d'ailleurs de cette époque que date la dénomination de la forme la plus célèbre de demi-produit : le *currency bar*. Littéralement « barre monétaire », ce terme utilisé à l'origine par les Britanniques a été créé en référence aux écrits de César qui mentionnent l'utilisation de barres de fer comme monnaie d'échange chez les peuples bretons (Smith 1905). Plus récemment, à partir des années 1950, les études des demi-produits se sont multipliées à la faveur de nombreuses découvertes qui se rapportent alors à des contextes archéologiques plus variés – habitats, rivières et lacs, tombes... – et à d'autres régions du nord de la Gaule. Aussi, de nouvelles dénominations sont apparues : lingot de type *Wérimont-La Tène* (Belgique, Rhénanie, sud de l'Allemagne) ou lingot du type *Schwurschwurter* (nord-ouest de l'Allemagne). Ces appellations concernent toujours une même forme de demi-produits que l'on nomme parfois aujourd'hui,

avec plus de neutralité, lingot en barre aplatie (Schäfer 1984 ; Müller 1990 ; Crew 1994 ; Doswald 1994, p. 334 et 341 ; Haselgrove, Hingley 2006). Le lingot en barre aplatie possède une forme de barre allongée (de 30 à 90 cm) avec une section rectangulaire prononcée (4 x 2 cm⁺/2). Ce qui le distingue est une sorte de manche en forme de douille, de tuyau ou de soie, façonnée dans l'une de ses extrémités. Selon la morphologie de cette extrémité et la métrologie générale de la barre, ce demi-produit se décline en une vingtaine de sous-types (Crew 1994, p. 345).

Un autre type de demi-produit se retrouve également en Gaule septentrionale. Il s'agit du lingot bipyramidé qui, comme son nom l'indique, a la morphologie d'un polyèdre constitué de deux pyramides symétriques dont la même base forme un polygone régulier à quatre pans. Si les datations les plus précoces remontent au V^e siècle, la majorité des découvertes est attribuée aux II^e et I^{er} siècle avant notre ère, comme pour les *currency bars*. Leur diffusion reprend également *grosso modo* celle des *currency bars*, c'est-à-dire le nord de l'Europe occidentale et les Îles Britanniques. En revanche, leur répartition est différente. Leur mise au jour se concentre essentiellement entre la Moselle et le cours supérieur du Rhin, et le sud de l'Allemagne et de la Suisse (Doswald 1994, p. 333 et 340). Des classifications morphologiques ont été réalisées (Kleemann 1961 ; Kleemann 1966). Elles ont été de nombreuses fois révisées ou précisées (Kimmig, Gersbach 1971, p. 54-46 ; Jacobi 1974, p. 249 ; Vuailat 1987, p. 127).

1.1.2. DANS LE MIDI, LA RÉCENTE DÉCOUVERTE D'UNE DOCUMENTATION EXCEPTIONNELLE

L'essentiel des recherches conduites sur les demi-produits a donc été accompli en Gaule septentrionale et dans les Îles Britanniques, sur des périodes qui concernent le plus couramment la fin de la Protohistoire – les deux derniers siècles avant notre ère. Au sujet du pourtour méditerranéen, les études sont longtemps restées anecdotiques en raison du caractère ponctuel des découvertes (Tchernia 1969 ; Fiori 1973 ; Solier 1981). Il a fallu attendre le milieu des années 1980 et la mise au jour des premières épaves romaines chargées de fer par Luc Long (D.R.A.S.S.M.) au large des Saintes-Maries-de-la-Mer (13) pour que le sujet puisse se renouveler et surtout se développer à partir d'une documentation importante propre au midi de la France (Long 1993 ; Long 1994). En une quinzaine d'années, onze épaves chargées de fer ont ainsi été identifiées et documentées (fig. 165). Toutes sont échouées dans un rayon de 5 km, une étendue minimale à l'échelle de la Camargue, et toutes sont datées entre l'époque augustéenne et la fin de celle des Flaviens, de 27 avant notre ère à 96 de notre ère. Conscient de l'homogénéité archéologique exceptionnelle de ces sites, dès les années 1990, les investigations se sont en partie concentrées sur la mise en place d'une typologie reposant sur la longueur des demi-produits et sur les dimensions de leur section. Ainsi, dans un premier temps, six formes ont été créées (Long 1997a, p. 84-86 ; Long 1997b, p. 76-77). Plus récemment, de nouvelles données ont permis de compléter et de préciser cette typologie qui comporte désormais huit formes (Long *et al.* 2005) (fig. 166). La remarquable conservation des barres de fer des Saintes-Maries-de-la-Mer a

également autorisé de préserver la lisibilité des estampilles apposées sur certaines d'entre-elles. Aussi, un autre volet de recherche a été ouvert dans cette direction (Long *et al.* 2002c, p. 179-182 ; Djaoui 2003 ; Djaoui, Long 2007). Enfin, dans le but de déterminer l'origine des matériaux, des analyses archéométriques fondées sur la traçabilité des éléments chimiques ont été conduites (Coustures *et al.* 2003 ; Coustures *et al.* 2006).

Avec près d'un siècle de décalage, les enquêtes concernant les demi-produits ferreux méditerranéens sont donc maintenant engagées à la faveur d'une découverte exceptionnelle comme l'avait été celle des *currency bars* en Angleterre au début du XX^e siècle.

1.2. DU CONTENANT AU CONTENU

Les études sur la circulation des matières premières ou des produits semi-finis portent la plupart du temps sur la forme du contenant qui les transportent, le contenu ayant été utilisé ou décomposé. Pour ne prendre que l'exemple le plus célèbre, les amphores sont précisément étudiées dans la perspective d'avoir une vue sur le commerce du vin, de l'huile ou de différentes saumures. De nombreuses typologies ont ainsi été établies sans que l'on sache parfois pour autant ce que ces récipients contenaient réellement lors des transports. Pour l'essentiel, le regard porté sur les demi-produits ferreux n'a pas dérogé à cette approche morphologique. Ces pièces possèdent pourtant un atout important, comme d'ailleurs d'autres matériaux notamment de construction : ils sont un contenu ayant la forme d'un contenant. Dans la mesure du possible, il apparaît alors judicieux de pousser les études au-delà du stade morphologique pour connaître les qualités du contenu, en l'occurrence ici celles des fers constituant les demi-produits.

Ce type de recherche trouve ses fondements après la Seconde Guerre mondiale, à partir du moment où la microscopie optique se popularise et où la métallurgie physique s'impose comme une discipline institutionnalisée (Chezeau 2004). Dans leur sillage naîtra rapidement une matière à la jonction entre les sciences dites dures et l'archéologie : l'archéométrie dont la métallographie est une composante. Les premières analyses sur les demi-produits sont alors menées dans le nord de la Gaule avec un handicap important : la méconnaissance des faciès métallographiques associés au procédé direct de réduction (Hanemann 1930 ; France-Lanord 1963 ; Zwicker 1967 ; Kimmig, Gersbach 1971 ; Delamare *et al.* 1982 ; Thouvenin 1984). Dans une moindre mesure, le sud de la France a également participé à ce mouvement (Monguilan 1987, p. 174-177).

Si pour les lingots bipyramidés, les enseignements ont été limités, notamment à cause de la disparité des études menées ici et là en Europe sans réelle concordance (Doswald 1994, p. 334), il en a été autrement à propos des *currency bars*. Les conclusions ont très tôt témoigné du fort potentiel de ce type de démarche, en établissant une corrélation entre des sous-types

morphologiques de *currency bars* et trois familles d'alliage ferreux, déterminées en fonction de la proportion des zones à forte teneur en phosphore (Ehrenreich 1985 ; Crew 1994, p. 346).

Conscient des avantages de cette approche métallographique du demi-produit, nous proposons de prendre la suite pour le sud de la France en nous attardant d'abord sur le protocole à suivre, à la fois pour définir précisément et exhaustivement les qualités du fer constituant les demi-produits, mais également pour documenter l'autre extrémité du réseau de production, à savoir la provenance du matériau à partir d'un nouveau type d'étude archéométrique, les analyses chimiques semi-quantitatives des micro-inclusions piégées dans le métal (fig. 161).

2. APPROCHE ARCHÉOMÉTALLURGIQUE DU DEMI-PRODUIT

2.1. LES CRITÈRES DISCRIMINANTS DE LA FILIÈRE DIRECTE

2.1.1. LA(ES) MASSE(S) MÉTALLIQUE(S) DE RÉFÉRENCE

Caractériser la(es) masse(s) métallique(s) à partir de la(des)quelle(s) le demi-produit est fabriqué est fondamental pour déterminer la structuration des observations métallographiques, la place du demi-produit dans l'arborescence du schéma de production et, éventuellement, son domaine de destination fonctionnelle.

Le fer antique et médiéval provient toujours d'une masse brute issue de la réduction directe en bas fourneau du minerai de fer, qui a dû subir différentes transformations mécaniques et chimiques pour devenir un demi-produit. Ce dernier peut aussi bien être une loupe à peine compactée et épurée, qu'une accumulation de feuilles repliées et soudées les unes sur les autres. Dans ce dernier cas de figure, il peut s'agir, soit du recyclage de chutes de forgeage, soit du corroyage intense et renouvelé d'une masse de métal, d'un demi-produit ou d'une partie de l'un d'eux. Quelle que soit cette constitution corroyée, elle sous-tend des phases de travail supplémentaires pouvant intervenir dans un ou plusieurs ateliers établis le long de la chaîne de distribution du demi-produit. Ainsi, le demi-produit n'est pas un objet dont la forme et la constitution sont figées. Son façonnage n'intervient pas uniquement après la phase de réduction du minerai. Il peut être répété et multiplié tout au long des différentes étapes qui ponctuent la distribution de toutes matières, qu'elles soient brutes ou semi-finies. Aussi, un demi-produit formé de loupe(s) peut successivement donner naissance à des demi-produits à base de fragment(s) de loupe et ensuite de masses corroyées. Au cours de chacune de ces étapes, le demi-produit est segmenté et mis en forme sous un modèle moins grossier et plus adapté à son domaine de destination fonctionnelle finale. C'est pour cette raison que l'on trouve, au début de la chaîne, des demi-produits pesant plusieurs kilogrammes – parfois des dizaines – et, à l'autre extrémité, d'autres qui n'excèdent pas quelques centaines de grammes.

2.1.2. LES ALLIAGES FERREUX

Le type d'alliage ferreux est un critère capital définissant la structure du demi-produit. Pour rester dans les comparaisons avec les amphores, le fer n'est pas un métal unique ; parler de tel ou tel alliage ferreux équivaut à discuter de tel ou tel vin.

Traditionnellement, les alliages les plus connus ont trait à la combinaison du fer et du carbone. On y distingue la ferrite et les aciers. La ferrite est un alliage à base de fer contenant très peu de carbone, au maximum 0,02 % du poids. L'acier est un alliage à base de fer contenant un poids important de carbone, entre 0,02 % et 1,8 %. La fonte, quant à elle, contient de 1,8 à 6,7 % de carbone, mais dans le cadre de la réduction directe, sa production est marginale.

D'autres éléments chimiques – soufre, manganèse, phosphore – peuvent se combiner avec le fer. Ils constituent d'autres alliages ferreux. Leur présence est souvent anecdotique dans le cadre de la réduction directe. Cependant, il est apparu, il y a une dizaine d'années, que l'un d'eux, le phosphore, était couramment utilisé et mis en œuvre depuis la Protohistoire (Crew 1994). Par conséquent, on distingue aussi le fer phosphoreux, un alliage à base de fer contenant un poids non négligeable de phosphore, entre 0,1 % et 0,6 %.

2.1.3. LE TAUX DE COMPACTAGE ET D'ÉPURATION

Dans le cadre de la réduction directe, la transformation du métal se fait à l'état pâteux. Le métal ainsi produit est souvent très hétérogène. Il peut contenir de nombreux vides et de nombreuses inclusions de scories et de charbons de bois. La mise en forme du demi-produit consiste alors, pour partie, à compacter et à épurer cette masse de métal brut. Quand le demi-produit est fabriqué à partir de l'assemblage de feuilles de métal, le problème persiste car le fer constituant chaque feuille n'est pas nécessairement « propre ». De plus, la réalisation de soudures est souvent accompagnée d'ajouts – barbotine d'argile, sable, grès pilé ou mélanges plus complexes – destinés à limiter la formation d'oxydes sur les surfaces à assembler et/ou à abaisser le palier de soudabilité. Ces ajouts peuvent polluer le métal au même titre qu'un mauvais assemblage qui laisse apparaître des vides. Dans toutes ces situations, le soin accordé au compactage et à l'épuration détermine la propreté de l'alliage. Le taux de compactage et d'épuration constitue alors le critère de qualité subsidiaire à celui du type d'alliage ferreux. Pour faciliter la lecture, on préférera utiliser le terme de propreté inclusionnaire qui regroupe les caractéristiques du taux de compactage et celles du taux d'épuration.

2.1.4. LA COMPOSITION CHIMIQUE MICRO-INCLUSIONNAIRE

Au cours de la réduction directe en bas fourneau, plusieurs composés combinés au minerai de fer – renfermant les éléments chimiques magnésium, aluminium, silicium, potassium

et calcium – ne sont pas réduits et migrent totalement dans les inclusions de scorie primaire piégées dans le métal. Ils s’y retrouvent alors sous forme d’oxydes appelés Composés Non Réduits ou CNR. Leur teneur peut être polluée par d’autres apports provenant des charbons de bois – magnésium, potassium et calcium –, des parois du bas fourneau – aluminium – et, à l’occasion, de fondants – calcium. L’influence de ces apports sur les teneurs initiales est variable et dépend de la composition du minerai, ainsi que du fonctionnement du bas fourneau. De plus, celles-ci fluctuent en fonction du processus de réduction puisque le minerai de fer est réduit en métal selon un rendement variable. Partant, ces teneurs deviennent la plupart du temps inaccordables avec un minerai spécifique ou une origine quelconque. En revanche, il a été démontré que les rapports de ces CNR signent un système de réduction lorsqu’ils sont considérés globalement, par rapport à des teneurs moyennes pondérées, calculées sur la base d’une cinquantaine de dosages et de la représentativité ces mesures en fonction de la surface inclusionnaire analysée (*cf. supra*) (Dillmann *et al.* 2005 ; Dillmann, L’héritier 2007). Le système de réduction est défini par un minerai, un bas fourneau, des charbons de bois, des ajouts et la conduite de la réduction. Les rapports des CNR déterminent donc particulièrement l’ensemble des paramètres d’un atelier usant de pratiques lui étant propres, à la condition *sine qua none* que les réactifs et les processus ne varient pas ou peu et que les produits soient non corroyés, c’est-à-dire encore bas dans la chaîne opératoire, sous la forme de loupes ou de masses brutes de métal compactée et épurée. Les rapports de CNR spécialement utilisés sont : oxyde d’aluminium/oxyde de silicium, oxyde de potassium/oxyde de calcium et oxyde d’aluminium/oxyde de magnésium.

Parallèlement à ces composés qui migrent totalement dans la scorie, d’autres éléments, comme le phosphore, peuvent partiellement être incorporés au métal pendant la réduction. Leur utilisation dans les rapports des CNR est donc proscrite, mais leur présence importante, toujours sous le biais d’une vue globale définie par la teneur moyenne pondérée absolue, atteste sans conteste de l’utilisation d’un minerai phosphoreux (Vega *et al.* 2002 ; Vega *et al.* 2003). Enfin, d’autres éléments ne peuvent provenir que du minerai. C’est le cas du manganèse, dont le comportement lors de la réduction est encore mal connu. Par conséquent, lui aussi ne peut être utilisé dans les rapports des CNR. En revanche, sa teneur moyenne pondérée absolue en quantité importante peut être considérée comme une signature spécifique par rapport à d’autres produits en possédant très peu ou pas, de la même manière que pour le phosphore.

Ainsi, en considérant d’une part, certains rapports de CNR et, d’autre part, la présence en grandes ou en petites quantités de phosphore et de manganèse, il est possible de différencier des groupes de provenance. En contrepartie de cette conception séduisante de la filiation, cette méthode s’applique préférentiellement à des lots homogènes de mobiliers archéologiques. Il est en effet actuellement difficile de comparer des demi-produits provenant de lieux éloignés, qui plus est s’ils appartiennent à des périodes différentes. *A contrario*, des demi-produits issus d’environnements archéologiques homogènes, tant en chronologie qu’en géographie, se prêtent particulièrement à ce type de démarche. Aussi, dans notre travail, la caractérisation de la composition chimique micro-inclusionnaire est uniquement engagée sur les chargements ferreux des épaves antiques – les Saintes-Maries-de-la-Mer (13) et Bagaud 2 (Hyères, 83) – et sur les demi-produits du site tardo-antique du Roc de Pampelune (Argelliers, 34).

2.2. UNE NÉCESSAIRE OBSERVATION EXHAUSTIVE

2.2.1. MANIPULER, USINER ET OBSERVER

LES CONTRAINTES D'UN MATÉRIAU HÉTÉROGÈNE

Les demi-produits peuvent être des pièces volumineuses, pouvant mesurer 2 m de long (fig. 206 et 211). Or, le matériau est souvent hétérogène, contrairement aux productions industrielles contemporaines issues d'une métamorphose en phase liquide. De plus, le demi-produit n'est pas nécessairement constitué d'une unique masse ; plusieurs loupes ou de multiples feuilles peuvent être assemblées pour former le spécimen. Dans le cadre d'études archéométriques, l'essentiel des observations est effectué à l'échelle micrographique. Toute la difficulté est alors de pouvoir réaliser un va-et-vient constant entre la micrographie et la macrographie afin de connaître précisément la représentativité de la zone observée par rapport à l'ensemble du demi-produit ; une petite zone, qui plus est prélevée à l'aveugle, restant anecdotique et, par conséquent, insignifiante par rapport à l'intégralité du demi-produit. Un protocole spécifique doit donc être respecté pour supporter les études archéométriques qui se divisent en deux volets distincts, mais complémentaires : la métallographie et les analyses chimiques micro-inclusionnaires (fig. 161). Ce protocole peut paraître fastidieux, notamment en temps et en manipulations : trois usinages, quatre polissages, trois attaques acides, deux observations macroscopiques et quatre microscopiques au minimum par demi-produit. Au-delà de ces aspects cependant, il est le seul à même de donner des résultats significatifs en calibrant et en considérant, par rapport à la totalité de la barre, les différentes échelles et les différents moyens d'analyses. Toute approche ne tenant pas compte de cette démarche se doit d'être perçue avec prudence.

LE PROTOCOLE

La première étape renseigne la provenance archéologique, la morphologie, la métrologie et les autres caractères distinctifs du demi-produit. À cela s'ajoute l'élaboration de représentations graphiques – photographies, dessins. Ensuite, le second stade du protocole consiste à usiner et à polir intégralement (grade maximal 180) une face principale et une face latérale, dont la jonction forme un angle sensiblement perpendiculaire (fig. 161). De cette manière, il est possible d'observer, à l'échelle macroscopique, la totalité du métal constituant le demi-produit en trois dimensions. Cette observation est couplée, dans un deuxième temps, à une attaque au réactif Nital 4 % qui révèle la variation de la teneur en carbone. Ainsi, par l'observation macrographique, on peut successivement définir la propreté inclusionnaire, la proportion des zones aciérées – dont la teneur en carbone est supérieure à environ 0,2 % –, l'hétérogénéité structurale, mais également

la présence de certaines soudures et, par conséquent, l'éventuel assemblage de plusieurs loupes ou de plusieurs feuilles métalliques. Le type d'alliage fer-carbone est ensuite contrôlé et déterminé plus précisément au niveau microscopique en métallographie traditionnelle. À partir de ces différents examens, des sections métalliques, de maximum 20 cm de long, sont prélevées dans des zones caractéristiques et significatives de l'ensemble du demi-produit pour procéder à une analyse métallographique à l'échelle micrographique, laquelle permet l'étude plus fine de la structure de l'alliage ferreux. La dimension de ces sections est définie par le diamètre des disques fonctionnant généralement sur les polisseuses de laboratoires. Un nouveau polissage de ces sections est alors effectué jusqu'à une granulométrie de l'abrasif de un micromètre, avec une pâte diamantée et un lubrifiant à base d'éthanol. Ensuite, deux attaques – Nital à 4 % et Oberhoffer – séparées par un nouveau polissage fin – à l'abrasif de un micromètre – sont réalisées pour révéler la structure et qualifier respectivement les aciers et les zones phosphoreuses. À cette échelle d'analyse, la propreté inclusionnaire est également évaluée.

Quand les demi-produits sont de petites dimensions – inférieures à 10 cm –, on préfère pratiquer une unique section dans le demi-produit. Celle-ci supporte toutes les observations macrographiques et micrographiques. Ainsi, les manipulations sont amoindries sans que les informations collectées en pâtissent.

2.2.2. QUALIFIER ET QUANTIFIER

La transcription des observations réalisées aux différentes échelles d'analyse est déterminante pour présenter, comparer et conserver les données et les résultats. À cette fin, des procédés de mesure et de présentation les plus communément exploités ont été choisis pour quantifier et qualifier les examens.

LA(ES) MASSE(S) MÉTALLIQUE(S) DE RÉFÉRENCE

En premier lieu, on spécifie en chiffre le nombre de loupes ou de feuilles qui constitue le demi-produit. Dans le cas où les masses métalliques isolées sont sensiblement identiques, la suite des qualifications et des quantifications métallographiques ne tiendra pas compte du caractère intrinsèque de chacune des différentes masses assemblées. En revanche, si une disparité significative est remarquée entre les loupes ou les feuilles, la suite des qualifications et des quantifications tiendra rigueur de cette structuration en loupe ou en feuilles.

LA PROPRETÉ INCLUSIONNAIRE

Pour ce qui est de la propreté inclusionnaire, elle est calculée en pourcentage par rapport aux surfaces analysées – les deux grandes faces principales et les sections polies – à l'aide d'un logiciel de traitement d'image, ici, en l'occurrence, Adobe PhotoshopTM. Le résultat issu des deux

grandes faces est pondéré en prenant en compte la représentativité de chacune des faces par rapport à l'ensemble du demi-produit. Au sujet des sections polies, la propreté inclusionnaire est également chiffrée selon la norme AFNOR NF A04-106, corrigée d'un facteur 10 et, par conséquent, suivie d'un astérisque (L'heritier *et al.* 2005, p. 118-120). À l'aide de toutes ces données, l'objectif est de hiérarchiser les différentes propretés inclusionnaires pour qualifier, selon ce critère, les échantillons. Le problème n'est pas tant d'établir des classes adaptées à notre corpus, mais de créer des classes comparables et donc utilisables par tous ceux qui pratiquent des études métallographiques de demi-produits. En s'appuyant sur les travaux précédents et sur nos mesures (L'heritier *et al.* 2005, p. 123-124), nous proposons les catégories résumées dans la figure 162. Elles sont fondées uniquement sur l'échelle de la norme AFNOR NF 04-106* et sur le pourcentage de porosités et d'inclusions des sections polies. Le pourcentage de porosités et d'inclusions calculé à partir de la totalité du demi-produit n'est pas pris en compte, étant donné qu'une partie de ces impuretés est difficilement discernable à cette échelle, particulièrement quand l'observation concerne des grandes barres de plus d'un mètre. Aussi, la prise en compte de ce dernier critère introduirait nécessairement une distorsion entre les données envisagées à propos des demi-produits courts et celles des longs. De fait, toutes comparaisons et donc toutes utilisations systématiques sont proscrites. Cependant, afin de présenter les mesures, la propreté inclusionnaire calculée à partir des deux grandes faces est mentionnée à titre indicatif.

LA QUALITÉ DE L'ALLIAGE FERREUX

En ce qui concerne la qualité de l'alliage, les paramètres à prendre en compte sont multiples, parce qu'ils doivent intégrer la notion d'hétérogénéité attachée à tous les produits issus de la filière directe. Dans ces conditions, seule la teneur absolue en carbone ne permet pas de caractériser la qualité de l'alliage ferreux. Pour cela, il est nécessaire de considérer deux paramètres : la proportion des zones aciérées et la teneur en carbone pondérée. La proportion est estimée en pourcentage à partir des surfaces qu'occupent les zones carburées sur les deux grandes faces principales attaquées au Nital. Le calcul, obtenu avec un logiciel de traitement d'image, est pondéré en prenant en compte la représentativité de chacune des faces par rapport à l'ensemble du demi-produit. Quant au taux de carbone pondéré, il est chiffré au moyen d'un logiciel de traitement d'image à partir des surfaces qu'occupent les différents types d'alliage fer-carbone sur les sections polies observées en métallographie traditionnelle. Les classes des types d'alliage fer-carbone sont : $C < 0,02 \%$; $0,02 \% < C < 0,2 \%$; $0,2 < C < 0,4 \%$; $0,4 \% < C < 0,6 \%$; $0,6 \% < C < 0,8 \%$; etc. Le calcul du taux de carbone pondéré est, avec « n% » le nombre de pourcent de tel alliage : $(n\% \times 0,02 + n\% \times 0,1 + n\% \times 0,3 + n\% \times 0,5 + n\% \times 0,7 + \text{etc.})/100$. La proportion des zones phosphoreuses – $0,1 \% < P < 0,6 \%$ – est, quant à elle, évaluée grâce à l'observation micrographique des sections après l'attaque Oberhoffer par l'intermédiaire, là aussi, d'un logiciel de traitement d'image.

LA COMPOSITION CHIMIQUE MICRO-INCLUSIONNAIRE

Quant aux composés chimiques majeurs constituant les micro-inclusions piégées dans le métal, leur dosage est réalisé à l'aide d'un Microscope Électronique à Balayage (MEB) par Spectrométrie X Dispersive en Énergie (EDS pour *Energy Dispersive Spectrometry*) au sein d'une structure mutualisée entre le « Laboratoire Pierre Süe » (U.M.R. 9956-C.E.A./C.N.R.S., Saclay, 91) et le « Laboratoire de Métallurgies et Cultures » (U.M.R. 5060-IRAMAT, Belfort, 90). Le détecteur EDS est équipé d'une fenêtre mince qui permet de doser tous les éléments chimiques majeurs, dont le numéro atomique est supérieur ou égal à celui de l'oxygène, avec une bonne précision si leur teneur en masse est supérieure à 1 % – de l'ordre de 2 % d'erreur relative. La tension d'accélération des électrons est de 15 keV. Les teneurs massiques sont exprimées en équivalent oxyde et normalisées à 100. Afin d'éviter les effets de concentration locale, seules les inclusions de section supérieure à $20 \times 20 \mu\text{m}^2$ sont considérées.

La spectrométrie EDS autorise la mesure d'un grand nombre d'inclusions dans un même objet. Elle permet donc d'accéder à des paramètres quasi-statistiques spécialement à même de saisir un objet hétérogène dans sa complexité, ce qui est le cas des produits de la sidérurgie directe. Ce faisant, dans chaque loupe, une cinquantaine d'inclusions est mesurée. Afin de pouvoir reconstituer une teneur globale, représentant une prédisposition générale, des teneurs moyennes pondérées sont calculées à partir d'une cinquantaine de dosages et de la représentativité ces mesures en fonction de la surface inclusionnaire analysée : à savoir $\%E^* = \frac{\sum_{i=1}^n (\%E_i \times S_i/S_t)}{n}$ où $\%E^*$ est la moyenne pondérée du composé, $\%E_i$ le pourcentage massique du composé dans une inclusion donnée, S_i la surface analysée de l'inclusion donnée, S_t la somme de la totalité des surface analysée, n le nombre d'inclusion analysée. Ce protocole est détaillé et démontré dans un article spécifique (Dillmann, L'héritier 2007). La dénomination de ces moyennes pondérées est suivie d'un astérisque de manière à les distinguer des simples dosages. L'avantage de cette approche est qu'elle permet de se rapprocher d'une composition moyenne de la scorie qui a donné naissance aux inclusions et, ainsi, de s'affranchir des éventuelles mesures aberrantes liées à des effets de concentrations locales dans des produits par nature à tendance hétérogènes.

Quelle que soit l'analyse chimique micro-inclusionnaire convoquée, cette étape analytique doit impérativement s'aider des études métallographiques pour s'assurer que les inclusions dosées sont directement issues de la réduction du minerai et qu'elles ne sont pas consécutives à des ajouts employés lors du forgeage, notamment au moment de la réalisation de soudures, même si dans certains cas favorables, les ajouts peuvent aussi être détectés par les analyses chimiques (Dillmann, L'héritier 2007). Pour l'instant, cette étape analytique s'applique donc spécialement aux demi-produits issus de loupe(s). Dans le même ordre d'idées, comme les demi-produits ne sont pas nécessairement constitués d'une unique masse de métal, l'approche doit impérativement être menée en appréhendant la loupe comme l'élément structurant et non en considérant le demi-produit en tant que tel, comme une entité homogène ; une barre pouvant être fabriquée avec des loupes de provenances différentes.

D'autres analyses chimiques plus précises permettent de doser les éléments traces ou mineurs – dont le pourcentage massique est inférieur à 0,01 %. Elles sont notamment réalisées

par ablation laser combinée à une torche plasma avec un couplage inductif et un spectromètre de masse (LA-ICP-MS). Si cette méthode archéométrique permet de détecter un nombre bien plus important d'éléments, la lourdeur de son maniement limite en revanche grandement le nombre d'inclusions dosées par échantillon (Coustures *et al.* 2006 ; Desaulty *et al.* sous-presse-a ; Desaulty *et al.* sous-presse-b). Au risque de n'analyser que des épiphénomènes, ce type d'étude doit donc être précédé par des analyses en spectrométrie EDS pour isoler des groupes de provenance. Alors, à l'issue de ce premier tri, les origines pourront peut-être être précisées, si tant est que les référentiels liés aux régions d'origines existent déjà, ce qui est actuellement le cas de peu de régions. On pourra toutefois trouver quelques signatures chimiques régionales dans la base de données Pal-Sid mise en place au sein de l'IRAMAT et du CRPG (Desaulty 2008 ; Desaulty *et al.* sous-presse-a ; Desaulty *et al.* sous-presse-b ; Leroy *et al.* sous-presse).

3. LE DEMI-PRODUIT DANS SON RÉSEAU D'ÉCHANGE ET DE COMMERCE

3.1. PROVENANCES ET FILIATIONS

À l'image de toute pièce manufacturée, la morphologie du demi-produit répond à des influences à la fois techniques et culturelles. Elle possède des proportions métrologiques et des compléments stylistiques – estampilles, façonnage d'une extrémité en forme de douille... – qui trahissent des pratiques commerciales, symboliques et/ou techniques notamment en rapport avec sa provenance. Ces différents caractères morphologiques ont permis, depuis le début du XX^e siècle, de proposer des typologies toujours d'actualité. Ainsi, des études sur la distribution et la répartition géographique de chaque type ont pu être engagées pour discuter en particulier de leur origine. Sans revenir sur ces travaux traditionnels, mais en s'appuyant sur les enseignements qu'ils ont générés, l'approche archéométallurgique permet aussi d'alimenter les connaissances sur la provenance des demi-produits. On pense ici spécialement aux analyses chimiques de la composition des micro-inclusions piégées dans les loupes compactées et épurées.

Les analyses chimiques ne sont pas les seules approches archéométriques susceptibles de renseigner la provenance. Les études métallographiques ne sont pas en reste, elles participent aussi pleinement au débat en traitant particulièrement du problème de la filiation du demi-produit dans son réseau de distribution et de redistribution. Tous les demi-produits ne sont en effet pas nécessairement issus d'un unique atelier de fabrication. Celui-ci n'a d'ailleurs pas forcément de rapport avec le lieu de réduction du minerai. Ainsi, un demi-produit peut provenir du façonnage répété d'une loupe, d'un fragment de loupe ou d'un demi-produit déjà manufacturé, pour former un exemplaire adapté aux sphères économiques du circuit d'échange auxquelles il s'adresse. Les cas de figure sont multiples et reflètent évidemment des dispositions économiques différentes, pour simplifier, entre grossistes et détaillants. Selon la structure interne du demi-produit, deux sortes de filiations se distinguent.

Dans le cas où le demi-produit est issu de loupe(s), ce dernier provient d'un atelier qui se trouve en amont de la chaîne opératoire. Cette éventualité ne témoigne pas nécessairement d'une production sur le lieu de réduction, mais au moins d'une fabrication proche de la réduction, en termes de chaîne opératoire. Ceci traduit un schéma économique élémentaire, où les rôles des intervenants sont limités, au maximum, à la réduction, au transport et, enfin, à l'épuration et à la mise en forme. Ici, les analyses chimiques des micro-inclusions peuvent apporter des éléments de réflexion sur la provenance du matériau.

Dans la situation où le demi-produit est corroyé, au contraire, les analyses chimiques micro-inclusionnaires sont pour l'instant proscrites, car les risques de pollutions chimiques lors

du forgeage sont trop importants. Cependant, les données sur la filiation sont alors plus riches en enseignements. Soit le demi-produit provient d'un assemblage de chutes de forge. Il atteste alors la pratique plus ou moins raisonnée du recyclage dans un atelier de forgeron exerçant dans un contexte jugé, selon les cas, autarcique ou ordonné. Soit le demi-produit résulte du(des) débitage(s) et compactage(s) d'un demi-produit plus grossier. Alors, il montre l'existence d'une organisation complexe fondée sur un réseau d'ateliers acquérant la marchandise à laquelle ils donnent une plus grande valeur ajoutée par l'intermédiaire d'une nouvelle étape de travail, pour ensuite la redistribuer sous une forme davantage adoptée à sa destination finale.

On voit donc que l'origine d'un demi-produit n'est pas une chose facile à saisir ou, tout du moins, qu'elle sollicite des données multiples ayant avoir avec sa filiation – son cheminement dans un réseau de distribution complexe – et sa provenance – le système de réduction duquel il est originaire ; pour rappel, le système de réduction est défini par un minerai, un bas fourneau, des charbons de bois, des ajouts et la conduite de la réduction.

3.2. UNE TYPOLOGIE POUR MIEUX APPRÉCIER LES DOMAINES DE DESTINATIONS FONCTIONNELLES

À l'autre extrémité de la chaîne de distribution, se trouve la destination fonctionnelle du demi-produit. Entraînées par le désir d'associer un type de l'un d'eux à la fabrication d'une sorte d'objet, des hypothèses univoques ont été ponctuellement formulées, notamment au sujet des *currency bars* qui étaient perçus comme des ébauches d'épées (Doswald 1994, p. 335). Aujourd'hui, il apparaît plus tangible de considérer qu'un demi-produit peut rentrer dans la composition d'un nombre plus ou moins limité d'objets. On préfère désormais parler de domaines de destination fonctionnelle en restreignant les éventualités.

Le demi-produit n'est qu'une forme transitoire donnée au fer métallique pour qu'il soit transporté dans des ateliers de forgeron afin d'être utilisé, plus ou moins directement, dans la composition de tel ou tel objet. La plupart du temps, le demi-produit reste une matière première peu sélective pouvant être employée dans une large variété d'objets. Les critères déterminants sont fixés par le comportement mécanique du métal et les spécificités morpho-fonctionnelles du demi-produit que l'on souhaite mettre à profit.

Étant un objet de commerce, le demi-produit possède assurément une fonction communicative entre les producteurs et les acquéreurs. Explorer la piste de la qualité du métal, c'est donc aussi tenter d'alimenter les connaissances sur la signification du standard des demi-produits en auscultant les corrélations susceptibles d'exister entre la forme du contenant et les propriétés du contenu.

3.2.1 COMPORTEMENTS MÉCANIQUES ET SPÉCIFICITÉS MORPHO-FONCTIONNELLES

LES PRÉDISPOSITIONS DES ALLIAGES FERREUX

L'acier

L'acier a comme principale caractéristique d'être dur. Cette dureté peut être augmentée par un refroidissement brusque : la trempe. En contrepartie, il est cassant. Pour ces raisons, l'acier est particulièrement adapté aux tranchants et aux pointes des outils ou des armes, mais aussi aux surfaces de frottement comme les bandages de roue. Notons que, plus le taux de carbone est élevé, plus chacune de ces caractéristiques est exacerbée. Du point de vue du comportement mécanique, nous considérons comme étant de l'acier les alliages contenant plus 0,2 % de carbone parce que d'une part, entre 0,02 % et 0,2 % le comportement mécanique est proche de celui de la ferrite et, d'autre part, dans cette même fourchette, le métal ne prend pas la trempe, une des qualités primordiales des aciers.

La ferrite ou le fer doux

À l'inverse, la ferrite possède une grande souplesse, mais en échange une assez mauvaise résistance mécanique. En résumé, elle est un métal particulièrement ductile, c'est-à-dire qu'elle peut se déformer très facilement – notamment à froid – sans se rompre. Grossièrement, la ferrite propose des qualités complémentaires à l'acier. Elle est par exemple mise en œuvre dans les âmes d'objets utilisés en percussion pour éviter tout risque de casse, mais elle peut également être utilisée dans une grande variété d'objets, du clou à la crémaillère en passant par la vaisselle métallique. Les aciers contenant moins de 0,2 % de carbone sont également incorporés à cette catégorie.

Le fer phosphoreux

Le phosphore est un élément qui fait perdre à l'acier ou à la ferrite sa ductilité. Plus largement, il rend le fer cassant et fragile. Son forgeage s'avère délicat, puisque l'alliage phosphoreux doit préférentiellement être travaillé entre 700 et 900°C, aux risques de rompre à cause de décohésions intergranulaires (Thouvenin 1984 ; Stewart *et al.* 2000 ; Vega 2001 ; Vega *et al.* 2002 ; Vega *et al.* 2003). En résumé, ces multiples contraintes semblent prédestiner le fer phosphoreux à une mise en œuvre grossière, dans le sens où les objets ne nécessitent pas de traitements mécaniques complexes. Ceci ne veut pas pour autant insinuer que ce métal a une faible valeur, puisqu'il peut être privilégié pour fabriquer des objets massifs et robustes, comme les barres ou les crampons métalliques utilisés dans les constructions.

L'INFLUENCE DE LA PROPRETÉ INCLUSIONNAIRE

Le comportement mécanique du métal dépend également de la qualité du compactage et de l'épuration. La propreté du métal est le critère subsidiaire au type d'alliages ferreux utilisé. La persistance de vides ou d'inclusions peut en effet fragiliser une partie de l'objet au cours de son utilisation, mais également troubler le bon déroulement du forgeage, notamment au niveau des parties fines. Au premier abord, les demi-produits plus correctement épurés et compactés semblent être voués aux objets complexes et/ou fins. Cependant, en pratique, une épuration et un compactage peuvent être réalisés avant le forgeage, quel que soit le demi-produit. Ils sont même inhérents à la phase de façonnage. Le taux de compactage et d'épuration ne permet donc pas de préciser strictement les types d'objets auxquels le demi-produit donnera naissance, mais il permet d'envisager le nombre d'étapes de travail supplémentaires qu'il faut pratiquer sur la matière pour arriver à forger tel ou tel objet.

LES CONTRAINTES DU VOLUME : TYPES MONO-LOUPES, TYPES MULTI-LOUPES

D'emblée, les demi-produits corroyés sont exclus de ce questionnement puisqu'ils sont fabriqués à partir d'un métal fortement manufacturé éloigné de la loupe initiale, celle-là même qui contraint le « volume maximum de fer monobloc » pouvant être mis en œuvre d'un seul tenant.

Depuis l'époque moderne, le métal est coulé sous une forme et un volume prédéfinis en fonction du transport, de la manipulation et/ou de la destination fonctionnelle. En d'autres termes, le « volume maximum de fer monobloc » n'interfère pas sur le demi-produit. *A contrario*, dans le cadre de la sidérurgie ancienne, le fer métallique est produit à l'état solide. La masse brute métallique est une loupe, selon les exemples archéologiques, de l'ordre d'une dizaine ou, au plus, d'une trentaine de kilogrammes (Domergue 1993, p. 254-255 ; Fluzin 2006). Il existe donc une restriction quantitative quant au « volume maximum de fer monobloc » pouvant être travaillé. Cette limite est aussi opérante dans l'étape suivante : l'épuration et le compactage sont également contraints par la chauffe et le martelage d'un « volume maximum de fer monobloc ». Aussi, deux groupes de demi-produits peuvent être distingués en fonction des masses métalliques de référence qui les composent.

Dans le cas où le demi-produit est issu d'une unique loupe, son volume est directement fonction de l'ampleur de la masse brute mise en œuvre, une loupe ou un fragment de loupe. Cette alternative est discutée au cas par cas. Du reste, il n'existe pas de pratique visant à juguler les possibilités imparties par le travail du « volume maximum de fer monobloc ».

Dans le cas où le demi-produit est constitué de plusieurs loupes, l'opération d'épuration et de façonnage a été parachevée par une phase de travail supplémentaire destinée à rendre, par l'intermédiaire d'un assemblage, la masse de fer plus volumineuse. Si la soudure de feuilles métalliques relève de techniques relativement simples et maîtrisées par l'ensemble des forgerons, l'assemblage de loupes requiert des compétences techniques beaucoup plus élevées. Cette opération s'avère également très coûteuse en énergie et en matières, vu l'importante masse de métal qu'il faut successivement chauffer et marteler. Sa réalisation n'est donc ni folklorique ni superflue, mais transcrit réellement le désir d'obtenir un demi-produit de grosse ampleur. Aussi,

l'assemblage de plusieurs loupes constitue une pratique volontaire et prédéfinie qui doit être conçue, comme une spécificité morpho-fonctionnelle visant à rendre le demi-produit au moins plus volumineux, sinon à l'allonger. Pour cette raison, par rapport à la conception moderne et contemporaine, l'assemble de loupes constitue un critère déterminant pour comprendre à quels domaines de destinations fonctionnelles le demi-produit est voué.

3.2.2. UNE TYPO-MÉTALLOGRAPHIE

Pour ordonner tous ces critères, nous proposons une typologie métallographique. Sa conception n'a pas été réalisée dans la perspective de produire un énième classement, isolé des autres études et complexifiant le panorama des connaissances. Elle a été créée dans le but de structurer un pan de recherche peu développé, mais fortement prometteur, notamment pour apprécier les destinations fonctionnelles et les normes régissant le commerce des demi-produits. Ces enquêtes archéoméallurgiques ne doivent pas être envisagées comme un domaine isolé des études morpho-typologiques. Les connaissances regroupées autour de cette typo-métallographie doivent impérativement être envisagées dans une synergie entre contenant et contenu, pour reprendre un vocabulaire plus traditionnel en archéologie. La forme donnée à la matière et les qualités physiques intrinsèques ne sont en effet pas des caractères qui s'opposent, mais réellement des propriétés complémentaires, souvent dépendantes l'une de l'autre. Les comprendre dans leur globalité et leurs interactions devient alors fondamental. En suivant ce raisonnement, les conclusions tirées seront mieux étayées et plus abouties. Il faut souligner que cette typo-métallographie se fonde sur une première série de critères technologique, tendant à être exhaustive. Néanmoins, cette liste peut à l'avenir être complétée et alimentée.

DES FAMILLES DE DEMI-PRODUITS

Les demi-produits sont des produits semi-finis qui servent de matière première. Aussi, pour les fédérer et les classer en familles, le type d'alliage ferreux est le premier caractère à prendre en compte, parce qu'il détermine, avant toutes autres choses, la qualité du fer et donc celle du demi-produit. Or, aujourd'hui, juger de la valeur, selon laquelle tel ou tel alliage était apprécié, paraît dans bien des cas présomptueux, d'autant que chacun d'entre eux a des qualités mécaniques davantage complémentaires et différentes qu'opposées. C'est pour cette raison que nous avons préféré les classer en familles, sans pour autant les hiérarchiser.

Dans l'alliage du fer et du carbone, étant donné que deux qualités de métal – ferrite et acier – se distinguent, la mise en place des fourchettes de proportion pour qualifier les demi-produits est relativisée et calibrée par rapport aux techniques de production et d'élaboration. Or, dans le cadre de la réduction directe, l'obtention d'une loupe homogène en acier s'avère relativement difficile. Les demi-produits aciérés possèdent donc une fourchette avec un minimum bas. De ce fait, ils se placent dans un grand intervalle qu'il est nécessaire de diviser en deux

groupes. Enfin, pour rendre compte de l'hétérogénéité des produits issus de la métallurgie directe et de l'existence de demi-produits mixtes, une zone tampon qualifiée d'hétérogène a été créée entre la famille des demi-produits aciérés et celle des ferritiques. Au sujet de l'alliage fer-phosphore, le problème ne se pose pas dans ces termes puisque l'on ne distingue qu'une seule qualité. La fourchette de proportion est donc établie de manière arithmétique à partir de la majorité absolue.

On distingue alors :

- entre 0 et 20 % d'acier (ou de 80 à 100 % de ferrite), des demi-produits qualifiés de **ferritiques**. Ici, la teneur en carbone pondérée dépasse rarement 0,3 %.
- entre 20 et 40 % d'acier (ou de 60 à 80 % de ferrite), des demi-produits qualifiés d'**hétérogènes**. La teneur pondérée en carbone peut atteindre 0,6 %.
- entre 40 et 70 % d'acier (ou de 30 à 60 % de ferrite), les demi-produits seront qualifiés d'**aciérés composites**. La teneur pondérée en carbone peut atteindre 0,8 %.
- entre 70 et 100 % d'acier (ou de 0 à 30 % de ferrite), les demi-produits seront qualifiés d'**aciérés**. La teneur pondérée en carbone peut atteindre 0,8 %.
- entre 50 et 100 % d'un alliage avec une forte proportion de phosphore, les demi-produits seront qualifiés de **phosphoreux**.

LEURS VALEURS AJOUTÉES

Chacune des familles, établie à partir du type d'alliage ferreux, peut être subdivisée par différents critères ayant trait à la valeur ajoutée du demi-produit, à savoir la différence entre la valeur finale du produit au prix du marché et la valeur initiale des matériaux et des services utilisés pour sa production.

Du point de vue du demi-produit, si l'on considère que toutes les réductions de minerai sont sensiblement identiques, le principal paramètre conditionnant la valeur ajoutée est le taux de compactage et d'épuration de(s) masse(s) de fer employée(s). Il traduit directement le degré de travail fourni pour fabriquer le demi-produit. Toujours apprécié à travers le prisme du demi-produit, si l'on envisage que les techniques de la réduction du minerai divergent puisque vraisemblablement plusieurs ateliers alimentent la production de fer destinée à leur fabrication, le taux de compactage et d'épuration demeure toujours un paramètre remarquable pour mesurer la valeur ajoutée, même si son état dépend de phases de travail différentes. En effet, dans cette configuration, la conduite habituelle de réductions dissemblables engendre la production de fers distincts, autant dans les alliages que dans les propriétés inclusionnaires. Il est donc certain que des masses brutes de fer ont pu être produites dans des bas fourneaux, soit avec très peu de porosités et d'inclusions, soit en étant surchargées. Dans le premier cas, la phase d'épuration et de compactage est donc limitée, ce qui pourrait sous-tendre un biais dans notre raisonnement. La valeur ajoutée ne s'apprécie cependant pas qu'en termes de masse de travail, mais aussi en qualité technique. Dans les deux éventualités, l'appréciation de la propriété inclusionnaire reste donc un bon jalon pour mesurer la valeur ajoutée, même si elle peut-être consécutive à des phases de travail distinctes.

La fabrication des demi-produits ne s'évalue pas qu'au niveau inclusionnaire. Les assemblages et les soudures forment également un paramètre déterminant. Une loupe fortement corroyée aura donc une valeur supérieure à une loupe uniquement épurée et mise en forme. Dans le même sens, l'assemblage de plusieurs loupes confère au demi-produit une importante valeur ajoutée, même si sa propreté inclusionnaire est basse.

CHAPITRE 2 : DES DEMI- PRODUITS EN CONTEXTE DE CIRCULATION ET D'UTILISATION

1. DES CORPUS EXEMPLAIRES

1.1. LES NAVIRES CHARGÉS DE FER SUR LES CÔTES DE NARBONNAISE

1.1.1. POINTS COMMUNS ET DIVERGENCES

UNE APPARTENANCE EXCLUSIVEMENT ANTIQUE

Dans le Midi méditerranéen, en contexte maritime ou fluvial, vingt sites archéologiques sont reconnus pour avoir livré des demi-produits ferreux (fig. 163, 164 et 165). Seize d'entre eux sont des navires échoués sur les côtes. Les quatre autres sont plus difficiles à qualifier puisqu'ils concernent des petits regroupements de demi-produits dans des zones portuaires ou des chenaux : délestage, perte accidentelle lors de transbordement ou de déchargement, naufrage...

D'un point de vue géographique, l'essentiel de la documentation est regroupé aux alentours du delta du Rhône, dans un triangle compris entre Arles (13), Palavas (34) et Fos-sur-Mer (13) (Monguilan 1987 ; Long 1993 ; Long 1994 ; Maréchal 1995 ; Long 1996 ; Long 1997a ; Long 1997b ; Long *et al.* 1997 ; Maréchal 1998 ; Long 2001 ; Long 2002 ; Long *et al.* 2002a ; Long *et al.* 2002b ; Long *et al.* 2002c ; Long 2003 ; Long *et al.* 2003 ; Long, Illouze 2003a ; Long, Illouze 2003b ; Long, Sintes 2003 ; Long 2004 ; Long *et al.* 2005). Un autre groupe moins important se situe entre les Îles d'Hyères (83) et Antibes (06) (Tchernia 1969 ; Fiori 1973 ; Long 1985 ; Long 1987 ; Joncheray 1994). Enfin, deux découvertes plus isolées sont localisées, l'une au cap sud de la Corse (2A) (Zwicker 1996), l'autre dans un des principaux étangs devant Narbonne (11) (Solier 1981).

D'un point de vue chronologique, les vestiges se rapportent exclusivement à l'Antiquité romaine (fig. 163, 164 et 165). Les plus anciens sont datés de la seconde moitié du II^e siècle avant notre ère, tandis que les plus récents sont du II^e siècle. Auparavant, les découvertes faites à Gruissan près de Narbonne (11) étaient attribuées aux IV^e-V^e siècles, mais aujourd'hui il semble qu'il faille réévaluer ces datations et les replacer autour des I^{er}-II^e siècles. Malgré la grande dispersion des sites sur la côte de la Gaule Transalpine ou, plus tard, de Narbonnaise, il existe donc une certaine homogénéité chronologique des épaves chargées de fer.

LA TYPOLOGIE DES SAINTES-MARIES-DE-LA-MER RAPPORTÉE AUX GISEMENTS MÉDITERRANÉENS

Jusqu'à la fin des années 1990, les demi-produits méditerranéens remontés à la surface étaient perçus individuellement. Et pour cause, leur dégradation prononcée – concrétions et hydroxydation – couplée au caractère encore disparate des découvertes empêchaient l'observation de toutes récurrences. C'est la mise au jour des épaves chargées de fer aux larges des Saintes-Maries-de-la-Mer (13) qui a permis de remédier à cette situation en livrant de nombreux demi-produits correctement conservés se prêtant particulièrement à l'élaboration d'une typomorphologie. Celle-ci a d'abord reposé sur les dimensions des sections. Ainsi, six formes caractéristiques ont été individualisées et nommées par des numéros (Long 1997a, p. 84-86 ; Long 1997b, p. 76-77). Plus récemment, la découverte de nouvelles épaves a permis de compléter et d'aménager cette typologie en portant le nombre de formes à huit (fig. 166). Dans un souci de continuité scientifique, le premier critère distinctif – la section – a été conservé, mais enrichi d'un sous-type qui intègre les caractéristiques de la longueur plus systématiquement avec C pour courte, M pour moyenne et L pour longue (Long *et al.* 2005 ; Coustures *et al.* 2006, p. 247-249). Pour ces raisons, les codes des formes sont composés d'un numéro et d'une lettre qui représentent respectivement le type général, issu de la dimension de la section, et le sous-type, dérivé de la longueur. Pour faciliter la lecture, dans notre propos nous mentionnerons sous le terme type ce qui apparaît strictement d'un point de vue typologique comme l'association d'un type et d'un sous-type, à savoir le chiffre suivi de la lettre. Globalement, cette typologie inclut huit demi-produits : du simple petit barreau à la barre très massive. Les longueurs sont comprises entre 20 et 200 cm et les masses entre 1,5 et 33 kg.

Aujourd'hui, il paraît très vraisemblable que l'ensemble des demi-produits antiques mis au jour en contexte aquatique dans le Midi méditerranéen peut être rapproché de la typologie échafaudée sur la base du matériel des Saintes-Maries-de-la-Mer (fig. 164 et 166). D'ailleurs, le domaine d'application de cette classification a très tôt été étendu aux découvertes faites dans l'étang de Gruissan, près de Narbonne (11), pour envisager l'origine des matériaux (Long 1997a, p. 84-86 ; Long 1997b, p. 76-77). Luc Long a ensuite persévéré dans ce processus d'harmonisation en rapportant les morphologies des Saintes-Maries-de-la-Mer aux gisements métalliques de Bagaud 2, de Bonifacio et d'Arles (Long, Valente 2003, p. 150 ; Coustures *et al.* 2006, p. 244 et 249). Cette démarche a été suivie lors de trouvailles sporadiques plus récentes réalisées à Palavas-les-Flots (34) (Maréchal 1998, p. 241 ; Rauzier 2005, p. 185). Dans la même logique, malgré l'état dégradé de certains demi-produits des côtes provençales, les gisements de Cap Gros (Antibes, 06), de Dramont C (Saint-Raphaël, 83) et de Saint-Gervais I (Fos-sur-Mer, 13) peuvent aussi se confondre avec la typologie des Saintes-Maries-de-la-Mer (Fiori 1973, p. 96 ; Monguilan 1987, p. 171 ; Joncheray 1994, p. 45). Seule l'épave métallique du Cap de la Mèdes, à Porquerolles (Hyères, 83), connaît deux attributions plus litigieuses (Tchernia 1969).

LES PARTICULARISMES CHRONOLOGIQUES

L'ensemble des épaves et des demi-produits présente de nombreuses convergences. Toutefois, des différences manifestes permettent de retrancher deux corpus de navires et de chargements ferreux en fonction de la chronologie.

Au nombre de trois ou, au plus, de quatre, les épaves les plus anciennes, du II^e et de la première moitié du I^{er} siècle avant notre ère, se trouvent uniquement entre les Îles d'Hyères (83) et Antibes (06) : Cap Gros, Dramont C, Bagaud 2 et, peut-être, Cap des Mèdes (fig. 163 et 165). Selon les deux seules épaves correctement conservées et fouillées – Dramont C et Bagaud 2 –, les navires sont de faible tonnage et n'excèdent pas 15 m de long. Leur cargaison est variée. Elle comprend, outre des demi-produits, des amphores, divers objets manufacturés et, pour Dramont C, de la résine de pin et des meules, pour Bagaud 2 et Cap des Mèdes, des lingots d'étain. Le transport ne concerne donc pas uniquement du fer. Celui-ci accompagne toute une série d'autres marchandises, même s'il peut atteindre des masses importantes, comme dans Bagaud 2 où il représente 10-12 t au maximum. Enfin, les demi-produits ferreux sont représentés uniquement par quatre des huit types : 1L, 1M, 2M et 4C. Les deux derniers sont les plus nombreux.

Les épaves plus récentes, de la seconde moitié du I^{er} siècle avant notre ère au II^e siècle de notre ère, sont beaucoup plus nombreuses. Elles concernent toutes les épaves des Saintes-Maries-de-la-Mer, Saint-Gervais I et probablement la majorité des découvertes attribuée plus largement à l'Antiquité (fig. 163, 164 et 165). Elles se retrouvent de Narbonne à Bonifacio, mais elles sont très singulièrement concentrées aux abords du delta du Rhône et, plus précisément, devant les Saintes-Maries-de-Mer. Les bateaux sont ici plus importants : leur longueur est comprise entre 15 et 20 m. La distinction majeure réside dans le fait que ces navires transportent uniquement des demi-produits ferreux, à l'exclusion de quelques amphores et matériels de bord. Aussi, les chargements de fer sont très importants : ils atteignent entre 20 et 150 t. Tous les demi-produits de la typologie sont ici représentés. Cependant, notons que les formes *a priori* inexistantes avant le milieu du I^{er} siècle avant notre ère sont minoritaires et que la majorité du corpus ferreux est toujours composée par les mêmes morphologies de barre.

1.1.2. LES ÉPAVES ET LES DEMI-PRODUITS PRÉFÉRÉS

BAGAUD 2 (HYÈRES, 83)

Localisée à proximité de la pointe Montrémian, sur la côte Nord de l'île de Bagaud (archipel des Îles d'Hyères, 83) par 18 m de fond, l'épave de Bagaud 2 fut découverte en 1971 puis fouillée en 1980 et 1981 par Luc Long (D.R.A.S.S.M.) avec l'aide de l'*Archéonaute* (Long 1985 ; Long 1987 ; Long, Valente 2003, p. 149-150) (fig. 163 et 164). Daté de la fin du II^e siècle ou du début du I^{er} siècle avant notre ère par des céramiques fines et des amphores, ce gisement est le seul avec une datation républicaine haute dont le mobilier est aujourd'hui disponible. Il est

notamment composé de près de 2 t de lingots d'étain estampillés en grec. Ces derniers ont engendré de nombreuses discussions sur l'origine de la matière. Le débat reste controversé, mais il est très vraisemblable que ce bateau circulait d'ouest en est.

Les renseignements collectés sur le fer ont moins fait couler d'encre. Pourtant, les demi-produits sont majoritaires dans le chargement en avoisinant les 10-12 t. Deux morphologies y ont été découvertes : les types 2M et 4C, sans que l'un ou l'autre ne soit privilégié (fig. 164). Dans le cadre de notre étude, trois demi-produits du type 2M et deux du type 4C ont été prélevés pour les analyses archéométriques (fig. 167).

LES SAINTES-MARIES-DE-LA-MER (13)

Des navires entre Méditerranée et Rhône

Au nombre de onze, les épaves chargées de fer des Saintes-Maries-de-la-Mer (13) forment le plus important lot toutes périodes confondues (SM2, SM3, SM6, SM8, SM9, SM10, SM11, SM23, SM24, SM25 et SM27). L'aspect remarquable est qu'elles se situent dans des fourchettes chronologique et géographique très étroites (fig. 164 et 165). Toutes sont échouées dans un rayon de 5 km, une étendue minimale à l'échelle de la Camargue, et toutes sont datées entre l'époque augustéenne et la fin de celle des Flaviens, de 27 avant notre ère à 96 de notre ère – selon la céramique et une datation ¹⁴C (SM24). Si les conditions sous-marines n'ont pas toujours facilité les opérations archéologiques, menées le plus souvent, ici aussi, avec le soutien du navire *L'Archéonante*, elles ont en revanche favorisé la bonne conservation de ces vestiges en limitant les risques de récupération et d'oxydation, les chargements étant recouverts d'une épaisse concrétion et, par intermittence, de sable. Au final, le corpus des Saintes-Maries, exceptionnel par sa conservation, sa richesse et sa lisibilité, reflète donc un « instantané » de la circulation maritime des demi-produits ferreux au début du Haut-Empire particulièrement appréciable dans le cadre de notre recherche.

Le recul régulier du rivage depuis l'Antiquité place aujourd'hui les épaves des Saintes-Maries-de-la-Mer à près de 3 km en mer, à une profondeur comprise entre 12 et 14 m. En réalité, elles se sont échouées par 1 ou 2 m d'eau, sur des barres d'avant côte, en tentant d'accéder au Rhône Saint-Ferréol, piégées par ce danger naturel et séculaire responsable de nombreux échouages jusqu'à nos jours. Au I^{er} siècle de notre ère, le Rhône Saint-Ferréol correspond, selon la description que donne Pline l'Ancien des trois bras du Rhône, à la branche du milieu, appelée *Métapine* (HN, III, 5). Bordé d'installations romaines, il se confond dans le système lagunaire actuel depuis le sud d'Arles par le nord-ouest de l'étang du Vaccarès (fig. 165). Les récentes découvertes de demi-produits de fer comparables aux nôtres dans le lit du Rhône, à Arles, renforcent l'hypothèse d'un métal destiné à une diffusion en Gaule par cette voie fluviale.

Certains de ces navires, notamment SM2 et SM24 dont les membrures sont ligaturées, pourraient être affiliés à une famille spécifique d'allèges à fond plat qui seraient utilisées par la corporation de naviculaires arlésiens, reconnue par plusieurs inscriptions (Rougé 1966, p. 245-255 ; Christol 1971 ; Christol *et al.* 1999 ; Long *et al.* à paraître). Ils pouvaient se jouer plus

aisément du piège des embouchures et, particulièrement, de la barre transversale du fleuve, responsable des nombreux naufrages et dont la hauteur d'eau, ne dépassait pas 1,30 m lors de certains étiages. D'autres navires, comme SM9 dont la membrure est classique, appartenaient à la catégorie des bateaux de mer et ne pouvaient sans doute pas franchir la barre, vu leur tonnage. Ils devaient alors mouiller face au Rhône Saint-Ferréol, dans une zone portuaire structurée et aménagée semblable à un véritable avant-port maritime d'Arles, afin que leur chargement soit transbordé sur des allèges comme le laissent présager les très nombreuses découvertes d'ancres à cet endroit (Long 2003, p. 56). Par ailleurs, l'épave Saint-Gervais I, atteste sans doute de l'existence d'une route alternative au Rhône Saint-Ferréol employant une autre branche du fleuve à proximité du port de Fos-sur-Mer (Monguilan 1987) (fig. 163 et 164).

D'autres épaves antiques se distinguent dans les parages des Saintes-Maries-de-Mer par leur cargaison variée d'amphores, d'objets de bronze, de blocs de marbre ou de matières premières (fig. 165). C'est le cas par exemple des saumons de plomb de l'épave SM1 qui inaugura, dès 1989, une longue liste de découvertes. Au vu des contre-marches, ces cent lingots produits par *L. Flavius Verucla* étaient propriété impériale et voyageaient avec un fret complémentaire d'amphores à huile d'époque flavienne (Long, Domergue 1995). D'autres chargements de matières premières ont été démantelés par les chalutiers. C'est le cas de l'épave SM7 et de ses galettes de cuivre, au large des Saintes-Maries-de-la-Mer (Maréchal 1984). À l'ouest du Petit Rhône, l'épave SM12 a livré des lingots de plomb sphériques dont les incisions mentionnent le poids en livres romaines (Maréchal 1985). Enfin, légèrement plus au large, trois épaves chargées chacune de cinq à sept blocs de marbre ont été repérées, toujours face aux Saintes-Maries-de-la-Mer (SM18, SM21 et SM22). Rassemblées, toutes ces découvertes confirment l'importance et la vitalité de la voie rhodanienne dans la circulation des matériaux, notamment pondéreux, tels que le fer.

Des tonnes de fer aux demi-produits prélevés

Tous les navires des Saintes-Maries-de-la-Mer ne possèdent pas un chargement ferreux identique que ce soit en masse totale ou en fréquence de types. Pour les plus importants, leur masse varie entre 100 et 150 t de demi-produits et, pour quelques-uns plus petits, autour de 20 t (fig. 164). Au total, c'est donc environ 500 t de fer qui sont conservées au débouché du Rhône Saint-Ferréol. Ces estimations quantitatives sont fondées sur le volume des concrétions métalliques conservées et sur la superficie restituée des navires. Cette fourchette approximative est probablement en deçà de la réalité. Il est fort possible, en effet, qu'une partie de ce fer ait été récupérée après l'échouage, dans les jours qui ont suivi la tempête, avant que les navires ne soient complètement recouverts par le sable et l'eau.

Certains navires livrent un seul type de demi-produit, tandis que d'autres renferment dans leur cale au moins quatre types différents. Il n'y a aucune relation entre le fait que le chargement soit multi-types et l'importance de ce dernier, ou inversement. De manière générale, les types 4C, 2M et 1L sont les plus fréquents et les plus nombreux, tandis que les types 1M, 4L, 3C, 5C et 6C proviennent d'une unique épave et sont les plus rares (fig. 164).

La remarquable conservation des barres de fer des Saintes-Maries-de-la-Mer a également permis de préserver la lisibilité des estampilles apposées sur un grand nombre d'entre-elles. Aussi, un volet d'enquête a été ouvert dans cette direction (Long *et al.* 2002c, p. 179-182 ; Djaoui 2003 ; Coustures *et al.* 2006, p. 249-252 ; Djaoui, Long 2007).

Dans l'optique des études archéométriques, l'échantillonnage a été mené de manière à croiser le maximum de critères pour mesurer et apprécier plus réellement les récurrences et les variations (fig. 167). Dans notre cas, l'épave et le type forment les deux paramètres principaux à prendre en compte, puisque le premier conditionne l'ensemble des propriétés du site archéologique, et le second le seul caractère systématiquement connu du matériau d'étude. Nous avons donc tenté de prélever un nombre important de demi-produits appartenant à chaque type et provenant de plusieurs épaves, dans la mesure de leur disponibilité.

Ainsi, quarante-neuf demi-produits ont été prélevés (fig. 167). Ils se rapportent aux huit types morphologiques de la typologie. En revanche, ils ne proviennent que de six des onze épaves reconnues (SM2, SM6, SM9, SM10, SM24 et SM25).

1.2. LES DEMI-PRODUITS D'ATELIERS DE FORGE

Contrairement aux épaves, il est impossible de recenser la totalité des découvertes de demi-produits faite en contexte d'utilisation ou de fabrication dans des ateliers de forge. Bien souvent au moment de l'inventaire, ces pièces étant débitées, elles sont considérées comme de simples tiges ou de grossiers fragments métalliques. D'ailleurs, dans la littérature sur le Midi méditerranéen, seul un demi-produit est connu et un travail a montré les limites importantes du recensement sur ce sujet (Ginouvez *et al.* 1998, p. 184-185 ; Merle 1999). De surcroît, les études sur les demi-produits en contexte d'utilisation ou de fabrication prennent toute leur profondeur quand elles sont perçues à travers un contexte artisanal précisément connu. Pour ces raisons, nous fondons notre discussion uniquement sur les établissements traités dans la partie II, sur le sujet du travail du fer. Plus précisément, cinq sites livrent des demi-produits dont les analyses métallographiques sont ici discutées – les fragments de loupe en cours de compactage sont aussi intégrés dans ce corpus puisqu'ils sont des demi-produits dont la mise en forme est en cours d'exécution. Ce sont : Lunel-Viel (34), *Ambrussum* (Villetelle, 34), le Roc de Pampelune (Argelliers, 34), l'Auribelle-Basse (Pézenas, 34) et La Madeleine II (Clermont-l'Hérault, 34) (*cf. supra*, partie II, chapitre 1 § 1.2, § 2, § 3 et chapitre 2 § 2, § 3.2). Au total, dix demi-produits sont ainsi rassemblés. Il concerne autant le Haut-Empire que l'Antiquité tardive – cinq exemplaires de chaque – et des situations variées ayant trait aux habitats groupés et dispersés (fig. 61, 62, 70, 84, 108, 113, 117, 118, 141, 152, 239 et 240). Ils embrassent donc une variété de situations particulièrement

appréciable dans notre démarche pour analyser les demi-produits en contexte d'utilisation ou de fabrication.

Les problèmes d'échantillonnage sont ici très limités, puisque bien souvent tous les demi-produits des sites ont été analysés. Ils sont explicités dans l'analyse archéométallurgique des vestiges artisanaux de chaque site. Il faut également se référer à ces mêmes parties pour avoir une vue sur la morphologie des demi-produits, dont la plupart des spécimens n'obéissent pas une typologie stricte. Pour autant, sur le Roc de Pampelune, les demi-produits paraissent être conformes à un gabarit (fig. 114). Un d'entre eux pourrait même être rapproché de la typologie des Saintes-Maries-de-la-Mer : il s'agit d'une barre débitée, dont il ne reste que 18 cm de longueur (échantillon 2045.8 de Lunel-Viel) (fig. 61). Sa section, à tendance carrée, de 28 cm de côté, laisse présager un lien de parenté avec le type 2M (fig. 166). Tout le reste concerne des petits exemplaires dont la masse n'excède pas 400 g.

2. DES MATÉRIAUX, DES PROVENANCES

2.1. LES DEMI-PRODUITS EN CONTEXTE DE CIRCULATION

Cinquante-quatre demi-produits appartenant à la typologie des Saintes-Maries-de-la-Mer ont été prélevés (fig. 167). Ils se rapportent aux huit types morphologiques et proviennent de six des onze épaves des Saintes-Maries-de-la-Mer (SM2, SM6, SM9, SM10, SM24 et SM25) et de Bagaud 2. Pour l'essentiel, cet échantillonnage est satisfaisant et permet d'afficher une vision d'ensemble avec des recoupements, sauf en ce qui concerne les types 3C et 5C pour lesquels un unique exemplaire a pu être étudié.

2.1.1. LES FERS MIS EN ŒUVRE

TYPES MONO-LOUPES, TYPES MULTI-LOUPES

Tous les demi-produits des Saintes-Maries-de-la-Mer et de Bagaud 2 sont formés à partir de masses brutes de fer. Aucun d'entre eux n'est constitué d'un assemblage de feuilles. En revanche, certains sont composés de plusieurs loupes soudées les unes aux autres. Deux catégories se distinguent alors dans notre corpus : les demi-produits mono-loupes et ceux multi-loupes. Cette distinction paraît inhérente aux types, puisque que tous les spécimens de chaque catégorie se trouvent explicitement dans des types définis au niveau morphologique quelle que soit l'épave.

Aussi, les types 1M, 2M, 3C, 4C, 5C et 6C sont toujours issus de la mise en forme d'une unique loupe (fig. 183, 194, 195, 205, 214, 218, 221). Les types 1L et 4L sont, eux, multi-loupes. L'assemblage de plusieurs loupes concerne donc uniquement les deux seuls types longs (fig. 175, 211 et 221). Plus précisément, le type 1L est le plus fréquemment constitué de deux loupes (fig. 168 à 175). Plus rarement, quand les loupes assemblées sont trop petites, trois masses de fer sont utilisées. D'ailleurs, on retrouve une pratique identique dans un spécimen du type 2M qui met en œuvre deux petites loupes alors que tous les autres échantillons ne sont issus que d'une seule (fig. 184, 185 et 194). Le type 4L est, quant à lui, couramment fabriqué à partir de quatre loupes (fig. 206 à 211). Cependant, selon leur volume, ce nombre peut varier plus rarement de trois à cinq. Ici, le nombre élevé de masses de fer assemblées n'est pas déterminé par leur petit volume, mais par la volonté de produire un demi-produit allongé – environ 1,5 m – avec une section importante – environ 6 x 5 cm. En conséquence, un rapport direct apparaît clairement

entre le type et le nombre de loupes assemblées, mais cette relation n'est cependant pas une interdépendance, puisque le nombre de masses de fer dépend avant tout de la morphologie du type de demi-produit, laquelle est standardisée et, par conséquent, prédéfinie par avance, avec une petite variabilité inhérente aux productions ante-industrielles (fig. 221).

De manière générale, le volume des loupes mises en œuvre fluctue entre 95 et 2500 cm³ (fig. 183, 194, 195, 205, 214, 218, 221). Dans chacun des types, un grand écart est visible entre la plus petite et la plus grosse loupe. Ces grandes amplitudes masquent toutefois des récurrences et des hétérogénéités. En effet, la très grande majorité des loupes se place entre 450 et 850 cm³. Seul le type 6C ne se plie pas à cette règle. Celui-ci se différencie même très nettement de tous les autres, puisqu'il regroupe uniquement des masses de fer oscillant entre 1200 et 2500 cm³. Dans le reste des types, on peut également retrancher les types 2M et 1L, dans lesquels sont employées des loupes dont le volume est sensiblement identique : environ 470 cm³. Suivant ce raisonnement, les types 1M, 4C et 4L peuvent, dans une moindre mesure, être rapprochés avec l'utilisation de loupes d'environ 700-800 cm³.

QUALITÉS DES ALLIAGES ET TYPES MORPHOLOGIQUES : DES TENDANCES SIGNIFICATIVES

Une grande variété d'alliage ferreux a été caractérisée dans l'ensemble des demi-produits analysés, de la ferrite à l'acier hypereutectoïde, en passant par le fer phosphoreux. Par exemple, dans la plupart des demi-produits, les zones aciérées côtoient des parties ferritiques. Néanmoins, si chaque demi-produit est pris dans son intégralité et si l'on considère la proportion des différents types d'alliages par rapport au volume total, des tendances se dégagent. Chose plus remarquable encore, ces tendances sont en adéquation avec les types quelle que soit l'épave, comme dans l'analyse précédente concernant le nombre et le volume des loupes employées : à quelques exceptions près, chaque type utilise une qualité d'alliage proportionnellement majoritaire.

Pour ce qui est de la ferrite, elle se trouve dans tous les demi-produits analysés. En proportion majoritaire, elle se rencontre cependant uniquement dans trois types : 2M, 3C et 6C. Le type 2M est en moyenne composé de 85 % de ferrite (fig. 184 à 194, 222). Seul un demi-produit sur dix déroge à cette prédisposition. Cette tendance ferritique est accentuée par le fait que les parties aciérées restantes possèdent une faible teneur en carbone, généralement inférieure à 0,3 %. Le type 6C reprend d'une manière sensiblement équivalente le même penchant : en moyenne, 80 % de son volume est ferritique, sans qu'aucun échantillon ne s'écarte significativement de cette proportion (fig. 215 à 218, 222). Ici, en revanche, les zones aciérées sont plus carburées, puisqu'elles peuvent atteindre l'eutectoïde. Le type 3C semble suivre une même tendance, mais cette similitude devra être vérifiée par la conduite d'analyses sur d'autres échantillons, un seul spécimen ayant été étudié (fig. 195 et 222).

À propos du type 2M, la correspondance entre la qualité ferritique de l'alliage et la forme du demi-produit est renforcée par une autre étude métallographique menée, en plus sur une

épave non documentée par notre recherche, Saint-Gervais I (Fos-sur-Mer, 13) (Monguilan 1987, p. 175-179).

Si, comme pour la ferrite, l'acier se retrouve dans pratiquement tous les demi-produits en termes de proportion significative par rapport au volume total, quatre types se détachent du lot : 1M, 1L, 4C et 5C. Pour ce dernier type, l'analyse d'autres échantillons doit être pratiquée, un unique demi-produit étant étudié (fig. 212 à 214, 222). De plus, il concentre 30 % de parties aciérées, soit 70 % de ferrite, ce qui le rend plutôt proche de la famille des types à tendance ferritique. Les trois autres types – 1M, 1L et 4C – exposent une situation beaucoup plus franche et se démarquent nettement de la famille des types à tendance ferritique. En moyenne, leur volume est composé entre 45 et 47 % d'acier (fig. 168 à 183, 206 à 211 et 222). Cette moyenne dissimule de grandes variations, quelques demi-produits de chaque type étant aciérés, soit à hauteur de 20 %, soit à hauteur de 90 %. Cependant, selon une lecture globale, cette dispersion est moins accentuée, attendue que la majorité des demi-produits concentre entre 30 et 50 % d'acier (fig. 220). Si l'on exclut les zones de transition entre l'acier et la ferrite, les parties carburées renferment toujours plus de 0,3 % de carbone, et une majorité entre 0,6 et 0,8 %, même si la teneur pondérée en carbone approche 0,4 % puisqu'elle prend également en compte les zones ferritiques. Dans cette famille à tendance aciérée, un seul type multi-loupes existe : le 1L. Sur neuf des barres de ce type, quatre présentent un assemblage de deux loupes qui ne sont pas de la même sorte : l'une est entièrement aciérée, tandis que l'autre a tendance à être essentiellement ferritique (fig. 168 à 175). Enfin, dans tous les demi-produits analysés, précisons que, vu le volume des zones aciérées et leur répartition spatiale dans chaque loupe, la teneur en carbone n'est pas consécutive à une cémentation, mais principalement déterminée par le processus de réduction directe du minerai.

Au sujet des demi-produits de forme 4C, le résultat de notre recherche est conforté par une autre analyse métallographique faite anciennement sur un échantillon provenant de l'épave de Bonifacio (2A) (Zwicker 1967). Elle permet d'associer une nouvelle épave, qui plus est lointaine, à notre panorama pour confirmer la correspondance entre la qualité aciérée des alliages et le type 4C, quel que soit le lieu.

Le fer phosphoreux est uniquement utilisé dans un type de demi-produit : le 4L, un type multi-loupes généralement formé de quatre loupes (fig. 206 à 211). Seule une loupe composant ces barres n'est pas constituée de fer phosphoreux, ou du moins d'une teneur en phosphore comprise entre 0,1 % et 0,6 %. Rappelons, en effet, que le phosphore n'est détectable qu'après l'attaque Oberhoffer des sections polies, à l'échelle micrographique, si son taux est inférieur à 0,6 %. Mentionnons également que cette observation a été réalisée sur deux demi-produits, les quatre autres étant pour l'instant uniquement examinés en macrographie à partir des deux grandes faces usinées et polies. Parallèlement, en termes d'alliage fer-carbone, ce type de demi-produit est, en très grande partie, constitué de ferrite, en moyenne 77 %. Cette moyenne n'est cependant pas représentative, parce qu'elle est ramenée à un degré inférieur par deux échantillons sur six qui concentrent beaucoup de zones aciérées.

2.1.2. LE TRAVAIL DE MISE EN FORME

L'ÉPURATION ET LE COMPACTAGE

Pour mettre en forme un demi-produit à partir d'une masse brute de fer, le compactage et l'épuration constituent les principales opérations réalisées. Elles visent à évacuer les inclusions de scories et de charbons de bois, et à éliminer les porosités tout en donnant un aspect au produit. La mise en forme est même inhérente à ce travail, étant donné que le compactage et l'épuration exigent le façonnage de faces. Toutefois, de multiples propriétés inclusionnaires, ainsi que diverses formes peuvent être obtenues par cette manipulation thermomécanique. Étant donné que jusqu'à présent une relation étroite a été notée entre les caractéristiques métallographiques et les types, et qu'ici notre propos traite particulièrement des correspondances qui peuvent exister entre la forme et la propriété inclusionnaire, les données sont présentées en moyenne en fonction des types morphologiques. Pour rappel, ce classement tient uniquement compte de l'échelle AFNOR NF A 04-106* et du pourcentage de porosités et d'inclusions calculé à partir des sections polies (*cf. supra*).

Dans les corpus des demi-produits des Saintes-Maries-de-la-Mer et de Bagaud 2, la propriété inclusionnaire du matériau est d'une manière générale moyenne à très bonne. Seuls deux types présentent un taux bas à très bas – 3C et 5C (fig. 184, 185, 195, 212 à 214 et 223). Dans l'avenir, cette information sera vérifiée par l'analyse métallographique d'autres échantillons, comme chacun des deux types n'est ici représenté que par un seul individu. Trois types, 2M, 4C et 4L, possèdent un taux moyen (fig. 184 à 194, 196 à 211 et 223). Quant au type 1L, il comprend une propriété inclusionnaire élevée (fig. 168 à 175 et 223). Les types 1M et 6C en détiennent un très élevé (fig. 176 à 183 et 223).

Vu l'homogénéité des propriétés inclusionnaires des échantillons de chaque type morphologique, la relation entre la forme et la propriété est vérifiée, toujours quelle que soit l'épave. Suivant cette piste, entre la section et la longueur, quel paramètre influence directement la propriété inclusionnaire ? La section apparaît être le caractère déterminant. Plus elle est aplatie, plus l'épuration du demi-produit est poussée. Ce n'est donc pas tant la petitesse de la section qui conditionne, au moins dans le corpus qui nous intéresse, la qualité de l'épuration et du compactage, mais son laminage, c'est-à-dire son aplatissement. À cet étirement sur la largeur est forcément combiné un autre étirement sur la longueur. Cependant, sous cet angle, ce dernier critère – la longueur – paraît dérivé du travail réalisé sur la section et non décisif de la propriété inclusionnaire, même s'il est peut être, pris sous un autre angle, fonctionnel et prédéterminé. La longueur paraît en effet d'abord conditionnée par le nombre de loupes assemblées (*cf. supra*). En deuxième lieu, elle est influencée par la qualité de l'épuration, mais, en aucun cas, elle la détermine.

Attendu qu'une petite masse brute de fer est plus facile à compacter et à épurer qu'une grosse, existe-t-il une incidence du volume de métal travaillé sur la propriété inclusionnaire ? Si pratiquement, ce principe n'est pas à remettre en question, il ne doit pas être considéré de manière systématique et encore moins comme une règle. En effet, autant des petites loupes

moyennement compactées et agglomérées peuvent rentrer dans la composition d'un type, comme le 2M, autant de grosses loupes ont vu leur épuration soignée pour former un type particulier, c'est le cas du 6C (fig. 221 et 223).

En se fondant sur les rares découvertes effectuées dans Alpes, comme dans le Haut-Languedoc pour la période romaine, on sait qu'une masse brute de fer issue de la filière directe varie entre une dizaine et une trentaine de kilogrammes (Domergue 1993, p. 247-249 ; Fluzin 2006, p. 129). Ici, la masse est prise en compte au détriment du volume puisque le fer est encore souvent peu aggloméré. Or, chacune des loupes composant les demi-produits pèse au maximum 8 kg, et plus généralement 4 à 5 kg. Deux schémas de production peuvent donc être envisagés : soit à l'origine, les masses brutes issues du bas fourneau sont petites – une dizaine de kilogrammes – et la perte en masse est consécutive à l'épuration, soit les productions sont plus volumineuses, et alors les masses brutes de fer sont débitées pour faciliter l'épuration et la mise en forme (Fluzin 2006, p. 130, 134). S'il est très probable qu'un atelier de réduction utilise des techniques sensiblement identiques, étant donné que toutes les barres des Saintes-Maries-de-la-Mer ne proviennent certainement pas du même lieu, les pratiques de production et de fabrication peuvent être multiples.

LES SOUDURES

Au même titre que le comptage et l'épuration, les soudures forment un critère de mise en forme. Elles interviennent particulièrement dans la fabrication des demi-produits constitués de feuilles ou corroyés, mais elles se retrouvent également dans ceux issus de loupes et particulièrement quand ces derniers sont multi-loupes. En effet, de multiples soudures sont réalisées lors de l'agglomération des porosités et des inclusions présentes dans la masse brute de fer et, moins fréquemment, lors du repli de partie(s) périphérique(s) de la loupe. Inhérentes à la phase d'épuration, elles sont subsidiaires, souvent peu visibles et donc peu appropriées pour renseigner le travail de mise en forme. Il en est tout autrement des soudures inter-loupes, particulièrement observées sur les types 1L et 4L.

Dans les types 1L et 4L, d'une façon générale, toutes les soudures inter-loupes sont régulières et organisées de la même sorte (fig. 168 à 174, 206 à 210 et 224). Les masses de fer sont, en effet, toujours mises en œuvre bout à bout, de manière à augmenter la longueur. Les assemblages sont donc perpendiculaires à la longueur. En revanche, ils s'étendent constamment en biais dans la tranche de la longueur. Or, durant l'Antiquité et le Moyen Âge, les soudures se font au blanc soudant par le martelage de deux surfaces de fer mises en contact et préalablement amenées par chauffage à l'état pâteux et/ou liquide. Cette « organisation spatiale » des soudures indique que le martelage a donc été préférentiellement pratiqué à partir des deux faces opposées les plus larges et les plus volumineuses. L'assemblage, ainsi plus efficace et plus aisé à conduire, semble par conséquent toujours faire partie intégrante du processus de mise en forme et d'épuration. Il a donc été envisagé dans une même phase de travail, tout à fait volontairement pour augmenter la longueur du demi-produit, comme le laissait présager le nombre récurrent de loupes par type (*cf. supra*).

L'essentiel des soudures observées est de grande qualité (fig. 168 à 174, 206 à 210 et 224). Aucune porosité ni inclusion ne se trouve sur leur tracé. Bien souvent, avant l'attaque au Nital, aux échelles micrographiques et macrographiques, elles ne sont d'ailleurs pas visibles, tant leur facture est élevée. Dans certaines barres moyennement épurées, comme celles du type 4L, il est cependant parfois possible de les repérer grossièrement dans les parties les mieux compactées et épurées, conséquence indirecte du martelage soutenu des parties assemblées.

La qualité des soudures est aussi reconnue par la variété des assemblages réalisés. Autant la ferrite que les aciers et les fers phosphoreux sont soudés, soit individuellement, soit conjointement, sans qu'aucun problème technique ne transparaisse dans les spécimens examinés.

Aucun ajout ne semble accompagner les soudures. Seul un assemblage présente une légère carburation qui paraît cependant anecdotique. La très grande majorité des soudures est plus ou moins localement décarburée. De fait, les soudures s'avèrent menées sans artifice ce qui souligne à nouveau, vu le volume des masses de fer à marteler et à chauffer, la grande habileté et la haute maîtrise technique associées à cette phase de travail.

Aussi, les demi-produits multi-loupes apparaissent, au moins dans le corpus des Saintes-Maries-de-la-Mer, comme des matières semi-finies singulières dont une de leur principale caractéristique est leur grande longueur que leur confère l'assemblage de plusieurs masses de métal. Le soin accordé aux soudures et le nombre récurrent de loupes mises en œuvre par type (*cf. supra*) témoignent certainement de l'intérêt et de l'importance de cette pratique, dont les fondements sont peut-être à chercher dans les destinations fonctionnelles de ces demi-produits. Les soudures inter-loupes ne doivent donc pas être envisagées comme un caractère négligeable, mais bien comme une spécificité décisive, prévue dès la fabrication du demi-produit, dans le dessein précis de lui attribuer une grande longueur.

2.1.3. LES GROUPES DE PROVENANCE

L'analyse par spectrométrie EDS des inclusions et micro-inclusions piégées dans le métal vise à différencier des groupes de provenance dans les loupes employées dans la fabrication des demi-produits. L'application de ce procédé n'est pertinente que dans le cas où le corpus analysé est cohérent au niveau archéologique, puisqu'il se fonde sur la mise en évidence de différences significatives dans les systèmes de production et/ou les minerais utilisés. Les épaves des Saintes-Maries-de-la-Mer (13) se prêtent donc spécialement à ce type d'étude, tant elles illustrent un instantané de la circulation maritime des demi-produits entre la Méditerranée et le Rhône au début du Haut-Empire. L'adjonction de Bagaud 2 (Hyères, 83) à ce volet analytique trouve également une grande pertinence, attendu qu'il renferme des demi-produits typologiquement et structurellement semblables, même si le transport se réfère à un contexte plus oriental, à la transition du II^e et I^{er} siècle avant notre ère.

L'analyse des micro-inclusions et inclusions par spectrométrie EDS repose uniquement sur les échantillons étudiés à l'échelle microscopique en métallographie. Par conséquent, le corpus

analytique compte désormais plus que vingt-et-un demi-produits, lesquels sont examinés à partir de trente-cinq sections polies, plusieurs sections étant pratiquées dans les grandes barres. Les sept épaves sont toujours représentées : SM2, SM6, SM9, SM10, SM24, SM25 et Bagaud 2. En ce qui concerne les types, 1M, 1L, 2M, 4C et 4L figurent plutôt en bonne place dans cette étude. En revanche, 5C et 6C sont illustrés par un spécimen chacun et 3C n'est pas pris en compte (fig. 226 à 232).

Dans un souci de rigueur scientifique, comme les types 1L et 4L sont respectivement composés de deux et quatre loupes, le raisonnement s'appuie sur les loupes constituant les demi-produits, une barre multi-loupes pouvant être fabriquée avec des matériaux de différentes provenances.

Pour faciliter la lecture, on mentionne le pourcentage massique par son abréviation « %_{mass} » et les composés chimiques par leur symbole. Enfin, pour rappel, le caractère « * » signifie que les dosages sont une moyenne pondérée d'une cinquantaine de mesures, au minimum (fig. 226 à 232).

LES CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES INCLUSIONNAIRES DES LOUPES

Considérons tout d'abord les rapports de CNR et en particulier %_{mass}Al₂O₃*/%_{mass}SiO₂* (fig. 233). La majorité de ces rapports se situe autour de 0,2. Ils ne permettent pas d'individualiser des provenances. Cependant, certaines loupes présentent des rapports sensiblement différents sous-entendant des provenances multiples, c'est le cas notamment de la loupe 4 de la barre SM24.2 (type 4L) et de l'unique loupe de SM9.6 (type 1M). Les rapports %_{mass}CaO*/%_{mass}K₂O* sont un peu plus dispersés, mais n'offrent pas non plus la possibilité de différencier nettement des groupes chimiques spécifiques (fig. 233).

En revanche, le rapport %_{mass}MgO*/%_{mass}Al₂O₃*, ainsi que les teneurs moyennes pondérées en P₂O₅ et MnO permettent d'isoler des groupes chimiques de loupes (fig. 234). Reportées sur un graphique en nuage de points, les teneurs moyennes pondérées en P₂O₅ et MnO se dispersent en effet au minimum en trois ensembles : l'un avec une composition élevée en P₂O₅, l'autre avec une part relativement importante en MnO et le dernier avec une quantité négligeable de ces deux composés. Par précaution, les teneurs basses en MnO peuvent être subdivisées en deux ensembles pour illustrer leur forte variabilité dans cette fourchette. Ces trois – ou peut-être quatre – ensembles se différencient également nettement quand chacune de ces teneurs moyennes pondérées est mise en relation avec le rapport %_{mass}MgO*/%_{mass}Al₂O₃*, toujours sur une représentation graphique en nuage de points (fig. 234). En plus, ces deux nouvelles combinaisons de graphiques, soustraient nettement un dernier ensemble déterminé par un rapport %_{mass}MgO*/%_{mass}Al₂O₃* élevé alors que tous les autres en ont un bas. En définitive, les cinq ensembles mis en évidence se retrouvent dans toutes les combinaisons de graphiques envisageables, sans qu'il n'y ait de bouleversement ni de recoupement. On peut donc parler de groupes chimiques distincts (fig. 234 et 235). On discerne ainsi :

- Le groupe de loupes aux inclusions **sans dominante** des éléments chimiques majeurs (%_{mass}MnO* < 1,5 % ; %_{mass}P₂O₅* < 2,5 % ; %_{mass}MgO*/%_{mass}Al₂O₃* < 0,2).

Ce premier groupe compose également le fond commun des autres groupes dans chacun desquels en revanche une des caractéristiques chimiques du fond commun se différencie en émergeant. Aussi, on distingue ensuite :

- Le groupe de loupes aux inclusions dont la teneur en **manganèse est moyenne** ($3\% \geq \%_{\text{mass}}\text{MnO}^* \geq 2\%$). Pour rappel, ce groupe n'est pas discriminant, il documente une forte variabilité du MnO dans ces teneurs basses.
- Le groupe de loupes aux inclusions dont la teneur en **manganèse est élevée** ($\%_{\text{mass}}\text{MnO}^* \geq 3\%$).
- Le groupe de loupes aux inclusions dont la teneur en **phosphore est élevée** ($\%_{\text{mass}}\text{P}_2\text{O}_5^* \geq 7,5\%$).
- Le groupe de loupes aux inclusions dont le **rapport magnésium-aluminium est élevé** ($\%_{\text{mass}}\text{MgO}^*/\%_{\text{mass}}\text{Al}_2\text{O}_3^* \geq 0,25$).

DES GROUPES DE LOUPES AUX DEMI-PRODUITS

Le groupe de loupes qui se différencie par le rapport magnésium-aluminium élevé témoigne très probablement d'une provenance originale. Dans le même sens, les deux groupes avec une forte teneur en phosphore et en manganèse découlent vraisemblablement de l'utilisation de minerais distincts. Le groupe sans dominante est tout aussi caractéristique à cet égard. *A contrario*, le groupe avec une teneur moyenne en manganèse n'est pas considéré comme tel. En effet, s'il est mentionné systématiquement pour documenter une différence, son existence ne peut être associée à l'utilisation d'une provenance singulière. Enfin, la forte fluctuation du rapport calcium-potassium dans toutes les loupes tendrait à montrer que les approvisionnements en charbons de bois sont très variables – espèces, charbonnages –, mais ceci reste cependant à vérifier car la gangue du minerai peut également être source de variations. Au total, c'est donc au moins quatre groupes de provenance qui peuvent être différenciés avec certitude à partir du dosage des composés majeurs constituant plus de mille-centes inclusions piégées dans le métal de vingt-et-une barres des Saintes-Maries-de-la-Mer et de Bagaud 2.

De précédentes analyses chimiques quantitatives ont été faites sur treize inclusions échantillonnées dans trois demi-produits de type 4C, un de type 2M et un dernier de type 1L des épaves des Saintes-Maries-de-la-Mer (SM2, SM9 et SM10). Elles ont été conduites par LA-ICP-MS pour quantifier les éléments traces – ou éléments mineurs, dont le pourcentage massique est inférieur à 0,01 % (Coustures *et al.* 2006, p. 254). Les résultats de ces analyses sont discutés plus avant. Ici, le propos s'attache uniquement à commenter les proportions en éléments majeurs qui ont été dosées dans le même temps sans pour autant être utilisées dans l'étude *princeps* (fig. 236). Ces mesures ne peuvent en aucun cas être manipulées avec les nôtres, notamment à cause de la différence des techniques employées et du peu d'inclusions considérées. Par contre, avec toutes les précautions qui s'imposent, il est possible d'observer comment se comportent les composés chimiques majeurs en suivant la même trame d'observation que la nôtre. Au sujet des rapports $\%_{\text{mass}}\text{Al}_2\text{O}_3/\%_{\text{mass}}\text{SiO}_2$, et $\%_{\text{mass}}\text{CaO}/\%_{\text{mass}}\text{K}_2\text{O}$, il ressort de faibles variabilités qu'il est difficile de relier à des ensembles distincts de provenance. Quant au phosphore, il est toujours présent en

quantité négligeable. En revanche, les teneurs en MnO et les rapports $\%_{\text{mass}}\text{MgO}/\%_{\text{mass}}\text{Al}_2\text{O}_3$ distinguent des groupes identiques aux nôtres : le groupe sans dominante (SM10-98-8,1L ; SM2-61, 4C ; SM9-99-248, 2M), le groupe au rapport magnésium-aluminium élevé (SM9-55, 4C) et le groupe au manganèse élevé (SM9-98-50-82, type 4C). De plus, mentionnons que notre groupe sans dominante renferme tous les échantillons que M.-P. Coustures avait rapprochés d'une origine commune à la seule vue des éléments traces – les Martys (11) (fig. 236). Par conséquent, toutes ces correspondances entre les observations de M.-P. Coustures et les nôtres renforcent et vérifient la validité de nos premières conclusions et permettent déjà d'entrevoir les relations qu'il existe entre les groupes chimiques des composés majeurs et des mineurs.

Si d'un point de vue méthodologique, il faut raisonner en termes de loupe, les interprétations de ces résultats deviennent parlantes lorsqu'on les ramène aux types et aux épaves desquels ils proviennent. Ainsi, premièrement, les groupes de loupes ne sont pas associés à des types morphologiques particuliers (fig. 237 et 238). Seules les loupes phosphoreuses sont uniquement utilisées dans le type 4L, mais inversement, ce type n'est pas exclusivement constitué de ce groupe de loupes. L'association entre groupe de loupes et type n'est donc pas probante. Deuxièmement et dans le même sens, une même barre multi-loupes, spécialement du type 4L, n'est pas systématiquement constituée de loupes avec des caractéristiques chimiques semblables (fig. 237). Un des deux échantillons de ce type – SM24.2 – est en effet fabriqué à partir d'au moins trois groupes de loupes reflétant des provenances diversifiées. Troisièmement, les navires échoués ne transportaient pas des chargements originaires d'une même source (fig. 238). Chaque bateau pouvait donc véhiculer des types différents fabriqués à partir de loupes issues de provenances distinctes.

En conséquence, d'une part, la morphologie du demi-produit n'est pas déterminée par la provenance du matériau initial, la loupe. D'autre part, la fabrication des demi-produits ne semble pas être effectuée sur le lieu de réduction, mais dans un ou des ateliers indépendants regroupant des loupes d'au moins quatre provenances différentes.

2.1.4. UNE TYPO-MORPHOLOGIE CONCORDANT AVEC UNE TYPO-MÉTALLOGRAPHIE

Selon notre typo-métallographie dans laquelle les demi-produits sont classés par famille et, ensuite, hiérarchisés par valeur ajoutée, les spécimens des Saintes-Maries-de-la-Mer, de Bagaud 2 et, dans une moindre mesure, de Bonifacio et de Saint-Gervais I – données bibliographiques (Zwicker 1967 ; Monguilan 1987) – peuvent être ordonnés de la façon suivante :

Dans la famille des demi-produits **ferritiques**, trois types coexistent : 2M, 3C et 6C (fig. 219 et 225). Tous n'ont pas la même valeur, même s'ils sont tous formés d'une unique loupe. Le type 6C possède une haute valeur ajoutée en raison de sa propreté inclusionnaire très élevée. Vient ensuite le type 2M et, enfin, le type 3C avec une propreté inclusionnaire respectivement moyenne et basse. Tous sont préférentiellement utilisés dans des objets ou des parties d'objets

qui sollicitent une flexibilité et/ou une malléabilité. Le type 6C semble davantage consacré aux éléments fins, tandis que les types 2M et 3C, plus frustes, apparaissent comme des sortes de tout venant ferritiques.

La famille des demi-produits **hétérogènes** est uniquement représentée par le type 5C (fig. 219 et 225). Vu sa faible propreté inclusionnaire et sa composition variée, il possède une valeur ajoutée basse et aucun domaine de destination fonctionnelle de prédilection.

La famille des demi-produits **aciérés composites** comporte trois types : 1M, 1L et 4C (fig. 219 et 225). Le type 4C possède une valeur ajoutée moyenne, tandis qu'en ce qui concerne les deux autres, elle est très haute. En effet, le type 1M renferme une propreté inclusionnaire très élevée et le type 1L, dont la propreté inclusionnaire est du reste élevée, est fabriqué à partir de l'assemblage de deux loupes qui lui confèrent une grande longueur – environ 1,1 m. Il constitue donc un cas très particulier : il paraît conçu pour servir dans des éléments particulièrement longs et soumis à de fortes contraintes mécaniques, par exemple les essieux de charrettes. Les deux autres types de demi-produits aciérés composites sont vraisemblablement privilégiés dans le façonnage de tout ou partie de pièces qui réclament de la rigidité et de la résistance. Cependant, aucun d'entre eux ne paraît prédestiné à des ustensiles très « techniques », nécessitant l'emploi d'une masse uniquement aciérée, même s'ils peuvent y participer. On peut envisager que le type 4C forme une sorte de demi-produit aciéré de base, comme le type 2M pour la famille ferritique. Le type 1M s'avère quant à lui probablement réservé à des pièces moins grossières.

Dans le corpus des Saintes-Maries-de-Mer, la famille des demi-produits **aciérés** n'est pas matérialisée par un type en particulier, même si ponctuellement quelques individus associés aux types aciérés composites se rapprochent de cette famille.

Dans la famille des demi-produits **phosphoreux**, un seul type est présent : 4L (fig. 219 et 225). S'il est moyennement compacté et épuré, étant donné qu'il est construit autour de l'assemblage de quatre loupes, sa valeur ajoutée est élevée. Plus difficile à forger et surtout très long et très massif, ce type semble être réservé aux éléments métalliques volumineux de très gros œuvre, comme les barres employées dans les constructions. Pour confirmer la valeur accordée à la longueur et à la grosseur de ce type, il suffit de se rapporter aux emplacements récurrents des estampilles, toujours situées dans les deux extrémités comme pour affirmer l'importance de la longueur tout en la sécurisant.

La validité de toutes les correspondances établies entre la typologie des Saintes-Maries-de-la-Mer et notre typo-métallographie est d'autant plus forte que ces équivalences s'entendent à l'échelle de la Méditerranée nord-occidentale, de Bonifacio aux Saintes-Maries-de-la-Mer, qui plus est, dans une grande fourchette chronologique, au minimum, de la fin du II^e siècle avant notre ère à la fin du I^{er} siècle de notre ère, et cela, quelles que soient les quatre provenances mises en évidence.

2.2. LES DEMI-PRODUITS EN CONTEXTE D'UTILISATION OU DE FABRICATION

Dix demi-produits en contexte d'utilisation et de fabrication ont été étudiés en métallographie. Ils proviennent de cinq forges fonctionnant dans des sites du Haut-Empire et de l'Antiquité tardive : *Ambrussum* (Villetelle, 34) au I^{er} siècle, l'Auribelle-Basse (Pézenas, 34) au début du II^e siècle, Lunel-Viel (34) au milieu du II^e siècle, la Madeleine II (Clermont-l'Hérault, 34) au IV^e-V^e siècle et le Roc de Pampelune (Argeliers, 34) au VI^e siècle (*cf. supra*, partie II, chapitre 1 § 1.2, § 2, § 3 et chapitre 2 § 2, § 3.2). Ces demi-produits ne se rattachent à aucune typologie établie sauf peut-être un spécimen de Lunel-Viel (échantillon 2045.8) (fig. 61) qui présente des correspondances morphologiques avec le type 2M de la typologie des Saintes-Maries-de-la-Mer. Par ailleurs, trois demi-produits sur les quatre du Roc de Pampelune (échantillons 2194.1, 2505. et 2535.1) (fig. 108, 114, 117 et 118) présentent un gabarit commun discuté dans l'étude du site. Enfin, mentionnons dès à présent que les analyses chimiques micro-inclusionnaires ne concernent que les quatre demi-produits de ce dernier site – ce choix est motivé au moment de l'étude.

2.2.1. DES FRAGMENTS DE LOUPE ET DES MASSES CORROYÉES

Une majorité de demi-produit provient directement de loupes ou, plutôt, de fragments de loupe (fig. 239 et 240). C'est le cas, en particulier, de trois morceaux de loupe en cours de façonnage (échantillons 1176.1, 3291.2 et 9799.1) (fig. 70, 113 et 152), mais aussi de quatre autres demi-produits mis en forme (échantillons 2045.8, 2505.1, 2535.1 et 2194.1) (fig. 61, 108, 117 et 118). Représentant au maximum 100 cm³, il est en effet impossible que ces pièces correspondent à la totalité d'une masse brute ferreuse sortie du bas fourneau. Les trois autres demi-produits sont composés d'un assemblage de feuilles dont le nombre varie, au minimum, de quatre à sept. Les épaisseurs des feuilles fluctuent jusqu'au centimètre (échantillon 1230.1) (fig. 141), mais elles se situent plus généralement autour de 1,5 mm (échantillons 2045.14 et 9797.2) (fig. 62 et 84).

D'un point de vue chronologique, tous les spécimens corroyés appartiennent au Haut-Empire, tandis que la majorité des spécimens en cours de façonnage et des exemplaires mis en forme à partir de fragments de loupe appartient à l'Antiquité tardive (fig. 239 et 240).

Une grande homogénéité des structures caractérise les demi-produits issus des contextes de forge, notamment par rapport aux barres rattachées à la typologie des Saintes-Maries-de-la-Mer. Il est évident que la petitesse des spécimens favorise cette caractéristique, mais elle ne serait être la seule explication. Même les fragments de loupe en cours de façonnage présentent une cohérence structurelle (échantillons 3291.2 et 1176.1, excepté 9799.1) (fig. 239 et 240). Aciérés jusqu'à l'eutectoïde, ils sont uniquement décarburés en périphérie, soit jusqu'à la ferrite, soit jusqu'à 0,3 % C. Dans les demi-produits mis en forme, le constat est tout aussi flagrant. Les

zones aciérées couvrent jusqu'à 98 % de la surface en étant, soit à 0,7-0,8 % de C, soit autour de 0,4 % de C (respectivement, échantillons 2535.1 et 1230.1) (fig. 118 et 141). Seuls le contour ou les soudures sont très localement décarburés jusqu'à la ferrite. À l'opposé, des demi-produits totalement ferritiques confirment également cette homogénéité des alliages employés (échantillons 2045.8 et 2045.14) (fig. 61 et 62). Il n'en demeure pas moins quelques demi-produits où se côtoient des zones ferritiques et aciérées avec une tendance plus marquée vers l'une ou l'autre de ces compositions (échantillons plutôt ferritiques : 9797.2 et 9799.1 ; échantillons plutôt aciérés : 2194.1 et 2505.1).

Les demi-produits ferritiques et à tendance ferritique sont autant issus de fragments de loupe que de masses corroyées (fig. 239). Leurs zones aciérées sont généralement peu carburées – inférieures à 0,4 % de C –, mais peuvent plus localement atteindre l'eutectoïde. Tous proviennent du Haut-Empire. En revanche, un seul spécimen antique est aciéré. Son taux de carbone est relativement bas pour l'occasion, autour de 0,4 % (échantillon 1230.1) (fig. 141). À l'inverse, tous les autres demi-produits aciérés ou majoritairement aciérés sont datés de l'Antiquité tardive et possèdent 35-40 % et, parfois, jusqu'à 90 % de zones eutectoïdes – 0,8 % de C (fig. 240). Donc, hormis des cas exceptionnels, plus le demi-produit possède une proportion en acier élevée, plus son taux de carbone est élevé. Ensuite, la très grande majorité des demi-produits aciérés est issue de loupe. Enfin, les demi-produits antiques sont plutôt ferritiques, tandis que ceux alto-médiévaux sont plutôt aciérés.

Il ne semble pas exister de demi-produits phosphoreux dans le lot – mentionnons que quatre exemplaires sur dix ont été analysés en vue de détecter cette composition.

2.2.2. UN FAÇONNAGE SOIGNÉ

Il existe une grande amplitude des propriétés inclusionnaires dans le corpus de demi-produits utilisés en contexte de forge. Cela est dû à la présence de deux fragments de loupe tardo-antiques en cours de façonnage, lesquels possèdent une très basse propriété inclusionnaire (échantillons 1176.1 et 3291.2) (fig. 113, 152 et 240). Notons que le dernier spécimen de ce genre, celui antique, est beaucoup mieux compacté et épuré (échantillon 9799.1) (fig. 70).

Tous les demi-produits déjà mis en forme présentent une plus grande homogénéité au niveau du taux d'épuration et de compactage qui oscille entre moyen et très élevé. Foncièrement, il n'existe pas de correspondance entre la propriété inclusionnaire et l'alliage. Les aciers comme la ferrite peuvent être très correctement épurés et compactés, et vice-versa. De la même manière, sauf pour le plus volumineux des demi-produits (échantillon 2045.8) (fig. 61), il n'y a pas de relation entre la taille et la propriété inclusionnaire. Par contre, si le demi-produit est corroyé, il a plus de chances de détenir une propriété inclusionnaire très élevée, puisqu'il est obligatoirement davantage martelé.

Au sujet des soudures, sauf cas exceptionnel, toutes présentent une grande qualité de fabrication. La majorité d'entre-elles est parallèle aux faces principales. Cette « organisation

spatiale » traduit des assemblages par empilage, très communs dans les pratiques de forgeage. Il n'existe pas de récurrence quant à la situation de l'éventuelle feuille aciérée, dans le cœur ou en bordure de la pièce (respectivement, échantillons 9797.2 et 2045.14) (fig. 62 et 84). Un demi-produit déroge totalement à cette composition (échantillon 1230.1) (fig. 141). Ici, les soudures sont disposées en oblique par rapport aux faces. Le modelage n'a donc pas consisté à suivre la mise en forme directement donnée par l'assemblage des feuilles. Le façonnage final a été préférentiellement conduit sur les extrémités opposées des deux faces principales. Ce procédé pourrait être lié à une pratique visant à parachever l'épuration et/ou à renforcer l'assemblage des feuilles. Pour l'instant, elle est sans équivalent. Enfin, un exemplaire corroyé montre l'utilisation de la technique du jet de sable pour réaliser les soudures (échantillon 2045.14) (fig. 62).

Mis à part les loupes en cours de façonnage, tous les demi-produits aciérés et à tendance aciérée présentent des pourtours, soit très localement décarburés, soit autant carburés qu'à l'intérieur. Les cas des échantillons 1230.1 (fig. 141) et, moins remarquablement, de 2535.1 (fig. 118) sont particulièrement démonstratifs. Or, il est notoire que sans disposition particulière, un foyer de forge génère spontanément une atmosphère oxydante. Par conséquent, il semble exister un véritable désir de préserver les zones carburées dans les demi-produits aciérés lors de leur forgeage. Cette pratique paraît d'autant plus maîtrisée et appliquée quand on apprécie la quantité des opérations à effectuer pour épurer et compacter les fragments de loupe en cours de façonnage (échantillons 1176.1 et 3291.2) (fig. 113 et 152) afin de leur donner l'aspect de demi-produits « finis » (échantillon 2535.1). L'homogénéité structurale des demi-produits aciérés est donc à imputer à une véritable volonté prise en compte tout au long de la fabrication du demi-produit. Cette pratique peut probablement être étendue aux demi-produits ferritiques, même si elle est moins visible.

2.2.3. LES DEMI-PRODUITS DU ROC DE PAMPELUNE : LEUR FILIATION, LEUR PROVENANCE

Comme ceci a déjà été souligné, l'analyse par spectrométrie EDS des inclusions et micro-inclusions piégées dans le métal vise à différencier des groupes de provenance dans les loupes employées dans la fabrication des demi-produits à partir d'un corpus archéologique cohérent. Tous les demi-produits en contexte d'utilisation ou de fabrication ne peuvent donc pas être traités ensemble. Seuls ceux du Roc de Pampelune s'y prêtent particulièrement parce qu'ils sont relativement nombreux dans cette agglomération du VI^e siècle dotée d'au moins cinq forges (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 3). De surcroît, plusieurs éléments permettent d'envisager que les demi-produits sont fabriqués dans un des ateliers de la place à partir de loupe importée. La question de la provenance est donc particulièrement vivace pour déterminer l'éventuelle filiation entre les demi-produits et l'éventail du réseau dans lequel les forgerons se fournissent. Le Roc de Pampelune a été aussi choisi dans un dessein précis, celui d'avoir une vue sur les échanges durant

l'Antiquité tardive après avoir considéré ceux antiques à travers les épaves des Saintes-Maries-de-la-Mer et de Bagaud 2.

Les quatre demi-produits échantillonnés sont chacun composés d'un unique fragment de loupe suffisamment petit pour qu'il soit totalement analysé à l'échelle microscopique en métallographie. L'étude par spectrométrie EDS se fonde par conséquent sur les sections métallographiques polies. Au niveau de l'échantillonnage, il n'y a donc pas de différence entre les volets métallographique et chimique (fig. 240 et 241).

Rappelons que pour faciliter la lecture, on mentionne le pourcentage massique par son abréviation « %_{mass} », les composés chimiques par leur symbole et la teneur moyenne pondérée d'une cinquantaine de mesures par le caractère « * » (fig. 241).

Les quatre demi-produits du Roc de Pampelune présentent des teneurs moyennes pondérées en P₂O₅ et MnO toujours très basses, généralement inférieures à 1 % et, au plus, inférieures à 2 % (fig. 242). Ces composés ne permettent donc pas de distinguer des provenances différentes. En revanche, une telle homogénéité n'est plus appréciable dans les rapports %_{mass}Al₂O₃*/%_{mass}SiO₂* et %_{mass}CaO*/%_{mass}K₂O* (fig. 242). Ceux-ci regroupent clairement les échantillons 1176.1 et 2505.1 et isolent l'échantillon 2194.1. L'échantillon 2535.1 tend, lui aussi, à se différencier du lot, mais il trouve certaines correspondances avec le couple 1176.1/2505.1 notamment dans le rapport %_{mass}CaO*/%_{mass}K₂O*. Le rapport %_{mass}MgO*/%_{mass}Al₂O₃* accentue ces premières observations en soulignant l'homogénéité chimique de 1176.1/2505.1 et la différence de 2194.1 et de 2535.1. Par conséquent, les demi-produits 1176.1 et 2505.1 peuvent très vraisemblablement être associés à une provenance commune (fig. 242). Au sujet de 2535.1, pour l'instant, il est difficile de se prononcer. Il peut autant représenter une provenance distincte ou une variabilité de la première source représentée par 1176.1 et 2505.1. En revanche, l'échantillon 2194.1 se réfère franchement à une provenance différente.

En définitive, il est trop tôt pour créer des groupes de provenance, le corpus n'étant pas assez fourni, mais il est possible d'affirmer qu'il y a probablement une filiation chimique entre deux demi-produits issus d'une même provenance (échantillons 1176.1 et 2505.1) et qu'il existe au moins une autre source illustrée par l'échantillon 2194.1. Enfin, comme il y a une filiation dans le matériau employé entre la loupe en cours de comptage et deux demi-produits retrouvés intacts sur le site, l'idée d'une production sur le Roc de Pampelune de demi-produits à partir de loupe importée est encore renforcée.

Tous les minerais employés ne se discriminent pas par leur nature phosphoreuse ou manganésifère. Au contraire, ils se distinguent par le fait qu'ils sont vierges de ces deux éléments. Quant au rapport magnésium-aluminium, il ne témoigne également pas de provenances divergentes, sans pourtant garantir foncièrement une origine commune. La distinction de deux groupes se fait sur les rapports aluminium-silicium et calcium-potassium qui traduisent le fonctionnement d'au moins deux systèmes de réduction différents. Pour rappel, un système de réduction est défini par un minerai, un bas fourneau, des charbons de bois, des ajouts et la conduite de la réduction. En clair, dans les quatre demi-produits du Roc de Pampelune, il n'est pas possible d'envisager l'utilisation de grandes familles de minerais différentes – minerai

phosphoreux, minéral manganésifère... –, mais on peut isoler au moins deux systèmes de réduction qui utiliseraient peut-être un minéral dont la composition est proche.

2.2.4. UNE TYPO-MÉTALLOGRAPHIE POUR RÉVÉLER DES CORRESPONDANCES ET DES ANTAGONISMES

Selon notre typo-métallographie dans laquelle les demi-produits sont classés par famille et, ensuite, hiérarchisés par valeur ajoutée, les spécimens découverts en contexte d'utilisation et de fabrication peuvent être ordonnés de la façon suivante.

Dans la famille des demi-produits **ferritiques**, deux demi-produits coexistent (fig. 243). Ils proviennent du même site, comprennent pratiquement aucune zone aciérée, mais sont distincts tant au niveau morphologique que structurel. L'un – 2045.14 – petit et corroyé, possède une qualité inclusionnaire très élevée. Il a donc une valeur ajoutée élevée. L'autre – 2045.8 –, en forme de barre massive, dispose d'une valeur ajoutée moyenne car il est formé d'un fragment de loupe approximativement compactée. Mentionnons que ce demi-produit, dont la morphologie pouvait déjà être rapprochée du type 2M de la typologie des Saintes-Maries-de-la-Mer, peut également l'être en tous points au niveau structurel. Notons aussi que la correspondance chronologique est également valide puisqu'il provient de Lunel-Viel, au milieu du II^e siècle.

La famille des demi-produits **hétérogènes** est représentée par deux demi-produits très différents issus de deux phases du site *Ambrussum*. 9797.2 est un morceau de loupe essentiellement ferritique, dont le compactage est déjà très avancé, mais pas encore terminé, notamment dans une zone eutectoïde qui couvre 15 % de la section (fig. 243). Il présente donc une valeur ajoutée basse. 9797.2 détient une valeur ajoutée très élevée étant donné sa qualité inclusionnaire et sa composition corroyée qui mêle des feuilles ferritiques à une aciérée à 0,4 % de C en plein milieu de l'assemblage.

La famille des demi-produits **aciérés composites** comporte deux spécimens très proches et provenant du même site, là encore (fig. 244). Dans l'étude du Roc de Pampelune, leur morphologie semblable a déjà été commentée (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 3). Elle a permis d'envisager l'existence d'un gabarit commun (fig. 114). Aussi, même si les fragments de loupe mis en œuvre ont des propriétés inclusionnaires variables et une proportion d'acier comprise entre 50 à 70 % à environ 0,44 % de C, l'ensemble des observations archéologiques et métallographiques pousse à considérer 2505.1 et 2194.1 sous un même angle, celui de demi-produits aciérés composites avec une valeur ajoutée moyenne à élevée et possédant un gabarit sensiblement commun – 47 x 28 x 13 mm (* / 8 mm). Leurs caractéristiques chimiques inclusionnaires les rangent dans deux provenances différentes. Ceci renforce l'idée que la morphologie des demi-produits ne dépend pas de l'origine du matériau, mais de l'atelier les fabriquant, voire de la norme à laquelle ils répondent, comme dans le cas des demi-produits des Saintes-Maries-de-la-Mer.

La famille des demi-produits **aciérés** comprend quatre demi-produits distincts (fig. 243 et 244). Deux d'entre eux peuvent être regroupés : 1176.1 du Roc de Pampelune et 3291.2 de La

Madeline II. D'ailleurs, il y a ici une certaine cohérence chronologique entre ces deux fragments de loupe tardo-antiques morphologiquement semblables, dont l'opération d'épuration et de compactage est tellement peu avancée que leur valeur ajoutée est véritablement très basse. Les deux autres demi-produits proposent des valeurs ajoutées très élevées par la qualité de leur compactage et de leur épuration. Rattachés à des époques propres, ils diffèrent nettement sur deux points cruciaux : 1230.1 (Auribelle-Basse) renferme 98 % d'acier à environ 0,41 % de C, tandis que 2535.1 (Roc de Pampelune) est directement issu d'une loupe et possède 98 % d'acier à environ 0,75 % de C. Il existe une filiation au niveau des caractéristiques chimiques inclusionnaires entre la loupe en cours de façonnage du Roc de Pampelune (1176.1) et l'un des demi-produits aciérés composites (2505.1) du même site. Cet aspect renforce l'hypothèse d'une fabrication de demi-produit dans cette occupation.

Dans le corpus de demi-produits en contexte d'utilisation ou de fabrication, la famille des demi-produits **phosphoreux** n'est pas matérialisée.

3. RÉSEAUX DE PRODUCTION ET STANDARDS DE COMMERCIALISATION DES DEMI-PRODUITS EN MÉDITERRANÉE

3.1. LA FABRICATION

3.1.1. DURANT LE HAUT-EMPIRE

DES PROVENANCES DIVERSIFIÉES ENTRE LE HAUT-LANGUEDOC ET LES PYRÉNÉES

En 2006, un article était publié sur les barres des Saintes-Maries-de-la-Mer notamment sur la question de l'origine du métal à travers les éléments chimiques en trace : les mineurs dont le pourcentage massique est inférieur à 0,01 % (Coustures *et al.* 2006). À partir de l'analyse partielle de cinq demi-produits et d'un total de treize mesures réalisées par ablation laser combinée à une torche plasma avec un couplage inductif et un spectromètre de masse (LA-ICP-MS), il a été démontré que le métal d'au moins deux de ces demi-produits était originaire d'un centre sidérurgique de la Montagne Noire, le Domaine des Forges (Les Martyrs, 11), dont la production est estimée entre 10 et 27 t de fer par semaine (Decombeix *et al.* 1998) – un type 4C (SM2-61) et un type 1L (SM10-98-8). Cette hypothèse était envisagée depuis quelques années sur la base des données archéologiques et épigraphiques (Long *et al.* 2002c, p. 186-187). Elle a donc été vérifiée, même si la méthodologie employée reste sujette à caution. En polarisant l'origine sur un centre sidérurgique, cette enquête a aussi le défaut de masquer la diversité des provenances, puisque au moins quatre autres centres sidérurgiques fonctionnent simultanément dans la Montagne Noire à proximité du Domaine des Forges – Laprade-Basse (11), Co d'Espérou (Saint-Denis, 11), Carreleit (Fontier, 11) et Camp Naout (Saint-Denis, 11). (*cf. supra*, partie I, chapitre 1, § 3.1 et § annexes) (Sablayrolles 1989b, p. 74-76 et 79-82 ; Domergue 1993 ; Decombeix *et al.* 1998 ; Decombeix *et al.* 2000 ; Domergue 2001, p. dossier VI 6B ; Marty, Maraval 2003).

De surcroît, durant le Haut-Empire, la production de tous les métaux connaît une formidable augmentation dans toute la Gaule (Domergue *et al.* 2006, p. 152-153). Pour le fer, sur le pourtour méditerranéen, ce processus est constaté dans la Montagne Noire (11), mais également dans des zones attenantes, comme les Hautes-Corbières (11) et le Canigou (66) (Rancoule, Solier 1977 ; Barrouillet *et al.* 1989, p. 23, 29 ; Cambon 1989, p. 31-32 ; Pauc, Pauc 1998 ; Izard, Mut 2007 ; Mut, Kotarba 2007). Un peu plus loin, en Espagne, dans la *Sierra Menera* (Teruel-Guadalajara), d'autres lieux de réduction semblent coexister, sans que l'on saisisse encore pleinement leur importance (Rico 2005, p. 223-224 ; Polo Cutando, Villagordo Ros 2007). Il faut

donc coupler à la multiplicité des lieux de productions au sein d'un même gisement, le fait que d'autres micro-régions soient susceptibles d'avoir fourni du fer dans un périmètre plutôt limité, entre le Haut-Languedoc et les Pyrénées. Dans ces conditions, si une partie du métal constituant les demi-produits des Saintes-Maries-de-la-Mer provient du Domaine des Forges (Les Martyrs, 11), il est très vraisemblable que l'ensemble des centres sidérurgiques de la Montagne Noire (11) a également contribué à fournir du fer et, plus encore, que tout ou partie des autres micro-régions sidérurgiques attenantes alimentent également la fabrication des barres. Toutes les analyses chimiques micro-inclusionnaires des demi-produits des Saintes-Maries-de-la-Mer soulignent d'ailleurs une telle diversité des provenances.

À l'autre bout de cette chaîne de fabrication et d'exportation, il est très probable que Narbonne soit le principal lieu de transit des demi-produits alors mis en forme. La ville est en effet considérée par Strabon comme le premier *emporion* de la Gaule (IV, 3, 2). De plus, à l'extrémité orientale de l'estuaire narbonnais, dans le complexe lagunaire de Gruissan, des demi-produits affiliés à la typologie des Saintes-Maries-de-la-Mer ont été découverts et toutes les mentions de gentilice relevées sur les estampilles apposées sur les barres de Camargue se retrouvent concentrées dans cette même région (Solier 1981 ; Long *et al.* 2002c, p. 183-187). Aussi, le problème actuel réside dans la restitution de l'organisation de la fabrication et la distribution des demi-produits entre ces multiples lieux de réduction et une des principales villes de distribution, Narbonne.

EN AVAL, DES MANUFACTURES DE DEMI-PRODUITS

Quand on pense la sidérurgie antique et médiévale, les fabriques de demi-produits sont fréquemment amalgamées aux lieux de réduction. Cette évidence, inconsciemment édifiée à partir de la vision de la sidérurgie contemporaine, doit être battue en brèche, bien que la plupart des réductions soient directement suivies d'une phase d'épuration primaire ou préliminaire. Cela est attesté dans les grands centres sidérurgiques comme dans des lieux de réduction plus modestes, par exemple au Gravas (Saint-Mamert-du-Gard, 30) ou aux Espérelles (Martigues, 13), sans pour autant que la volonté de mettre en forme des demi-produits soit manifeste (*cf. supra*, partie I, chapitre 2) (Rebiscoul 2003, p. 138 ; Fabre 2004b). Cette opération affiche plus le désir de bénéficier de l'inertie thermique de la loupe pour faciliter l'épuration et le compactage grossiers du métal, en quelque sorte pour parfaire et finaliser la réduction. Les dosages de plus de mille cents micro-inclusions de vingt-et-un demi-produits provenant de six des onze épaves des Saintes-Maries-de-la-Mer et de Bagaud 2 viennent plus objectivement conforter ce point de vue. Plus encore, ils renseignent directement le réseau de fabrication et de distribution dans lequel s'insèrent ces fabriques.

Les dosages des micro-inclusions des demi-produits des Saintes-Maries-de-la-Mer et de Bagaud 2 permettent de distinguer au moins quatre groupes d'éléments chimiques majeurs représentant autant de provenances différentes (fig. 234, 238). Trois d'entre eux rentrent dans la composition de trois types de barres, au minimum. Plus globalement, on s'aperçoit qu'aucun type ne dépend d'un unique lieu d'approvisionnement, bien que certaines sources apparaissent

privilegiées dans la composition de familles ou de types : les loupes, dont le rapport aluminium-magnésium est élevé, se retrouvent uniquement dans la famille des types aciérés et celles avec une teneur en phosphore élevée renvoient exclusivement au type 4L. Il semble donc peu probable que les ateliers de fabrication soient appariés à ceux de la réduction. Peu probable d'abord, à cause de la sectorisation inhérente à la chaîne opératoire de la sidérurgie directe, laquelle est d'autant plus évidente que les moyens de production sont concentrés, comme dans de nombreux autres domaines durant tout le Haut-Empire – amphores, céramiques sigillées, vins... –, ce qui nécessite une division des tâches manufacturières (Morel 1992, p. 282). Peu probable ensuite, à cause de la spécialisation des différents travaux métallurgiques. Cette spécialisation est notamment visible dans l'application de standards qui encadrent la fabrication des demi-produits – les formes déterminent des qualités de métal particulières (*cf. infra*). Elle est également perceptible dans la qualité technique des opérations effectuées et particulièrement dans la facture exceptionnelle de toutes les soudures réalisées entre les loupes des types multi-loupes – 1L et 4L – et dans l'épuration et le compactage remarquables de certains types – 1M, 1L et 6C. Peu probable enfin, à cause du résultat de l'analyse chimique d'un des demi-produits de type 4L – échantillon SM24.2 –, dont la fabrication a consisté à assembler cinq loupes d'au moins trois provenances différentes (fig. 237). Dans les demi-produits mono-loupes, de telles associations sont par essence indécélables. Cependant, le fait qu'aucun type de barre ne soit façonné dans une unique source, pourrait être assimilé de la même sorte.

Cette distinction entre les fabriques de demi-produits et les lieux de réduction en amont de la chaîne opératoire a été réalisée uniquement autour de conceptions ayant trait aux phases de travail. En d'autres termes, cette différenciation porte sur la sectorisation prononcée des phases de la chaîne opératoire et, dans une moindre mesure, sur la séparation géographique des espaces de travail. En effet, si de nombreux ateliers de réduction traitant le minerai sont localisés, aucun élément ne permet de connaître actuellement l'emplacement de ces manufactures de barres et surtout les relations géographiques qu'elles entretiennent avec les entreprises de production primaire et/ou les lieux de redistribution. Ces ateliers peuvent aussi bien être installés près des centres d'exploitation du minerai qu'à côté d'agglomérations secondaires ou de villes comme Narbonne. Rien n'indique également qu'ils soient regroupés ou dispersés ; les situations peuvent être diverses, mais le fait que la fabrication consiste à travailler et à assembler des loupes produites dans des lieux différents tendrait néanmoins à prouver qu'au moins quelques-unes de ces fabriques sont éloignées des centres de traitement du minerai. La spécialisation et le volume des travaux menés dans ces ateliers encouragent à les nommer manufactures ou fabriques.

Les fréquentes découvertes de demi-produits corroyés faites dans les ateliers de forgeron installés dans les différents établissements antiques – spécialement à *Ambrussum* et Lunel-Viel – laissent également envisager l'exercice d'autres ateliers intermédiaires où les demi-produits dérivés des loupes sont recomposés en demi-produits corroyés de manière à ce qu'ils soient plus adaptés aux travaux métallurgiques des habitats groupés ou dispersés. Plus petits, mieux épurés et davantage ajustés à la destination finale, ils nécessitent ainsi une préparation limitée lors du façonnage de tel ou tel objet. Un exemple de ce type de manufacture de demi-produit pourrait avoir été mis en évidence à l'Auribelle-Basse (Pézenas, 34 ; *cf. supra*, partie II, chapitre 2, § 2). Si ce

cas conforte notre lecture, il montre aussi la multiplicité des variétés qualitatives de ce type de fabrique qui jalonne tout du long la distribution du demi-produit.

Sans revisiter en détail les problèmes, notamment onomastiques, que posent les estampilles observées sur les demi-produits des Saintes-Maries-de-la-Mer, il est cependant nécessaire de revenir sur la signification générale de ces marques et, par conséquent, sur le moment où elles ont été apposées (Long *et al.* 2002c, p. 179-182 ; Djaoui 2003 ; Coustures *et al.* 2006, p. 249-252 ; Djaoui, Long 2007). Leur réalisation a été nécessairement faite à chaud, les alliages ferreux, quels qu'ils soient, étant trop durs et pas assez ductiles pour imprimer profondément, par martelage à froid, un cartouche dont la surface est importante – entre 1 et 2 cm² –, qui plus est, avec une inscription délicate. S'il est vrai que toute masse métallique peut être chauffée à volonté et, de ce fait, estampillée à tout moment, il est communément admis, notamment à partir de travaux effectués sur les céramiques fines et les amphores, que les timbres composés d'un nom en capitales renvoient, en tant que marque de fabrique, au responsable des objets concernés (Bémont 1991). Suivant cette assertion, les estampilles des demi-produits des Saintes-Maries-de-la-Mer ont toujours été attribuées aux ateliers de réduction du minerai. Or, aujourd'hui, la fabrication des demi-produits semble visiblement détachée de la phase de traitement du minerai. Il est donc très probable que les estampilles se réfèrent à ces fabriques de demi-produits peut-être parfois regroupées en communauté de forgerons, comme semblent le suggérer l'étude épigraphique et l'agencement des cartouches (Djaoui, Long 2007). Pour renforcer cette hypothèse notons que toutes les estampilles du type 1L se situent au milieu des barres et que l'analyse métallographique de deux d'entre elles – SM10.1 et SM10.2 (fig. 172 et 173) – a permis de constater que les cartouches se trouvent précisément au niveau de la soudure médiane assemblant systématiquement les deux loupes de ce type.

3.1.2. DURANT L'ANTIQUITÉ TARDIVE

LA MICRO-RÉGIONALISATION DES PRODUCTIONS

Le débat concernant l'Antiquité tardive est moins riche parce que la documentation est plus lacunaire. L'état dressé de la question dans la partie I à partir d'un inventaire précis des lieux de réduction et de deux fouilles inédites (les Espérelles, Martigues, 13 ; le Gravas, Saint-Mamert-du-Gard, 30) permet cependant aujourd'hui d'avoir une vue plus claire sur la production de fer en Narbonnaise dans l'Antiquité tardive. Durant cette période, l'exploitation n'est plus fondée sur des moyens de production concentrés – centres sidérurgiques – cantonnés à des zones circonscrites principalement entre le Haut-Languedoc et les Pyrénées. À l'inverse, on assiste à une formidable multiplication d'initiatives métallurgiques qui gagnent toute la Narbonnaise. Elles n'ont pas la même ampleur. Elles sont plus modestes, sous la forme de districts sidérurgiques, des ensembles de simples ateliers de réduction dispersés dans l'unité d'un gisement (par exemple, l'atelier du Gravas dépend du district du Bois des Lens), ou sous la forme de simples ateliers

isolés, des tentatives de conquête de nouveaux gisements, des sortes de prémices ou d'extension de districts (les Espérelles, Martigues, 13). Quantitativement, il est difficile de savoir si le volume de production baisse, augmente ou stagne, mais il est certain qu'il reste élevé en compensant la diminution unitaire par la multiplication. Cette situation engendre par contre un changement radical de l'échelle des flux qui, au lieu de concerner l'interrégion, se rapportent dorénavant probablement à la région. Le cas du district sidérurgique du Bois des Lens et, en particulier, de l'atelier du Gravas forme un bon exemple en la matière, notamment quand la distribution de sa production est mise en relation avec la diffusion régionale des céramiques communes à pisolithes, en partie produites durant les V^e-VI^e siècles dans deux ateliers situés dans le même massif, à moins de 5 km de là (Raynaud 1993 ; Provost 1999, p. 361-362, 605-606 ; Bonifay, Raynaud 2007, p. 121-122, 147). Plus qu'un jalon, cette correspondance montre que le fer n'est pas la seule production concernée par cette échelle de diffusion. La grande majorité des céramiques communes régionales produites en Narbonnaise participe au même schéma, bien qu'elles soient unies par des traditions techniques et stylistiques communes et doublées par des importations massives venues d'Afrique du Nord et d'Orient (Bonifay, Raynaud 2007, p. 146-148). Cette imbrication entre régionalisation et forte cohérence commune se retrouve également dans le peuplement rural, caractérisé tant par une diversité des destins d'un canton à l'autre que par une unité des processus (Wickham 2005 ; Beaujard *et al.* 2007, p. 165 ; Schneider 2007b, p. 55-56).

LA VARIÉTÉ DES ÉCHANGES

Le Roc de Pampelune ouvre une fenêtre privilégiée sur la distribution des productions ferreuses dans les réseaux d'échanges régionaux depuis les lieux de réduction jusqu'aux établissements où le fer métallique est importé pour être travaillé. Cette agglomération perchée du VI^e siècle gagne en effet sur les marges du réseau de peuplement préexistant, les contreforts des Cévennes, ces plateaux de garrigues calcaires particulièrement arides qui se dressent derrière la plaine littorale (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 3). Elle forme donc une implantation de conquête dont l'investissement tient pour beaucoup à la proximité et à la disponibilité des matières premières sylvoicoles et probablement minérales du secteur qui, outre une chânaie endémique, présente de très nombreux bassins comblés par des argiles détritiques et des minerais de fer pisolithiques, bien connus de ce type de contexte (Serneels 2004b ; Serneels, Eschenlohr 2004). Certes, aucun vestige sidérurgique n'est encore repéré dans les alentours, mais l'exploration encore récente de ce milieu, qui plus est, fortement hostile, doit compter pour beaucoup dans cette absence de preuve. À moins de 40 km à l'est, dans un espace semblable de garrigues, se développe pratiquement au même moment le district du Bois des Lens dont dépend l'atelier du Gravas. Au lieu de voir nécessairement dans celui-ci une origine potentielle des alliages ferreux utilisés sur le Roc de Pampelune, ce cas démontre clairement les possibilités d'exploitation de ce type de milieu probablement mis en valeur dans de nombreux autres *locus*, comme le suggère l'important déficit documentaire observé en la matière dans cette région, notamment par rapport à des contextes provençaux proches sur de très nombreux points – géographie, géologie,

peuplement... Au final donc, plusieurs éléments laissent augurer que le Roc de Pampelune se fournit en fer dans un environnement proche.

L'autre extrémité de la chaîne de distribution est plus richement documentée par la fouille du Roc de Pampelune qui a livré un atelier de forge avec un fragment de loupe en cours de façonnage. Ce dernier renforce l'idée d'un approvisionnement en fer brut dans une phase haute de la chaîne opératoire et, par conséquent, la proximité du ou des lieux de production primaires. Avec l'étude archéométallurgique de l'atelier apparenté (1L1), il forme également un des arguments en faveur de la fabrication sur place de demi-produits, ce qui expliquerait le grand nombre de demi-produits découverts, seize exemplaires, précisément le plus important lot actuel du midi de la France. Cette hypothèse est également soutenue par les analyses chimiques micro-inclusionnaires qui démontrent qu'il existe une filiation dans les provenances entre la loupe (échantillon 1176.1) et un des trois autres demi-produits analysés (échantillon 2505.1). On comprend alors mal les raisons qui auraient conduit à l'importation de fragments de loupe et de demi-produits à partir d'une provenance commune. En revanche, on admet plus volontiers que le Roc de Pampelune ait été achalandé en fragments de loupe pratiquement bruts, lesquels sont ensuite mis en forme de demi-produits dans la place.

Plus largement, les cent-quarante dosages de micro-inclusions ont révélé l'existence de deux groupes de provenances bien qu'uniquement quatre spécimens aient été examinés. À première vue, l'étrécissement des échelles de diffusion pouvait laisser penser qu'il existerait naturellement une diminution des possibilités d'approvisionnement dans un réseau d'échange simplifié et, alors, linéaire. Or, à y regarder de plus près, ce rétrécissement ne constitue pas une contraction aboutissant nécessairement à un monopole. Les réseaux conservent toujours une diversité des possibilités d'approvisionnement, malgré la régionalisation des distances de diffusion et des volumes de production. Les assemblages variés de céramiques communes régionales mis au jour sur les sites fouillés renvoient d'ailleurs une image semblable.

L'occupation tardo-antique du Roc de Pampelune permet aussi d'avoir une vue sur la réalité matérielle d'une forge de demi-produits (*cf. supra*, partie II, chapitre 1, § 3). Celle-ci n'a rien d'exceptionnel. Elle a même tout de commun avec un atelier métallurgique ordinaire de fabrication d'objets. Elle est située en plein cœur de l'agglomération, à proximité d'une place centrale. Elle s'organise autour d'un foyer apparemment surélevé sur une superstructure en matériaux périssables. Elle produit des culots de forge, somme toute, communs. Seuls les *gromps* sont légèrement plus nombreux. Il est donc difficile de discriminer un atelier de fabrication de matière semi-finie sauf à l'aide d'une convergence d'éléments, comme d'ailleurs dans la manufacture de l'Auribelle-Basse, au début du II^e siècle, très vraisemblablement spécialisée dans la recombinaison de demi-produits. En définitive, quelle que soit l'époque, la méconnaissance de ces ateliers est un problème d'appréciation. Cela est d'autant plus vrai, que la distinction qu'il faut avoir à l'esprit entre l'endroit où le minerai est réduit et le lieu où le métal est façonné sous une forme semi-finie est opérante tant dans un modèle artisanal que dans une production plus concentrée tendant vers le mode « proto-industriel ». Elle est pratiquement inhérente à la métallurgie du fer directe, et ce, même si la matière première provient des environs proches.

3.2. LA DIFFUSION

3.2.1. DURANT LE HAUT-EMPIRE

DES NORMES POUR TRANSCRIRE LES QUALITÉS DES FERS

Depuis longtemps, le problème de la signification de la standardisation morphologique des demi-produits ferreux affiliés à la typologie des Saintes-Maries-de-la-Mer est un questionnement traité. Les travaux ont ainsi exploré la masse ou le volume des matières pour reconnaître les règles fiscales contrôlant le commerce selon un modèle de correspondances reconnu pour les lingots non-ferreux (Domergue, Liou 1997). Des pistes ont également été lancées autour de la notion de provenance, mais toujours sans réel succès.

Les analyses métallographiques de cinquante-quatre demi-produits, appartenant aux huit formes de la typologie des Saintes-Maries-de-la-Mer, et à six des onze épaves du site éponyme ainsi qu'à Bagaud 2, permettent aujourd'hui d'embrasser une vision globale du nord du bassin méditerranéen de la fin du II^e siècle avant notre ère au II^e siècle de notre ère ; une vue particulièrement propice pour apprécier les récurrences des correspondances. C'est ainsi qu'il apparaît que les standards des demi-produits ferreux découverts dans les épaves méditerranéennes sont en définitive fonction du contenu, à savoir la qualité du métal : à chaque type morphologique de barre correspond un alliage ferreux particulier, avec une propriété inclusionnaire distincte et, le cas échéant, des caractéristiques morfo-fonctionnelles évidentes. Il existe donc une correspondance entre la forme du demi-produit et le métal qu'il recèle. Cette norme est profondément ancrée dans le réseau de distribution puisqu'elle se retrouve de Bonifacio aux Saintes-Maries-de-la-Mer en passant par Bagaud 2 (Hyères, 83) et Saint-Gervais I (Fos-sur-Mer, 13), du II^e siècle avant notre ère au II^e siècle de notre ère. Dès lors, il semble qu'elle peut être généralisée à un grand espace géographique, la Méditerranée nord-occidentale, et à un grand intervalle chronologique, la fin de la République romaine et le Haut-Empire.

Il existe assurément d'autres demi-produits standardisés, notamment dans le commerce à plus petite échelle, mené dans les régions, au plus près des ateliers de forge par ces manufactures intermédiaires où les demi-produits dérivés des loupes sont recomposés en demi-produits corroyés de manière à ce qu'ils soient plus adaptés aux travaux métallurgiques des habitats groupés et dispersés. Le demi-produit (échantillon 1230.1) très vraisemblablement fabriqué dans la forge de ce type à l'Auribelle-Basse (Pézenas, 34) pourrait peut-être illustrer un tel cas mais, pour l'instant, les comparaisons manquent.

La mise en évidence de correspondances entre la forme et le contenu des demi-produits affiliés à la typologie des Saintes-Maries-de-la-Mer permet d'affirmer que les métallurgistes producteurs, les forgerons et les négociants savaient reconnaître un fer doux, un fer aciéré ou un fer phosphoreux. Ils faisaient également des distinctions dans chacune de ces catégories selon le degré d'épuration et de compactage. Ils connaissaient donc précisément les qualités des métaux

que l'on nomme physiques depuis le début du XX^e siècle. Celles-ci étaient assurément perceptibles en termes de sensation et d'aptitude à la déformation selon le comportement mécanique du métal, comme le font encore actuellement les forgerons. Aussi, ce sont selon ces termes que Pline l'Ancien mentionne dans le livre XXXIV de l'*Histoire Naturelle* l'existence de différentes qualités de fer : des fers mous qu'on désigne aujourd'hui sous le vocable de ferrite ou des fers cassants que l'on qualifie d'acier.

UN LARGE USAGE DU STANDARD

L'homogénéité des rationalisations entre les formes des demi-produits et les qualités des alliages ferreux sous-entend aussi que ces normes sont entérinées autant par les producteurs que par les destinataires. Un des objectifs à venir est par conséquent de cerner l'extension géographique et chronologique de cette normalisation, autant par le biais de la production que par le biais de la destination. Des centres de réduction du minerai fondés sur des moyens de production concentrés sont notamment reconnus dans la Gaule du Nord sous l'Empire (Dunikowski, Cabboi 1995 ; Rebiscoul 2003). Est-ce à dire que leur production fournit des ateliers fabriquant des demi-produits suivant le même standard ? Dans cette situation éventuelle, les demi-produits découverts dans la Saône, généralement associés aux types 2M et 3C, comme celui mis au jour plus récemment à Vichy (03), ne devraient-ils pas être rattachés à ces entreprises de réduction et de fabrication septentrionales au lieu d'être systématiquement incorporés à une provenance méditerranéenne (Bonnamour 2000a ; Bonnamour 2000b ; Pagès à paraître) ? Qu'en est-il des autres demi-produits antiques dont les extrémités sont plus ou moins appointées mais qui présentent aussi des ressemblances avec les types 2M et 3C (Rougier 1987 ; Bigeard *et al.* 1996, p. 145 et 147 ; Jospin 2005-2006, p. 68-69) ? Simple problème de concertation, adaptation régionale du standard, ou nouvelle typologie, la question reste à régler sachant que certains d'entre eux possèdent, malgré leurs divergences, une correspondance entre la morphologie et la structure qui rappelle celle du type 2M (Pleiner *et al.* 2003). Actuellement, vu la complexité des schémas de production, il faut probablement rester prudent et éviter de relier prématurément les découvertes méditerranéennes des contextes éloignés d'autant qu'un exemplaire comparable au type 2M a été découvert débité dans la forge de Lunel-Viel, au milieu du II^e siècle (échantillon 2045.8). Sa provenance ne découle pas nécessairement du réseau de circulation mis en évidence en Méditerranée. En revanche, sa ressemblance, tant morphologique que structurelle, amène à penser que les demi-produits, affiliés à la typologie des Saintes-Maries-de-la-Mer et produits en Méditerranée, ne sont pas nécessairement exportés à très longue distance et qu'une partie d'entre eux est utilisée dans les forges de Narbonnaise encore jusqu'au milieu du II^e siècle de notre ère et parfois directement, sans passer par une forge de remodelage de demi-produit comme à l'Auribelle-Basse.

DES DESTINATIONS FONCTIONNELLES VARIÉES

Quelles sont les destinations fonctionnelles de ces barres ? Là encore, la complexité des schémas de production incite à la prudence quant aux interprétations trop rapides. Il faut surtout appréhender le problème dans la globalité et éviter de restreindre la circulation des demi-produits d'un point à un autre (Domergue *et al.* 2003). Les épaves des Saintes-Maries-de-la-Mer reflètent un instantané et un type de circulation particulier. La très bonne préservation jusqu'à nos jours de cet assemblage archéologique le rend fort lisible. Cette richesse documentaire ne doit cependant pas cacher la question sous-jacente à toute découverte exceptionnelle : quelle est la représentativité du corpus par rapport à l'ensemble du phénomène, le commerce du fer dans le monde romain des lieux de production aux contextes d'utilisation ? Ces épaves reflètent-elles une commercialisation particulière propre au premier siècle de notre ère ou sont-elles le symptôme d'un trafic naissant qui, vu les risques encourus – les nombreux échouements –, a changé de forme à partir de la fin du I^{er} siècle ? Étant donné la richesse typologique des barres – et donc des qualités de métal –, la durabilité de la production primaire du fer reconnue jusqu'au III^e siècle dans tous les centres sidérurgiques du Haut-Languedoc aux Pyrénées et l'utilisation d'un demi-produit de type 2M dans la forge de Lunel-Viel au milieu du II^e siècle, la deuxième hypothèse paraît la plus crédible (Sablayrolles 1989b ; Domergue 1993 ; Decombeix *et al.* 2000). En tout état de cause, il est clair que la Gaule, dès la fin du I^{er} siècle avant notre ère, connaît un formidable essor économique – campagnes de construction monumentale, remembrements fonciers, exploitations agricoles intensives... – même si elle est, notamment dans le Nord, encore sujette à une véritable politique de conquête. Toutes ces situations nécessitent clairement un fort apport en fer, il ne faut donc pas cantonner les débouchés à une seule destination, ni y voir un emploi restrictif comme le prouve encore le cas de Lunel-Viel (34) au milieu du II^e siècle, une agglomération secondaire et une forge, somme toute, communes.

Dans cette perspective davantage « globalisante », il est seulement possible de constater que chaque type morphologique de demi-produit possède des domaines de destinations fonctionnelles de prédilection qui sont en rapport avec la qualité du métal qu'il renferme. Ainsi, les types ferritiques – 2M, 3C et 6C – peuvent être préférentiellement utilisés dans des objets ou des parties d'objets qui requièrent de la ductilité. Les demi-produits acierés – 1M et 4C – sont privilégiés dans le façonnage d'objets ou de parties d'objets qui demandent des qualités de dureté et de résistance à l'usure. Certains d'entre eux – 1L –, fabriqués à partir de deux loupes pour leur conférer une grande longueur – environ 1,1 m –, peuvent être employés dans des éléments particulièrement longs comme les essieux de charrettes ou les bandages de roues. Enfin, le type phosphoreux – 4L –, plus difficile à forger et surtout très massif grâce à l'assemblage de quatre loupes, semble prédestiné au métal réservé au très gros œuvre, comme les barres employées dans les constructions. Il ne faut cependant pas oublier que tous ces demi-produits sont susceptibles d'être débités et recomposés en demi-produits corroyés pour concerner différents usages plus au moins restrictifs.

3.2.2. DURANT L'ANTIQUITÉ TARDIVE

L'UTILISATION DE NOUVELLES NORMES ?

Les demi-produits affiliés à la typologie des Saintes-Maries-de-la-Mer ne semblent plus utilisés dans l'Antiquité tardive, tout du moins aucun vestige ne permet d'affirmer le contraire pour des contextes postérieurs au III^e siècle. Ceci ne veut pas pour autant dire qu'il n'existe plus aucune norme organisant la circulation et la fabrication de la matière ferreuse, deux étapes nettement attestées malgré les lacunes assorties à cette période plus récemment documentée. De surcroît, la standardisation est encore bien perceptible dans les productions manufacturées et notamment dans les céramiques communes régionales (Bonifay, Raynaud 2007, p. 147-148). Cette normalisation est effective pour chaque production donnée, mais elle l'est également sous les traits d'une ambiance générale à l'échelle du Midi : de très nombreux ateliers ou groupes d'ateliers se différencient par leur pâte et leur cuisson, mais utilisent en revanche un répertoire morphologique commun. Rien ne s'oppose donc au fait que les demi-produits ferreux tardo-antiques produits sur le sol du Midi puissent obéir à un standard. Toute la difficulté est de pouvoir apprécier un lot intact et homogène, à l'image des Saintes-Maries-de-la-Mer au Haut-Empire qui, toujours en tant qu'étalon, montre le caractère exceptionnel de ce type de découverte surgie des flots près d'un siècle après les *currency bars* de la Gaule chevelue. C'est à travers ce prisme que l'on perçoit tout l'intérêt des seize demi-produits mis au jour dans l'occupation créée *ex nihilo* au VI^e siècle sur le Roc de Pampelune et aussi tout le crédit que l'on doit y accorder.

Rappelons que les seize demi-produits du Roc de Pampelune possèdent une épaisseur et une largeur homogènes : respectivement et en moyenne, 15 et 28 mm avec un coefficient de variation de 29 et 22 %. Dans tous les exemplaires certainement intactes, sept spécimens sur huit possèdent une longueur comprise entre 43 et 55 mm – en moyenne 48 mm avec un coefficient de variation de 9 %. Un unique exemplaire mesure 157 mm. Par conséquent, il est frappant de constater qu'une majorité des demi-produits du Roc de Pampelune est calquée sur un « gabarit court » de peu ou prou 47 x 28 x 13 mm (+/- 8 mm). Un « gabarit long » d'environ 157 x 28 x 15 mm (+/- 5 mm) est aussi envisagé, même s'il découle d'un unique spécimen, puisqu'il utilise la même section.

Trois pièces ont été analysées en métallographie. Il est bien difficile d'échafauder des récurrences face un si maigre corpus analytique. Pourtant, force est de constater qu'à ce niveau de l'analyse, des tendances significatives ressortent déjà. En effet, deux d'entre eux dépendent de la famille des demi-produits aciérés composites avec une valeur ajoutée moyenne à élevée (échantillons 2194.1, 2505.1) – pour rappel, entre 50 à 70 % de leur volume est aciéré à environ 0,44 % de C, selon la moyenne pondérée. L'un est débité dans la longueur, l'autre se présente sous la forme d'un gabarit court intact, il est donc difficile d'établir directement une corrélation. Cependant, le fait que le métal utilisé dans ces deux pièces de section identique provient de lieux différents, tend à montrer que la forme donnée au demi-produit ne résulte pas de l'origine du matériau, mais dépend de la qualité du métal. Cela suggère alors, d'une part, que le demi-produit débité se rapporterait probablement à un « gabarit court » et, d'autre part, que ce « gabarit court »

correspondrait peut-être à des demi-produits de la famille des aciérés composites avec une valeur ajoutée moyenne à élevé.

Le dernier demi-produit analysé forme le seul spécimen du « gabarit long ». Il se démarque aussi très nettement par sa structure, puisqu'il appartient à la famille des demi-produits aciérés à très haute valeur ajoutée – pour rappel, 98 % de son volume est aciéré à environ 0,75 % de C, selon la moyenne pondérée. Cet exemplaire ne trouve pas de rapprochement, sauf peut-être à Blessey-Salmaise (21) dans une forge du Haut-Empire qui conserve un demi-produit de section identique avec une composition apparemment proche (Mangin *et al.* 2000a, p. 284-288). Là encore, le spécimen est débité dans la longueur, ce qui n'autorise pas de corrélation stricte, et l'analyse concerne une section transversale, moins représentative de la composition qu'une section longitudinale. Ce possible parallèle a cependant le mérite de poser la question de l'éventuel antécédent de ce modèle de demi-produit dans l'Empire romain d'autant qu'actuellement, pour cette période, aucun standard de la famille aciérée n'est reconnu.

Le matériau fer ne chemine pas qu'en tant que demi-produits façonnés, il circule également sous la forme de loupes ou de fragments de loupe, ne serait-ce que pour rallier les lieux de réduction aux forges. D'ailleurs, dans la forge du Roc de Pampelune fabriquant les demi-produits de « gabarit court et long », un fragment de loupe a été mis au jour. Une pièce identique a été découverte à la Madeleine II (Clermont-l'Hérault, 34), une forge d'habitat dispersé fonctionnant dans le courant des IV^e-V^e siècles, à 25 km de là, dans la vallée de l'Hérault, un terroir de « plaine » mis en valeur sans discontinuité au moins depuis la Protohistoire. Il est difficile d'affirmer que l'atelier de la Madeleine II façonne des demi-produits, qui plus est, selon un modèle, en revanche il est établi qu'il y est travaillé un métal puisé haut dans la chaîne opératoire, au plus près des lieux de réduction. Le fait frappant est qu'à la Madeleine II comme au Roc de Pampelune, les fragments de loupe nécessairement importés sont identiques : tous deux pèsent 190 g, tous deux sont à peine compactés et épurés, surtout tous deux intègrent la famille des demi-produits aciérés – pour rappel, de 80 à 100 % de leur volume sont aciérés à environ 0,5-0,6 % de C, selon la moyenne pondérée. Certes, un siècle sépare ces deux découvertes, mais leur similitude pose d'emblée la question de l'éventuelle existence de norme dès l'exportation réalisée à la sortie des lieux de réduction.

DES AIRES DE DIFFUSION RÉGIONALES ?

La multiplication des initiatives sidérurgiques qui caractérisent l'Antiquité tardive ne s'accompagne pas d'une régression technique. Déjà, il demeure une forte structuration des activités entre la réduction du minerai et le forgeage des demi-produits. Ensuite, cette séparation des tâches est accompagnée par une grande qualité des savoir-faire employés. Celle-ci est palpable dans tous les travaux et dans les situations les plus retranchées qui soient. Par exemple, aux Espérelles, une tentative de conquête de nouveau gisement des III^e-IV^e siècles, il est mis en œuvre des techniques très élaborées, quitte à ce que l'initiative soit abandonnée pour des raisons difficiles à saisir après une première transformation du minerai. Au Gravas, au IV^e siècle, les réductions semblent moins performantes, mais elles n'ont rien à envier aux processus employés

quelques siècles plus tôt dans les centres sidérurgiques romains. Le façonnage des fragments de loupe relève également d'une grande maîtrise que l'on se trouve esseulé en marge du réseau de peuplement au VI^e siècle – Roc de Pampelune – ou installé dans le maillage d'un habitat dispersé aux IV^e-V^e siècles – la Madeleine II. La régionalisation des échanges et des productions pousse à placer les activités artisanales dans la sphère domestique, dans un cadre de production polyvalent, voire amateur (*cf. supra*, partie II, chapitre 2, § 3.1). Or, il n'en est rien. Tous les cas étudiés témoignent du contraire. La régionalisation des productions primaire est soutenue par une propagation formidable des compétences.

Qu'en est-il de la diffusion des demi-produits, puisqu'il existe, au minimum depuis la fin de la Protohistoire, un dense réseau de forges dites villageoises, installées dans les établissements groupés structurant le peuplement pour entretenir et/ou fabriquer tout une série d'objets nécessairement destinée au marché micro-régional avoisinant ? Sous l'Empire, en Narbonnaise, chacune de ces forges villageoises dispose d'artisan(s) compétent(s) – *Olbia*, Lunel-Viel et *Ambrussum*. Durant l'Antiquité tardive, il n'y a aucune raison pour qu'il n'en soit pas ainsi vu la qualité de la production primaire et des travaux de forge établis dans l'habitat dispersé – la Madeleine II et l'Ermitage (Paulhan, 34). Le problème est alors de déterminer comment se comportent les productions secondaires face à la régionalisation des productions primaires. Est-ce que ce dense réseau de forges dites villageoises supporte la production régionale de tous les objets ou fonctionne-t-il des productions spécialisées à haute valeur ajoutée essaimant à plus grande échelle ? En d'autres termes, existe-t-il toujours des sortes de « manufactures » durant l'Antiquité tardive comme dans l'Empire romain notamment pour les demi-produits affiliés à la typologie des Saintes-Maries-de-la-Mer ?

La fouille du Roc de Pampelune apporte encore dans ce domaine des éléments de réponse. Ce site renferme au moins cinq forges pérennes spécialisées dans le façonnage d'alliages ferreux particuliers – définis par leur taux d'épuration et leur composition chimique. C'est ainsi qu'une forge fabrique des demi-produits, une autre des objets variés en acier, une nouvelle des petits objets diversifiés en ferrites... Toute cette production ne peut être motivée par le fonctionnement de l'occupation et encore moins par les établissements dispersés environnants. Ceux-ci semblent davantage être des structures destinées à relayer et à compléter, en amont, la fonction productive du Roc de Pampelune en traitant les matières premières notamment destinées aux forges – charbon de bois, minerais. Ce serait d'ailleurs pour cela que le Roc de Pampelune aurait été implanté en marge du peuplement préexistant, pour être au plus près des ressources primaires. En conséquence, les forges de ce site apparaissent comme une forme de structure artisanale adaptée aux nouveaux cadres mis en place au début du Moyen Âge pour produire des objets destinés à l'exportation en prenant le relais des manufactures antiques. Selon toute vraisemblance, le cadre régional est au minimum atteint par ces exportations à l'image notamment des productions céramiques et de la réduction du fer (Bonifay, Raynaud 2007, p. 147-148). Aussi, durant l'Antiquité tardive, il existe toujours un enchevêtrement entre deux catégories de fabrication artisanale : celle villageoise qui répond à un service dans une micro-région donnée et celle de type manufacture spécialisée qui est destinée à une exportation régionale.

EN GUISE DE CONCLUSION : À PROPOS DE LA SIDÉRURGIE ANCIENNE EN FRANCE MÉDITERRANÉENNE

DE LA CONQUÊTE ROMAINE À LA FIN DU HAUT-EMPIRE

UNE PRODUCTION PRIMAIRE CONCENTRÉE

En Gaule du Sud, l'essor de la réduction directe du minerai de fer au cours du II^e siècle avant notre ère est imputable à des initiatives ou à des influences romaines. Par conséquent, la sidérurgie apparaît potentiellement introduite et certainement développée par Rome au moment où celle-ci domine ce territoire, spécialement à partir de la conquête de la Transalpine, en 118 avant notre ère. Les origines indigènes de cette activité restent par contre à démontrer.

Dans le midi de la France, les exploitations romaines se manifestent sous une forme concentrée de la fin de la République à la fin du Haut-Empire. Cet aspect est particulièrement visible dans la répartition géographique des entreprises qui se situent jusqu'au début du III^e siècle de notre ère principalement, si ce n'est exclusivement, dans les départements actuels de l'Aude et des Pyrénées-Orientales, entre la Montagne Noire (11), les Corbières (11) et le Canigou (66). En revanche, au commencement de ce cycle, du II^e siècle à la fin du I^{er} siècle avant notre ère, la concentration affecte peu les moyens de production, puisqu'ils se fondent sur un mode d'exploitation dispersé en districts sidérurgiques, des regroupements de simples ateliers de réduction. Des signes de concentration se font cependant déjà sentir dans cette situation, spécialement dans l'importante densité des unités exploitant chaque gisement. Assez rapidement par la suite, dans le dernier tiers du I^{er} siècle avant notre ère, le processus de centralisation gagne aussi les moyens de production. Les districts sidérurgiques sont alors subitement supplantés en lieu et place par des complexes sidérurgiques, des regroupements de quelques centres dont la capacité de production unitaire équivaut à une trentaine de simples ateliers en se fondant sur le fonctionnement de bas fourneaux en batterie qui peuvent produire environ 20 t de fer par semaine comme au Domaine des Forges (Martys, 11). Aussi, les districts sidérurgiques des premiers temps apparaissent comme la manifestation d'une étape préliminaire à la production intensive à venir, comme une phase d'essai destinée à sonder le potentiel minéral et à vérifier la

possibilité d'une exploitation soutenue dans le contexte local récemment colonisé. Une fois ce palier passé et les moyens de production concentrés installés, la situation reste relativement stable et ce, jusque dans la seconde moitié du III^e siècle de notre ère, même si chaque centre, probablement administré par une des institutions de l'Empire en faire-valoir indirect, a pu voir leur autorité de contrôle directe changer au cours des trois siècles de leur fonctionnement.

La concentration des aménagements en batterie de bas fourneaux n'a pas pour seule vocation l'augmentation des volumes de production de chaque centre, elle permet aussi de mettre à profit une main d'œuvre massive et peu qualifiée en utilisant quelques artisans spécialisés qui contrôlent et dirigent le bon déroulement des opérations. La majorité de ces parties était vraisemblablement des esclaves, tandis qu'une minorité était des personnes libres salariées, sans que l'on puisse réaliser de corrélation entre statut social et compétence technique (Domergue 1990, p. 335-351 ; Andreau, Descat 2006, p. 123-126). L'importance accordée à l'exploitation des ressources minérales hors du *Latium* a souvent été avancée pour expliquer, au moins en partie, l'expansion romaine en Occident depuis le III^e ou le II^e siècle avant notre ère et la colonisation de l'*Hispanie* (Nicolet 1987, p. 146-148 ; Domergue 1990, p. 314-316 ; Gourdiolle, Landes 1998, p. 53, 66 ; Sablayrolles 2005, p. 419). Les raisons proposées pour comprendre cette volonté de délocalisation sont multiples : préserver les ressources et juguler les risques d'insurrections en Italie actuelle, mais également profiter directement, sur le territoire dominé, d'une main d'œuvre massive et assujettie suite à la guerre (Gourdiolle, Landes 1998, p. 53). Aussi, comme les moyens de production sidérurgiques concentrés en Narbonnaise sont spécialement adaptés à l'utilisation de populations peu compétentes en métallurgie et probablement asservies, tout porte à croire que leur développement est une des manifestations de cette politique de conquête en Transalpine. En contrepartie, leur déclin au cours du III^e siècle peut être assimilé à la translation des centres d'intérêts économiques romains vers l'est et le nord de l'Europe à partir du II^e siècle, où d'ailleurs de nouveaux territoires ont été récemment soumis (Jamet 2001, p. 258).

UNE DISTRIBUTION NORMALISÉE À GRANDE ÉCHELLE

L'amont du réseau de production et de distribution des alliages ferreux antiques est structuré par une concentration des moyens de production à laquelle s'ajoute une nécessaire sectorisation des tâches manufacturières. Dans les centres, le fer métallique n'est donc pas mis sous la forme de demi-produit ; masse d'alliage ferreux exportée et commercialisée pour servir notamment de « matière première » au forgeron. À la sortie du bas fourneau, la loupe est seulement forgée pour parfaire la réduction du métal – spécialement l'agglomération – en s'aidant de l'inertie thermique. La fabrication des demi-produits intervient dans d'autres lieux où sont exercées des compétences particulières à l'aide d'installations spécifiques. Un unique atelier de cette sorte a pu être identifié sur le site de l'Auribelle-Basse (Pézenas, 34). Celui-ci concerne un stade avancé du façonnage des demi-produits, au moment où ces derniers sont à nouveau modelés pour être plus adaptés aux productions courantes des forges des campagnes de

Narbonnaise. Un demi-produit n'est pas une matière figée, sa morphologie et ses qualités sont modifiées au cours de sa distribution en fonction du marché auquel il est adressé ; pour être schématique, entre une marchandise de grossiste et un objet de détaillant, entre un tout-venant et un matériau spécifique à haute valeur ajoutée.

En haut de la chaîne de diffusion, se trouvent donc des fabriques ou des manufactures spécialisées dans la fabrication sérielle de demi-produits à partir de loupes importées de plusieurs centres et, très probablement, de plusieurs complexes. Leurs tâches consistent à parachever plus ou moins finement l'épuration et le compactage de ces masses brutes, ou pratiquement brutes, pour confectionner des barres et des barreaux. Elles ne se limitent cependant pas qu'à ces exercices. Elles comprennent également la reconnaissance des qualités aujourd'hui nommées physiques du métal et qui étaient anciennement perçues sous les biais des comportements mécaniques. Sur ce fondement et selon que la loupe d'origine soit ferritique, aciérée, ou encore phosphoreuse, le façonnage est le plus souvent mené de manière à fabriquer une forme spécifique de demi-produit. Toutes ces morphologies sont prédéterminées de façon à étalonner la propreté du métal – taux d'épuration et de compactage – et, pour certaines barres longues de plus d'un mètre, à assembler plusieurs loupes afin de leur donner une grande longueur et les vouer à des destinations fonctionnelles plus particulières. Au total, diverses formes sont attribuées à un même alliage pour qu'il soit proposé sous différentes valeurs ajoutées définies principalement par la propreté du métal et la longueur. Comme l'indique le chargement ferreux de l'épave de Bagaud 2 (Hyères, 83), dès la fin II^e siècle avant notre ère, les morphologies qui transcrivent les qualités des alliages répondent à des standards qui restent en vigueur durant tout le Haut-Empire. Il n'y a guère qu'une diversification de la gamme des demi-produits qui pourrait intervenir au début de l'époque augustéenne. Cette panoplie est illustrée par les huit types créés par Luc Long et David Djaoui à partir des chargements ferreux des épaves découvertes au large des Saintes-Maries-de-la-Mer. Des estampilles complètent les informations directement présentes sur les demi-produits probablement pour signer l'entreprise de fabrication. Les demi-produits se déclinent donc en modèles en fonction de la qualité du métal – alliage, compactage, nombre de loupe(s) – et en marques selon la fabrique. Dans la majorité des cas, il ne semble pas exister de fabriques spécialisées dans la mise en forme d'un type singulier de demi-produit. De la même manière, les lieux de réductions produisent toutes sortes de fer, hormis peut-être pour le fer phosphoreux qui est assorti à des gisements spécifiques et, par conséquent, à un centre, voire à un complexe particulier.

Toute cette attention portée sur la standardisation des demi-produits en fonction des qualités du métal est réalisée en vue de leur exportation à petite, moyenne et grande distances, pour faciliter le dialogue entre une production massive et variée, et un large marché. Les normes constituent un langage permettant aux producteurs de faire connaître au consommateur les qualités du métal ferreux dont ils font l'acquisition. Il semble qu'il ne faille pas considérer ces conventions comme spécifiques à la Narbonnaise. Au moins, une grande partie de la Gaule paraît touchée par ces codes. Aussi, peut-être d'autres places septentrionales peuvent alimenter le marché en demi-produits. Dans le Midi, les lieux de fabrication se situent vraisemblablement entre Narbonne, le port à partir duquel ils sont massivement exportés par voie maritime, et les

lieux de réduction alentours : la Montagne Noire (11), les Corbières (11) et le Canigou (66). La question du transport terrestre, notamment pour une diffusion régionale, reste en suspens. Quant aux navires, il est avéré qu'une partie remonte le Rhône, mais leurs destinations, sûrement multiples, demeurent incertaines. Quelques exemplaires de demi-produits peuvent être employés directement dans les forges des campagnes de Narbonnaise, par exemple à Lunel-Viel (34), d'autres sont probablement mis en œuvre dans les nombreuses constructions monumentales entreprises en Gaule aux I^{er} et II^e siècles, notamment pour servir de crampons, comme dans des quais et des ponts sur la Saône ou encore dans le Trophée des Alpes à La Turbie (06). Une autre partie est très certainement acheminée vers d'autres manufactures où ils sont remodelés sous des formes plus petites et conformes aux travaux courants développés dans les campagnes et les villes. Le cas de l'Auribelle-Basse (Pézenas, 34) assure l'existence de ce type de travaux et rend compte d'une forme de demi-produit possiblement redistribuée sans permettre de visualiser une gamme probablement plus variée. Il faut certainement ajouter à ces débouchés touchant à la romanisation et aux fonctionnements de la Gaule, d'autres exportations plus lointaines, comme cela a été démontré en particulier pour le transport du plomb de l'Espagne vers l'Italie durant la République et l'Empire romains (Domergue 1990, p. 376 ; Domergue 1994). Toutes les échelles d'échanges et de commerce semblent donc menées à partir de quelques zones sidérurgiques pourvues de complexes producteurs concentrés qui sont localement relayés par une série de grossistes redistributeurs.

DEUX FILIÈRES DE FABRICATION : DES MANUFACTURES ET DES FORGES DE PROXIMITÉ

Le phénomène de concentration touche également la fabrication des objets, mais il s'exprime de manière différente à cause de la dualité de cette activité et des particularismes qui y sont assortis. Le façonnage du métal antique peut se diviser en deux catégories de productions. L'une, du genre manufacture, qui cherche à produire en série, quels que soient les objets, à la manière des demi-produits. L'autre, du genre service, qui répond à des besoins courants au plus près de la demande. Face à ces particularités, le processus de concentration s'exprime de façon différentielle. Pour les fabriques, c'est à travers les moyens de production. Pour les forges de service, c'est dans la localisation de l'implantation. Aussi, d'un côté, il existe des manufactures installées aux abords des villes ou dans les campagnes. Ainsi, elles bénéficient de l'espace nécessaire aux aménagements massifs, utilisés pour produire des objets en nombre destinés à un marché étendu desservi par un réseau de communication de qualité. De l'autre, il y a des forges dites villageoises, installées au cœur des habitats groupés dans lesquelles est proposée toute une série de prestations de proximité qui rivalisent avec le statut de l'établissement tant et si bien que leur fonction productrice évolue au rythme du rôle pris par l'agglomération dans le peuplement, comme dans la station routière d'*Ambrussum* (Villetelle, 34) au Haut-Empire. Ici, les moyens de production ne sont pas concentrés. En revanche, la situation de ces forges relève d'une

centralisation, aussi bien dans l'installation systématique de ces forges de service dans les habitats groupés, que dans l'attachement à une situation topographique privilégiée au sein de l'urbanisme, spécialement à *Olbia* de Provence (Hyères, 83).

Une des conséquences de cette centralisation des forges de service dans les habitats groupés est que les habitats dispersés de Narbonnaise sont en grande partie délaissés par ce type d'activité. Ce tissu d'exploitations principalement agricoles n'abrite que dans des contextes particulièrement favorables le travail de forge : au minimum, quand l'établissement est très important et qu'il se place au centre d'un réseau de plus petites exploitations susceptibles de pouvoir acheter les multiples prestations d'un artisan spécialisé, et quand le maillage généralement étroit des agglomérations romaines est légèrement plus lâche. C'est le cas par exemple dans la *villa* de Vareilles (34). Il découle de cette installation très discriminante des forges dans les fermes et les *villae*, une instabilité géographique des ateliers métallurgiques, souvent translatés d'un établissement à un autre en fonction des fluctuations du contexte environnant et de la vitalité de l'exploitation accueillante, comme dans le domaine de Loupian (34). Cette notion n'est pas de mise dans les forges dites villageoises d'habitats groupés, lesquelles occupent la place de manière pérenne au moins durant tout le Haut-Empire en étant, au plus, transférées d'un bâtiment à un autre au gré des mutations topographiques, aspect visible à Lunel-Viel (34).

Qu'elles se trouvent dans un habitat groupé ou dispersé, ces activités de service possèdent un champ d'action rayonnant autour de leur demeure. Sauf peut-être dans le cas des villes ou des très grosses agglomérations secondaires, les forges convoitent autant le marché de l'occupation accueillante que les établissements périphériques. Ceci nécessite le déplacement d'une des parties. En temps normal, l'acquéreur vient rechercher les compétences du forgeron directement dans son atelier, dont les aménagements sont profondément organisés autour du foyer. Cependant, des situations particulières nécessitent l'installation temporaire d'un artisan, quand le besoin d'un forgeron devient « momentanément quotidien », comme dans le cadre des constructions de bâtiments, situation illustrée dans le chantier du bâtiment A de l'îlot 12 d'*Ambrussum* (Villetelle, 34) à la fin du II^e siècle.

Le rôle des forges dites villageoises et, plus globalement, des forges de service paraît assez nettement défini : entretenir les outils et les infrastructures des différentes exploitations et pallier certains besoins exceptionnels. En outre, il faut ajouter à leur actif, la production de divers objets, parfois très spécialisés, pouvant servir dans l'ensemble de la culture matérielle antique. Les manufactures ne sont pas les seules fabriques qui achalandent les occupations antiques en outils et pièces métalliques. Le problème est donc de déterminer la part de l'une et de l'autre de ces productions dans la fabrication des pièces ferreuses et, plus particulièrement, de préciser si des domaines, des institutions ou des espaces géographiques sont préférentiellement fournis par une de ces deux filières de fabrication. Le sujet est d'autant plus crucial qu'il faut apparemment se détacher des schémas préconçus, puisque, par exemple, les armes des petites garnisons comme les *stationarii* n'apparaissent pas nécessairement provenir de manufactures ; elles peuvent être issues d'une fabrication locale, comme vraisemblablement à *Ambrussum* (Villetelle, 34) au II^e siècle.

Dans toutes les situations, l'artisan forgeron est un spécialiste qui dispose d'un bagage de compétences techniques indéniables. Aussi, bien qu'il puisse avoir un statut d'esclave et que tout travail manuel comme le sien soit déprécié dans la société romaine, il n'en reste pas moins un artisan qualifié et convoité qui est mis dans une position privilégiée au sein des structures de peuplement pour épauler une très grande variété d'activités économiques par la fabrication et l'entretien d'objets utilisés du cadre domestique aux sphères agricole et artisanale, sans oublier des domaines plus spécifiques, mais néanmoins essentiels, que sont le transport et la construction. En cela, on saisit la différence fondamentale qui existe entre les ressources humaines employées dans la production primaire et le travail du fer.

DURANT L'ANTIQUITÉ TARDIVE ET LE DÉBUT DU MOYEN ÂGE

LA VULGARISATION DE LA PRODUCTION PRIMAIRE

À partir du milieu du III^e siècle, la structuration et la répartition spatiale de la production primaire du fer changent profondément. Après avoir montré des signes de faiblesse dans le premier tiers du III^e siècle, les complexes établis entre le Canigou et la Montagne Noire périssent rapidement. Les moyens de production concentrés caractéristiques du Haut-Empire ne constituent alors plus la règle, bien que des initiatives centralisées soient localement à nouveau tentées aux III^e-IV^e siècles, notamment en altitude, dans deux vallées voisines des Alpes du Sud, à Saint-Etienne-de-Tinée (06) et Saint-Dalmas-de-Valdeblone (06).

Pour autant, les III^e-IV^e siècles ne signent pas la fin de l'activité sidérurgique dans le midi de la France. Ils ne constituent qu'un tournant, un changement dans les modèles d'exploitation déployés pour produire et travailler le fer sans qu'il n'y ait de modifications techniques majeures. Dès le début du III^e siècle, on assiste en effet à un éparpillement des initiatives sidérurgiques en Narbonnaise, tant dans les moyens de production désormais adoptés que dans les espaces géographiques dorénavant investis. Concrètement, les réductions sont menées sous la forme de districts sidérurgiques, des rassemblements de simples ateliers de réduction dans l'unité d'un gisement, comme l'atelier du Gravas (Saint-Mamert-du-Gard, 30) dans le district du Bois des Lens. L'autre différence est que les travaux ne se trouvent plus concentrés dans une zone, ils gagnent toute la Narbonnaise, des Pyrénées aux Alpes. Plus qu'une dispersion, ce processus est un essaimage qui s'est en partie construit à partir des très nombreux gisements importants et facilement accessibles présents sur l'ensemble de la croûte terrestre – dans laquelle le fer est le cinquième élément chimique – et, spécialement en Narbonnaise, au sein des reliefs karstiques. En conséquence, on retrouve des districts tardo-antiques plus ou moins étendus, ici, dans le Var et le

Vaucluse, là, dans le Gard, la Lozère, l'Aude, les Pyrénées-Orientales et, très probablement, dans l'Hérault.

La multiplicité des entreprises sidérurgiques rend la datation du processus malaisée, bien qu'il semble atteindre une pleine maturité dans le courant des IV^e-V^e siècles. Le problème est donc d'apprécier son déclin, probablement dans le haut Moyen Âge, pas avant le VI^e siècle, entre le VII^e et le IX^e siècle. De là découle une autre incertitude, comment interpréter l'importance des districts ? S'agit-il de l'image écrasée d'une longue évolution principalement composée de nombreuses translations d'ateliers désireux de se placer au plus près des ressources ou l'instantanée d'une activité intensive qui compense sa « faible » capacité de production unitaire par la multiplication des ateliers ? Les premiers éléments, notamment glanés sur le district du Bois des Lens (30), laissent entrevoir une solution complexe synthétisant cette alternative au rythme de périodes de production plus ou moins intensives. Il est évident que d'autres facteurs, notamment administratifs et politiques, ont contraint le développement des districts. Là, s'ouvre donc une autre piste de recherche particulièrement prometteuse pour préciser les modalités et les autorités de contrôle de ces districts, particulièrement au regard de la mise en place et de l'évolution des royaumes dits Barbares à partir du V^e siècle, au moment où le processus semble atteindre son apogée.

Traditionnellement, le haut Moyen Âge est perçu comme étant le temps du bois et de la terre. Sans mésestimer l'emploi de ces matériaux, aujourd'hui, il apparaît nécessaire de rétablir l'usage massif du fer comme l'avait été, il y a quelques années, la pierre. En effet, partout en Gaule, la fin de l'Antiquité et le début du Moyen Âge sont signalés par de très nombreux districts sidérurgiques. Vu la dispersion des activités et leur séquence chronologique *a priori* longue, il est cependant difficile d'évaluer finement et précisément la place du fer dans la culture matérielle, notamment par rapport au Haut-Empire. Par contre, on mesure très nettement l'enthousiasme presque frénétique qui anime la généralisation de la production primaire de cette matière. Déjà, elle se mesure dans la nature intrinsèque du district, un rassemblement d'ateliers simples exploitant simultanément un gisement. Ensuite, elle se perçoit dans l'abondance de ces mêmes districts qui jonchent le sol de toute la Gaule avec une densité jusqu'alors inégalée. Enfin, elle s'apprécie dans l'existence de ces nombreux ateliers isolés, symboles emblématiques de ce désir généralisé de conquérir de nouveaux gisements avec une avidité digne d'une sorte de « Ruée vers l'or », comme aux Espérelles (Martigues, 13), une de ces tentatives sans lendemain.

En Gaule, la fin de la Protohistoire est considérée à juste titre comme le moment durant lequel se généralise l'usage du fer dans les sociétés indigènes occidentales. Ce processus effectue sa révolution complète dans le Haut-Empire, sous l'hégémonie de Rome. Pour subvenir aux marchés, la production primaire s'appuie alors sur le développement et le fonctionnement de moyens de production essentiellement concentrés, tant du point de vue géographique qu'au niveau des installations. Dans une lecture sur la longue durée, le haut Moyen Âge pourrait, par conséquent, peut-être apparaître comme une nouvelle étape dans cette lente pénétration de la métallurgie du fer au sein des sociétés occidentales, celle de la vulgarisation de la production primaire. Par ailleurs, il est probable que l'abandon des moyens de production concentrés au III^e

siècle, le morcellement du territoire en royaumes à partir du V^e siècle et le déclin de l'esclavage amplifient ce phénomène.

L'IMBRICATION DE FLUX RÉGIONAUX NORMALISÉS

Comment évolue la distribution du fer brut en Narbonnaise à partir des III^e-IV^e siècles, alors que les entreprises de réduction sur le territoire se multiplient et que les grands complexes producteurs, circonscrits aux départements actuels de l'Aude et des Pyrénées-Orientales disparaissent ? Encore une fois, la lecture est délicate puisqu'il n'est pas certain que tous les districts sidérurgiques fonctionnent simultanément avant les V^e-VI^e siècles. En plus, l'abandon des moyens de production concentrés entre la Montagne Noire et le Canigou ne signe pas l'arrêt de ce type d'entreprise en Narbonnaise et, encore moins, dans l'Empire qui continue à contrôler des lieux de réduction probablement de cette nature aux III^e et IV^e siècles, notamment dans les Balkans. Si évolution il y a, elle est donc lente et progressive. *A priori*, elle aboutit, aux V^e-VI^e siècles, à une plus grande importance des échanges régionaux et à une diminution significative des flux à moyennes et grandes échelles ; en cause, la densité des zones productrices en fer et la diminution unitaire de leur capacité de production.

Le rétrécissement des échelles de distribution et la modification des moyens de production n'engendrent pas la disparition des forges de demi-produits, ni même leur raccordement aux lieux de réduction. Il persiste encore une sectorisation des tâches depuis la réduction du minerai jusqu'à la distribution du fer métallique sous la forme de matière semi-finie. En témoigne, l'agglomération perchée du Roc de Pampelune (Argeliers, 34) qui abrite, au VI^e siècle, une forge de demi-produits majoritairement destinés à l'exportation. La différence avec le Haut-Empire tient probablement dans les moyens de production qui ne sont désormais plus concentrés, mais dispersés. Les aménagements sont alors plus modestes, ce qui permet leur intégration plus aisée dans le tissu de peuplement, par opposition aux manufactures du Haut-Empire.

Ce nouvel environnement sidérurgique a aussi comme effet de diminuer la distance entre les sites producteurs et une partie des forges susceptibles de travailler le fer. En conséquence, le demi-produit fabriqué dans une forge n'est plus la seule matière semi-finie qui fournit les différents ateliers. Dans certains cas, les intermédiaires entre les lieux de réduction et les forges sont limités. Le cheminement du fer se fait plus directement du producteur au consommateur. Aussi, quand les espaces sidérurgiques sont proches, l'approvisionnement des forges peut aussi être mené immédiatement au sortir du bas fourneau, comme le montre le cas de l'atelier métallurgique rural de la Madeleine II (Clermont l'Hérault) aux IV^e-V^e siècles. Par conséquent, dans les campagnes tardo-antiques et alto-médiévales du midi de la France, deux situations paraissent coexister : soit quand la proximité du lieu de réduction le permet, le forgeron s'achalande en matière pratiquement brute – pièce proche de la loupe initiale –, soit cette dernière

qualité de matériau est acheminée vers des forges qui fabriquent des demi-produits pour les exporter au sein d'espaces non sidérurgiques, dans une échelle au moins régionale.

Quel que soit le parcours envisagé, il semble exister une normalisation des pièces distribuées dès leur départ des lieux de réduction. À la Madeleine II aux IV^e-V^e siècles, comme au Roc de Pampelune au VI^e siècle, les deux fragments de loupes importés sont en effet strictement de mêmes natures morphologique et physique. Cette rationalisation est encore plus affirmée à la sortie des forges de demi-produits, comme celle du Roc de Pampelune. Il est donc certain qu'il existe encore dans le haut Moyen Âge des standards morphologiques qui guident le commerce des demi-produits ferreux en fonction des qualités aujourd'hui nommées physiques et anciennement perçues sous le biais des comportements mécaniques. Conceptuellement, ce commerce utilise donc un langage déjà appliqué au moins à partir de la fin du II^e siècle avant notre ère. En revanche, formellement, il est moins probable que tous les standards utilisés durant l'Antiquité tardive et le haut Moyen Âge prennent racine dans des modèles antiques, bien que cela semble le cas pour certains. D'autres normes font probablement leur apparition. Reste à apprécier le domaine d'application de chacune d'elles, notamment dans le cadre du morcellement des espaces d'exportation et de la vulgarisation des productions. En privilégiant la permanence de continuité, on aurait plus tendance à penser que les standards antiques restent en vigueur dans leurs limites interrégionales *princeps*, tandis que les nouvelles normes, peut-être moins structurées, se développent dans les nouveaux cadres régionaux récemment mis en place. Tout cela reste cependant à démontrer en considérant avec attention la notion de valeur ajoutée qui, peut-être, exerce une forte influence sur les débouchés et, par conséquent, sur la distance d'exportation et la prise en compte du standard – plus la valeur ajoutée serait élevée, plus le demi-produit serait destiné à un large marché.

LA PÉNÉTRATION DES ARTISANS SPÉCIALISÉS DANS LE MONDE RURAL

Quand on considère les mutations introduites à partir des III^e-IV^e siècles dans la réduction et la distribution des alliages ferreux, la première question qui se pose au sujet du forgeage est de savoir s'il existe toujours, au début du Moyen Âge, une division entre les deux catégories de production effectives durant l'Antiquité romaine ; à savoir, d'un côté, une de service nommée villageoise et, de l'autre, une destinée à l'exportation appelée manufacture. Tel semble être le cas au moins jusqu'au VI^e siècle. Leur existence ne se manifeste cependant plus de la même manière, puisque ces deux genres d'activités sont également modifiés par un mécanisme de dispersion des moyens de production qui s'exerce différemment dans l'une ou l'autre de ces catégories, selon des propensions déjà soulignées pour le Haut-Empire.

Depuis l'Antiquité romaine, les forges de service – dites villageoises – varient peu. Leur forme n'évolue guère. Seule leur répartition change. Elles semblent pénétrer plus massivement l'habitat dispersé. La cause tient probablement au fait que les agglomérations ne sont plus aussi fréquentes sur le territoire que durant l'Antiquité. Les fonctions productives qu'elles centralisaient

sont dès lors dispersées dans le peuplement rural lâche. La translation n'altère en rien les traits essentiels de cette catégorie de forges que sont : la disponibilité topographique de l'emplacement utilisé, la structuration et la pérennité des aménagements, ainsi que la qualité et la diversité des prestations proposées. Ceux-ci sont uniquement adaptés au nouvel environnement dans lequel ils sont mis en œuvre. Ainsi, les forges sont souvent installées à proximité de voies fréquentées, dans des bâtiments avec des aménagements fonctionnels régulièrement nettoyés comme à la Madeleine II (Clermont l'Hérault, 34) aux IV^e-V^e siècles ou à l'Ermitage (Paulhan, 34) aux VII^e-VIII^e siècles. On y travaille des fragments de loupe, de l'acier... et on y réalise toute la panoplie des travaux d'une forge répondant aux demandes variées du terroir environnant. Quand celles-ci nécessitent un déplacement sur place, le fonctionnement de forges temporaires est toujours utilisé, notamment sur le Roc de Pampelune (Argelliers, 34) ou à l'Ermitage (Paulhan, 34).

Les modifications les plus importantes touchent les productions destinées à l'exportation. D'ailleurs, il devient difficile de continuer à parler de manufacture pour le début du Moyen Âge, attendu qu'aucun lieu ne concentre des moyens de production d'une seule activité pour fabriquer en série et en masse quelques objets. On utilisera plus volontiers le terme neutre de fabrique, cas spécialement illustré par l'agglomération perchée du Roc de Pampelune (Argelliers, 34), occupée de la fin du V^e siècle à la seconde moitié du VI^e siècle. Ici, les travaux sont assimilés dans une trame villageoise, sans pour autant qu'il y ait d'aménagements monumentaux discriminants, tant et si bien qu'à première vue, l'agglomération apparaît sans spécificité particulière et munie d'une large gamme de fonctions rayonnant autour des activités agro-pastorales. En réalité, ces sortes de travaux sont très limitées. Cet établissement abrite principalement une multitude d'activités artisanales reliées par un dénominateur commun : le façonnage par les arts du feu de matières semi-finies pour fabriquer des objets en alliages ferreux, en alliages cuivreux et en verre avec le recours à – au moins – une ressource commune, le charbon de bois. De tels rassemblements d'activités se retrouvent aussi autour de la transformation par les arts du feu de matières premières. Ces installations sont alors nécessairement situées hors de l'habitat, auprès des gisements ; par exemple, les ateliers de potiers et le district sidérurgique du Bois des Lens (30) qui traitent en commun, non seulement le bois, mais aussi l'argile dans laquelle se trouve le minerai de fer.

Au début du Moyen Âge, malgré la dispersion des moyens de production, il subsiste des fabriques. Celles-ci se fondent sur la combinaison d'activités dont le rassemblement est motivé par l'emploi commun de matières « premières » pour produire des marchandises destinées à l'exportation. Cette notion de combinaison est très fortement ancrée dans le processus, puisqu'elle opère aussi au sein de la mise en œuvre d'un même matériau, à l'image des forgerons du Roc de Pampelune qui se répartissent au moins parmi cinq ateliers dans lesquels sont exercés des travaux distincts. Les uns fabriquent des demi-produits, les autres des objets majoritairement aciérés, certains des petites pièces ferritiques, d'autres encore des petits éléments emboutis, percés et ciselés... et tout cela avec une haute maîtrise technique. Cette combinaison des activités n'est donc pas uniquement mise en place pour rendre l'entreprise plus rentable. Elle vise aussi à conserver une forte sectorisation des tâches qui, par la même occasion, permet d'apporter une importante spécialisation des compétences. Ainsi, les fabriques peuvent toujours produire selon

des standards – comme le montrent les demi-produits – de multiples objets variés destinés à l'exportation. L'accent n'est plus mis sur la quantité, mais sur la diversité de la production, tout en préservant la qualité.

Toujours d'après l'exemple du Roc de Pampelune, les fabriques paraissent profiter, aux V^e-VI^e siècles, d'investissements et de soutiens administratifs et politiques importants. En témoigne, la capacité à rassembler des artisans spécialisés sur différentes compétences. En atteste aussi, l'aptitude à fonder un établissement dans un milieu vierge, pour probablement s'approcher de ressources naturelles – le bois et peut-être différents minerais –, qui plus est quand on sait que l'occupation est dotée d'un rempart maçonné, d'une église baptismale et de divers aménagements permettant la vie quotidienne de la communauté. Le fait est que ces fabriques n'ont pas forcément connu un devenir florissant, puisque le Roc de Pampelune est abandonné environ un siècle après sa fondation. Reste donc à alimenter le corpus de ce type d'initiative pour déterminer si le cas du Roc de Pampelune est significatif d'un destin singulier ou d'un cycle économique particulier, comme peuvent l'être tous ces ateliers de réduction isolés tardo-antiques qui cherchent à conquérir de nouveaux gisements. En tout état de cause, les moyens qui sont mis à la disposition des forgerons durant cette période témoignent de leur prestige grandissant dans la société alto-médiévale, peut-être sous l'influence des cultures germaniques qui pénètrent la société gallo-romaine occidentale et qui accordent aux artisans métallurgiques un statut presque sacré (Le Goff 1999b, p. 110, 113, 116).

BIBLIOGRAPHIE

(Adam 1984), ADAM, J.-P., *La construction romaine : matériaux et techniques*, Paris, Picard (Ed.), 1984, 367 p. (Collection Grands Manuels).

(Anderson *et al.* 2003), ANDERSON, T., AGUSTONI, C., SERNEELS, V., CASTELLA, D. (Dir.), *Des artisans à la campagne : Carrière de meule, forge et voie gallo-romaines à Châbles*, Fribourg, Service Archéologique de l'Etat de Fribourg (ed.), 2003, 391 p. (Archéologie fribourgeoise, n°19).

(Andreau, Bats 2006a), ANDREAU, J., BATS, M., Réoccupations partielles de l'espace (v. 60 -v. 80), *in: Olbia de Provence (Hyères, Var) à l'époque romaine (I^{er} s. av. J.-C. - VII^e s. ap. J.-C.)*, M. BATS (Dir.), Aix-en-Provence, Edisud (ed.), 2006a, p. 152-153 (études massaliètes n°9).

(Andreau, Bats 2006b), ANDREAU, J., BATS, M., Un espace ouvert (v. 80 -v. 475), *in: Olbia de Provence (Hyères, Var) à l'époque romaine (I^{er} s. av. J.-C. - VII^e s. ap. J.-C.)*, M. BATS (Dir.), Aix-en-Provence, Edisud (ed.), 2006b, p. 165-170 (études massaliètes n°9).

(Andreau, Descat 2006), ANDREAU, J., DESCAT, R., *Esclave en Grèce et à Rome*, Paris, Hachette Littératures (Ed.), 2006, 307 p.

(Andrieux 1988), ANDRIEUX, P., Réflexion sur l'expérimentation et application: les métaux, *in: Technologie Préhistorique*, J. TIXIER (Dir.), C.N.R.S. (ed.), 1988, p. 73-96 (Notes et Monographies Techniques, n°25).

(Andrieux 1991a), ANDRIEUX, P., La métallurgie des origines : Utilisation de la sensualité comme outil de maîtrise technique, *Techniques et culture*, n° 17-18, 1991a, p. 175-193.

(Andrieux 1991b), ANDRIEUX, P., Problèmes et dynamique des structures de production métallurgique : le fer, *in: Symposium archaometallurgie von Kupfer und Eisen in Westeuropa in Zusammenarbeit mit dem Comité pour la sidérurgie ancienne de l'union internationale des sciences préhistoriques et protohistoriques ; Mainz, september 1986*, S.N. (Dir.), Jahrgang, Jahrbuch des Romisch-Germanischen Zentralmuseums Mainz (ed.), 1991b, p. 486-495.

(Andrieux 1995), ANDRIEUX, P., Les témoins archéologiques et leur restitution expérimentale dans l'étude de la gestuelle et des conceptions culturelles : liens possibles entre l'objectivité et la sensualité, *in: Paléométaballurgie du fer et cultures, Symposium international du Comité pour la Sidérurgie Ancienne, Belfort - Sévenans, 1-2-3 novembre 1990*, P. BENOÎT, P. FLUZIN (Dir.), Belfort, Vulcain / A.E.D.E.H. (ed.), 1995, p. 65-70.

(Anonyme 1979a), ANONYME, *Carte géologique de la France à 1/50 000 : Sommières*, Orléans, BRGM (Bureau de Recherches géologiques et minières) (Ed.), 1979a (Carte géologique de la France à 1/50 000, XXVIII-42, n°964).

(Anonyme 1979b), ANONYME, *Carte géologique de la France à 1/50 000 : Montpellier*, Orléans, BRGM (Bureau de Recherches géologiques et minières) (Ed.), 1979b (Carte géologique de la France à 1/50 000, XXVII-43, n°990).

(Anonyme s.d.), ANONYME, *Martigues-marseille, La Nerthe, 1/50000*, Bureau des Recherches Géologiques et Minières (Ed.), s.d. (Carte géologique détaillée de la France (XXXI-44-45)).

(Archeomedes 1998), ARCHEOMEDES (Dir.), *Des oppida aux métropoles - Archéologues et géographes en vallée du Rhône*, Paris, Anthropos/Economica (ed.), 1998, 280 p. (Villes).

(Armbruster 1999), ARMBRUSTER, B., Production traditionnelle de l'or au Mali, *in: L'or dans l'Antiquité*, B. CAUJET (Dir.), 1999, p. 163-179 (Aquitania Supplément n°9).

(Arnoux 1993), ARNOUX, M., *Mineurs, fêrons et maîtres de forge : étude sur la production du fer dans la Normandie du Moyen Âge, XI^e-XV^e siècles*, Paris, C.T.H.S. (Ed.), 1993, 646 p.

(Bailly-Maitre 1989), BAILLY-MAITRE, M.-C., Pour une histoire des mines au Moyen Âge, *Archéologie du Midi Médiéval*, n° 7, 1989, p. 61-71.

(Bailly-Maitre 1995), BAILLY-MAITRE, M.-C., Mines et forges au Moyen Âge et au début des temps modernes : Réflexions autour de l'exemple de Brandes, *in: Paléoméallurgie du fer et cultures, Symposium international du Comité pour la Sidérurgie Ancienne, Belfort - Sévenans, 1-2-3 novembre 1990*, P. BENOÎT, P. FLUZIN (Dir.), Belfort, Vulcain / A.E.D.E.H. (ed.), 1995, p. 333-347.

(Bailly-Maitre 2006), BAILLY-MAITRE, M.-C., Les forges de la section rhône-alpine, *in: Habitats, nécropoles et paysages dans la moyenne et la basse vallée du Rhône (VII^e-XV^e s.) : contribution des travaux du TGV-Méditerranée à l'étude des sociétés rurales médiévales*, O. MAUFRAS (Dir.), Paris, Edition de la Maison des sciences de l'homme (ed.), 2006, p. 277-280 (Documents d'archéologie française n°98).

(Baldassari 1999), BALDASSARI, D., *Recherches sur l'occupation humaine dans la région de Saulx de l'époque protohistorique au haut Moyen Âge. Contribution au pré-inventaire de la Carte Archéologique du département du Vaucluse*, Avignon, Université d'Avignon et du Pays du Vaucluse, 1999, Maîtrise, 109 et 73 p.

(Ballet et al. 2003), BALLETT, P., CORDIER, P., DIEUDONNÉ-GLAD, N. (Dir.), *La ville et ses déchets dans le monde romain: rebuts et recyclages. Actes du colloque de Poitiers (19-21 Septembre 2002)*, Montagnac, monique megoil (ed.), 2003, 320 p. (Archéologie et Histoire Romaine, n°10).

(Barge 2002), BARGE, H., Mines et métallurgies en Provence et dans les Alpes du sud, de la protohistoire au XX^e s., *in: Bilan scientifique du Service Régional de l'Archéologie Provence-Alpes-Côte d'Azur 2001*, D.R.A.C., S.R.A. (Dir.), Aix-en-Provence, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 2002, p. 210-211.

(Barrouillet et al. 1989), BARROUILLET, V., LAMY, A., MUT, G., PINEDA, J., SIRET, A., Mines et fonderies antiques et médiévales du Canigou, *in: Mines et métallurgies antiques et médiévales de la France méridionale. Recherches récentes. Journées de Perpignan (Février 1987)*, Perpignan, Université de Toulouse Le Mirail - Ville de Perpignan (ed.), 1989, p. 21-29.

(Barruol 1930), BARRUOL, J., Histoire du pays d'Albion, *L'Echo de la Rotonde*, n° 9, Fasc. mai-juin, 1930.

(Bastard 2006), BASTARD, V., Un petit habitat et sa forge autour de l'an mille : Bourbousson 2 (Crest, Drôme), *in: Habitats, nécropoles et paysages dans la moyenne et la basse vallée du Rhône (VII^e-XV^e s.) : contribution des travaux du TGV-Méditerranée à l'étude des sociétés rurales médiévales*, O. MAUFRAS (Dir.), Paris, Edition de la Maison des sciences de l'homme (ed.), 2006, p. 67-78 (Documents d'archéologie française n°98).

(Bataille, Guillaumet 2006), BATAILLE, G., GUILLAUMET, J.-P., *Les dépôts métalliques au second âge du Fer en Europe tempérée. Actes de la table ronde (Glux-en-Glenne, 2004)*, Glux-en-Glenne, Bibracte (Ed.), 2006, 334 p. (Bibracte, n°11).

(Bats 2006), BATS, M., Avant propos, *in: Olbia de Provence (Hyères, Var) à l'époque romaine (I^{er} s. av. J.-C. - VII^e s. ap. J.-C.)*, M. BATS (Dir.), Aix-en-Provence, Edisud (ed.), 2006, p. 11-13 (études massaliètes n°9).

(Bats et al. 2006a), BATS, M., AVEC LA COLLABORATION DE, ANDREAU, J., BARBET, A., BOUËT, A., BRESCINANI, M., BRIEN, F., EXCOFFON, P., FONTAINE, S. D., GRAU, E., GUIBAL, F., HIRBEC, F., LEGUILLOUX, M., MARTOS, F., MUKAI, OLLIVIER, D., PAGÈS, G., RIGOIR, Y., STERNBERG, M., TRÉGLIA, J.-C., VERDIN, F., *Olbia de Provence (Hyères, Var) à l'époque romaine (I^{er} s. av. J.-C. - VII^e s. ap. J.-C.)*, Aix-en-Provence, Edisud (Ed.), 2006a (études massaliètes n°9).

(Bats et al. 2006b), BATS, M., BOUËT, A., EXCOFFON, P., GUIBAL, F., PAGÈS, G., L'évolution des bâtiments du nord, *in: Olbia de Provence (Hyères, Var) à l'époque romaine (I^{er} s. av. J.-C. - VII^e s. ap. J.-C.)*, M. BATS (Dir.), Aix-en-Provence, Edisud (ed.), 2006b, p. 129-151 (études massaliètes n°9).

(Béal, Goyon 2002), BÉAL, J.-C., GOYON, J.-C. (Dir.), *Les Artisans dans la Ville antique*, Paris, Bocard (ed.), 2002, 252 p. (Collection Archéologie et Histoire de l'Antiquité, Université Lumière-Lyon 2, Volume 6).

(Beaujard et al. 2007), BEAUJARD, B., BONIFAY, M., CODOU, Y., COLIN, M.-G., GUYON, J., HEIJMANS, M., RAYNAUD, C., SCHNEIDER, L., En guise de conclusion, *Gallia*, n° 64, 2007, p. 163-168.

(Béaur et al. 2003), BÉAUR, G., ARNOUX, M., VARET-VITU, A., *Exploiter la terre. Les contrats agraires de l'Antiquité à nos jours, Actes du colloque international (Caen, septembre 1997)*, Caen, Association d'histoire des sociétés rurales (Ed.), 2003, 591 p. (Bibliothèque d'histoire rurale, n°7).

(Beck et al. 1997), BECK, P., BRAUNSTEIN, P., PHILIPPE, M., Wood, Iron an Water in the Othe Forest in the Late Middle Ages: New Findings and Perspectives, *in: Technology and resource use in Medieval Europe: Cathedrals, Mills and Mines*, E. BRADFORD SMITH, M. WOLFE (Dir.), Aldershot, Ashgate Publishing Ltd (ed.), 1997, p. 173-184.

(Belhoste 2002), BELHOSTE, J.-F., Martinetus et Fusina dans la sidérurgie alpine aux XIII^e et XIV^e siècles, Réflexions philologiques, *in: Il ferro nelle Alpi : Giacimenti, minere e metallurgia dall'antichità al XVI secolo. Actes du colloque Iron in the Alpes. Deposits, mines and metallurgy from antiquity to the XVI century, Bienna (Italie) octobre 1998*, C.C. TIZZONI, M. TIZZONI (Dir.), Breno, Comune di Bienna (ed.), 2002, p. 146-151.

(Bémont 1991), BÉMONT, C., Le statut des patrons et des ouvriers d'après les marques de fabriques, *Specimina Nova Universitatis Quinqueecclesiensis*, 1991, p. 133-156.

(Bénard et al. 1994), BÉNARD, J., MANGIN, M., GOGUEY, R., ROUSSEL, L., *Les agglomérations Antiques de Côte-d'Or*, Paris, Les Belles Lettres (Ed.), 1994, 303 p. (Annales Littéraires de l'Université de Besançon n°522, Série Archéologie, n°39).

(Benoît, Cailleaux 1991), BENOÎT, P., CAILLEAUX, D. (Dir.), *Moines et métallurgie dans la France médiévale*, Paris, AEDEH et Picard Diffusion (ed.), 1991, 365 p.

(Benoît, Fluzin 1995), BENOÎT, P., FLUZIN, P. (Dir.), *Paléoméallurgie du fer et cultures, Symposium international du Comité pour la Sidérurgie Ancienne, Belfort - Sévenans, 1-2-3 novembre 1990*, Paris, Vulcain / A.E.D.E.H. (ed.), 1995, 542 p.

(Bérard 1997), BÉRARD, G. (Dir.), *Carte archéologique de la Gaule : les Alpes de Haute-Provence (04)*, Paris, Fondation Maison des Sciences de l'Homme (ed.), 1997.

(Bergeret, Donat 2007), BERGERET, A., DONAT, R. (Dir.), *La madeleine II. Etablissements ruraux antiques encadrés par deux voies (II^e-I^{er} av. J.-C. au II^e s. de n. è. et la seconde moitié du III^e s. au VI^e s. de n. è.). De l'inhumation dispersée au cimetière paroissial de l'église Sainte-Marie-Madeleine de Céderas (du VIII^e-début X^e s. à la fin XIII^e-début XV^e s.) à Clermont-l'Hérault (34)*, Institut national de recherches archéologiques préventives (ed.), 2007, 245 p. (Rapport final d'opération de fouille archéologique, Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie de Languedoc-Roussillon, Conseil Général de l'Hérault).

(Bermond, Pellecier 1997), BERMOND, I., PELLECIER, C., Recherches sur l'occupation du sol dans la région de l'étang de Thau (Hérault) : apport à l'étude des *villae* et des campagnes de Narbonnaise, *Revue Archéologique de Narbonnaise*, n° 30, 1997, p. 63-84.

(Bermond, Pellecier 1998), BERMOND, I., PELLECIER, C., La *villa* et le domaine dans la région de l'étang de Thau (Hérault, France) de l'époque républicaine à la période du haut Empire, in: *Cité et territoire, II. Actes du colloque européen (Béziers, 1997)*, Béziers, 1998, p. 55-66.

(Bermond 2001), BERMOND, I., L'occupation du Haut-Empire, in: *Carte archéologique de la Gaule : Agde et le bassin de Thau (34/2)*, M. LUGAND, I. BERMOND (Dir.), Paris, Fondation Maison des Sciences de l'Homme (ed.), 2001, p. 93-99.

(Bermond *et al.* 2002), BERMOND, I., POMARÈDES, H., RASCALOU, P., Evolution des centres de production et pôles de peuplement dans la vallée de l'Hérault : Les exemples d'Embonne (Agde) et Peyre Plantade (Clermont-l'Hérault), *Revue Archéologique de Narbonnaise*, n° 35, 2002, p. 241-258.

(Berranger, Fluzin 2007), BERRANGER, M., FLUZIN, F., Organisation de la chaîne opératoire du fer dans l'agglomération d'Entremont (Aix-en-Provence, II^e-I^{er} s. av. J.-C.) ; la circulation du métal, in: *Archéométrie 07. Diffusion, migrations, échanges. L'influence du bassin méditerranéen. Pré-actes du colloque (Aix-en-Provence, avril 2007)*, G.M.P.C.A. (Dir.), 2007, p. 54.

(Berry 1985), BERRY, M., La persistance des assemblages de charpente, in: *Le bois et la forêt en Gaule et dans ces provinces voisines, actes du colloque*, A. PAGANIOL (Dir.), Paris, Errance (ed.), 1985, p. 305-309 (CAESARODUNUM, n°XXI).

(Bertoncello, Codou 2005), BERTONCELLO, F., CODOU, Y., Les fouilles de l'habitat perché de Sainte-Candide à Roquebrune-sur-Argens (Var) : premiers résultats, in: *La Méditerranée et le monde mérovingien : témoins archéologiques. Actes des XIII^e Journées internationales d'archéologie mérovingienne, Arles, octobre 2002*, X. DELESTRE, P. PERIN, M. KAZANSKI (Dir.), Aix-en-Provence, Association Provence Archéologie (ed.), 2005, p. 135-142 (Supplément au *Bulletin Archéologique de Provence*, n°3).

(Bessac *et al.* 1979), BESSAC, J.-C., BONNAUD, R., PY, M., Prospections et sondages archéologiques dans la partie sud-est du Bois des Lens (Gard), *Bulletin Annuel de l'Ecole Antique de Nîmes*, Nîmes, n° 14, 1979, p. 41-83.

(Bessac 1986), BESSAC, J.-C., Carrières antiques du Bois des Lens (Gard) : Inventaire préliminaire, *Revue archéologique de Narbonnaise*, n° 19, 1986, p. 159-182.

(Bessac 1996), BESSAC, J.-C., *La pierre en Gaule Narbonnaise et les carrières du Bois des Lens (Nîmes) : Histoire, archéologie, ethnographie et techniques*, Michigan, Arbor (Ed.), 1996, 319 p. (Journal of roman archeology, supplément n°16).

(Bessac, Bonnaud 1998), BESSAC, J.-C., BONNAUD, R., Sidérurgie antique dans le Bois des Lens, in: *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, M. FEUGÈRE, V. SERNEELS (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 1998, p. 142-149 (monographies *instrumentum*, n°4).

(Bessac 2002), BESSAC, J.-C., Les carrières du Bois des Lens (Gard), *Gallia*, n° 59, 2002, p. 29-51.

(Bessac, Sablayrolles 2002a), BESSAC, J.-C., SABLAYROLLES, R., Recherches récentes sur les carrières antiques de Gaule : bilan et perspectives, *Gallia*, n° 59, 2002a, p. 175-188.

(Bessac, Sablayrolles 2002b), BESSAC, J.-C., SABLAYROLLES, R., Problématique archéologique des carrières antiques en Gaule, *Gallia*, n° 59, 2002b, p. 3-9.

(Beyrie *et al.* 2003), BEYRIE, A., GALOP, D., MONNA, F., MOUGIN, V., La métallurgie du fer au Pays Basque durant l'Antiquité. Etat des connaissances dans la vallée de Baigorri (Pyrénées-Atlantiques), *Aquitania*, n° XIX, 2003, p. 49-66.

(Bielenin *et al.* 1995), BIELENIN, K., MANGIN, M., ORZECZOWSKI, S., La sidérurgie ancienne et l'exploitation minière dans les Montagnes Saintes-Croix (Petite Pologne), I. Bilan des recherches 1955-1990, *Dialogues d'Histoire Ancienne*, n° 21, Fasc. 1, 1995, p. 203-224.

(Bielenin *et al.* 1996), BIELENIN, K., MANGIN, M., ORZECZOWSKI, S., La sidérurgie ancienne et l'exploitation minière dans les Montagnes Saintes-Croix (Petite Pologne), II. Ateliers, habitat, chronologie, *Dialogues d'Histoire Ancienne*, n° 22, Fasc. 1, 1996, p. 327-373.

(Bielenin *et al.* 1998), BIELENIN, K., MANGIN, M., ORZECZOWSKI, S., FLUZIN, P., PLOQUIN, A., La sidérurgie ancienne et l'exploitation minière dans les Montagnes Saintes-Croix (Petite Pologne), III. Archéométrie et histoire : les Montagnes Sainte-Croix et les régions productives européennes (fin de l'Âge du Fer - début de Moyen Âge), *Dialogues d'Histoire Ancienne*, n° 24, Fasc. 1, 1998, p. 139-193.

(Bigéard *et al.* 1996), BIGÉARD, H., AVEC LA PARTICIPATION DE, BOUTHIER, A. (Dir.), *Carte archéologique de la Gaule : la Nièvre (58)*, Paris, Fondation Maison des Sciences de l'Homme (ed.), 1996, 300 p.

(Blanchet, Louis 1941), BLANCHET, A., LOUIS, M., *Forma Orbis Romani. Carte Archéologique de la Gaule Romaine, VIII. Gard*, Paris, 1941, 223 p.

(Bocoum 2002), BOCOUM, H. (Dir.), *Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique. Une Ancienneté méconnue. Afrique de l'Ouest et Afrique centrale*, Paris, U.N.E.S.C.O. (ed.), 2002, 240 p.

(Bonifay 2001), BONIFAY, M., L'avant-mur tardif sur le chantier de la bourse, in: *Marseille. Trames et paysages urbains de Gyptis au Roi René, Actes du colloque de Marseille, Marseille, 1999*, M.

BOUIRON, H. TREZINY, B. BIZOT *et al.* (Dir.), Aix-en-Provence, Edisud (ed.), 2001, p. 59-62 (Collection Etudes Massaliètes, n°7).

(Bonifay, Raynaud 2007), BONIFAY, M., RAYNAUD, C., Echanges et consommation, *Gallia*, n° 64, 2007, p. 93-161.

(Bonifay, Tréglia 2007), BONIFAY, M., TRÉGLIA, J.-C. (Dir.), *LRCW 2, Late Roman Coarse Wares, Cooking Wares and Amphorae in the Mediterranean, Archaeology and archaeometry*, Oxford, Hadrian Books (ed.), 2007, 848 p. (BAR International Series 1662 (I and II)).

(Bonnamour 2000a), BONNAMOUR, L., Les ponts romains de Chalon-sur-Saône : étude préliminaire de la pile n°3, *Gallia*, n° 57, 2000a, p. 273-306.

(Bonnamour 2000b), BONNAMOUR, L. (Dir.), *Catalogue de l'exposition "Archéologie de la Saône, le fleuve gardien de la mémoire"*, Paris, Errance (ed.), 2000b, 160 p.

(Borgard *et al.* 2005), BORGARD, P., BRUN, J.-P., LEGUILLOUX, M., MONTEIX, N., CULLIN-MINGAUD, T. LIBRE, M., Recherches sur les productions artisanales à Pompéï et à Herculaneum, *in: Nuove ricerche archeologiche a Pompei ed Erculano*, P.G. GUZZO, M.P. GUIDOBALDI (Dir.), Napoli, Electa napoli (ed.), 2005, p. 296-317 (Studi della soprintendenza archeologica di Pompei n°10).

(Borréani 1995), BORRÉANI, M., *Carte archéologique des communes d'Artigues et d'Esparron*, Toulon, Conseil Général du Var - Centre Archéologique du Var (Ed.), 1995, 35 p. (Rapport de prospection thématique, Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie de Provence-Alpes-Côte-d'Azur).

(Bouet, Bats 2006), BOUET, A., BATS, M., L'évolution de la maison sud, *in: Olbia de Provence (Hyères, Var) à l'époque romaine (I^{er} s. av. J.-C. - VII^e s. ap. J.-C.)*, M. BATS (Dir.), Aix-en-Provence, Edisud (ed.), 2006, p. 117-128 (études massaliètes n°9).

(Bouquet *et al.* 2006), BOUQUET, L., FIGUROA-LARRE, V., LAROCHE, M., GUENDON, J.-L., AMBERT, P., Les Neuf-Bouches (district minier de Cabrières-Péret), la plus ancienne exploitation minière de cuivre de France : travaux récents, conséquences, *Bulletin de la Société préhistorique française*, n° 103, Fasc. 1, 2006, p. 143-159.

(Breichner *et al.* 2002), BREICHNER, H., CHABAL, L., LECUYER, N., SCHNEIDER, L., Artisanat potier et exploitation du bois dans les chênaies du nord de Montpellier au XIII^e s. (Hérault, Argeliers, Mas-Viel), *Archéologie du Midi Médiéval*, n° 20, 2002, p. 57-106.

(Breichner 2008), BREICHNER, H. (Dir.), *Les Aouzerals à la Malène (Lozère)*, Montpellier, 2008, 40 p. (Document final de synthèse de sondage 2006 et de fouille 2007, Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie de Languedoc-Roussillon).

(Britton *et al.* 2007), BRITTON, C., CHABAL, L., PAGÈS, G., SCHNEIDER, L., Approche interdisciplinaire d'un bois méditerranéen entre la fin de l'Antiquité et la fin du Moyen Âge : Saugras et Aniane, Valène et Montpellier (34), *Médiévales*, n° 53, 2007, p. 65-80.

(Brun, Congès 1996), BRUN, J.-P., CONGÈS, G., Une crise agraire en Provence au troisième siècle ?, *in: Le III^e siècle en Gaule Narbonnaise : Données régionales sur la crise de l'Empire, Actes de la table ronde du GDR 954 « Archéologie de l'espace rural méditerranéen dans l'Antiquité et le haut Moyen Âge » (Aix-en-Provence, 1995)*, J.-L. FICHES (Dir.), Antibes, A.P.D.C.A. (ed.), 1996, p. 233-256.

(Brun 2006), BRUN, J.-P., Olbia romaine dans son contexte historique et archéologique, *in: Olbia de Provence (Hyères, Var) à l'époque romaine (I^{er} s. av. J.-C. - VII^e s. ap. J.-C.)*, M. BATS (Dir.), Aix-en-Provence, Edisud (ed.), 2006, p. 21-28 (études massaliètes n°9).

(Brun 2007), BRUN, J.-P., Les artisans à Pompéi, *in: Vivre en Europe romaine: de Pompéi à Bliesbruck-Reinheim*, J.-P. PETIT, S. SANTORO BIANCHI (Dir.), Paris, Errance (ed.), 2007, p. 147-154.

(Brun 1999), BRUN, J.-P. (Dir.), *Carte archéologique de la Gaule: le Var (83/1 et 2)*, Paris, Fondation Maison des Sciences de l'Homme (ed.), 1999, 2 vol., 984 p.

(Buffat, Petitot 1998), BUFFAT, L., PETTITOT, H., Une activité métallurgique tardo-antique sur l'établissement de Mayran (Saint-Victor-La-Coste, Gard), *in: Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, M. FEUGÈRE, V. SERNEELS (Dir.), Montagnac, monique mergoil (ed.), 1998, p. 175-180 (Monographies *instrumentum*, n°4).

(Buffat 2004), BUFFAT, L., *L'économie domaniale en Gaule Narbonnaise: Les villae de la cité de Nîmes*, Aix-en-Provence, Aix-Marseille I - Université de Provence, 2004, Thèse pour le Doctorat Nouveau Régime, 2 vol., 210 et 456 p.

(C.A.T.H.M.A. *et al.* 1993), C.A.T.H.M.A., LEENHARDT, M., RAYNAUD, C., SCHNEIDER, L., Céramiques languedociennes du haut Moyen Âge (VII^e-XI^e s.) : études micro-régionales et essai de synthèse, *Archéologie du Midi médiéval*, n° 11, 1993, p. 111-228.

(Cambon 1989), CAMBON, C., Mines et sites métallurgiques des Corbières (Aude), *in: Mines et métallurgies antiques et médiévales de la France méridionale. Recherches récentes. Journées de Perpignan (Février 1987)*, Perpignan, Université de Toulouse Le Mirail - Ville de Perpignan (ed.), 1989, p. 31-36.

(Cammass *et al.* 1995), CAMMAS, C., CHANPAGNE, F., DAVID, C., DESACHY, B., GUYARD, L., Le problème des "terres noires" sur les sites urbains tardo-antiques et médiévaux : réflexions et propositions méthodologiques à partir de l'exemple des fouilles du Collèges de France à Paris, *Les nouvelles de l'archéologie*, n° 61, 1995, p. 22-29.

(Campmajo *et al.* 2007), CAMPMAJO, P., CRABOL, D., BILLE, E., RAYNAUD, C., RUAS, M.-P., RENDU, C., Un atelier de traitement du fer sur le site du haut Moyen Âge de la Coume Païrounell à Angoustrine (Pyrénées-Orientales). Premiers résultats, *Domitia*, n° 8/9, 2007, p. 137-163.

(Cantelaude 1995), CANTELAUDE, J., La société pyrénéenne, la forge à la catalane et le haut fourneau (XII^e-XIX^e siècles), *in: The Importance of Ironmaking: Technical Innovation and Social Change. Papers presented at the Norberg Conference on May 1995*, G. MAGNUSSON (Dir.), Stockholm, Jernkontorets Bergshistoriska Utskott (ed.), 1995, p. 194-202.

(Carbonnel *et al.* 2000), CARBONNEL, L., DAUMALIN, X., TACHOIRE, H., *La métallurgie à Marseille: de l'artisanat à l'industrie de l'acier à l'aluminium et au gallium*, Marseille, Comité du Vieux Marseille (Ed.), 2000, 71 p. (Cahiers du Comité du vieux Marseille).

(Castelli *et al.* 1997), CASTELLI, G., COMPS, J.-P., KOTARBA, J., PEZIN, A. (Dir.), *Voies romaines du Rhône à l'Ebre: via Domitia et via Augusta*, Paris, Editions de la maison des sciences de l'Homme (ed.), 1997, 302 p. (Documents d'Archéologie Française n°61).

(Cauuet *et al.* 2005), CAUUNET, B., DOMERGUE, C., URTEAGA, M., Mines et métallurgies en Aquitaine et en Hispanie septentrionale sous les Julio-Claudiens, *in: L'Aquitaine et l'Hispanie septentrionale à l'époque julio-claudienne. Organisation et exploitation des espaces provinciaux. Colloque Aquitania, Saintes (septembre 2003)*, Bordeaux, Aquitania (ed.), 2005, p. 423-460 (Supplément 13).

(Chabal 1997), CHABAL, L., *Forêts et sociétés en Languedoc (Néolithique final, Antiquité tardive) : l'anthracologie, méthode et paléoécologie*, Paris, Maison des Sciences de l'Homme (Ed.), 1997, 189 p. (Documents d'Archéologie Française, n°63).

(Chabal 2001), CHABAL, L., Les potiers, le bois et la forêt à l'époque romaine, à Sallèles d'Aude (I^{er}-III^e s. ap. J.-C.), *in: 20 ans de recherches à Sallèles d'Aude*, F. LAUBENHEIMER (Dir.), Paris, Les Belles Lettres/Presses universitaires franc-comtoises (ed.), 2001, p. 93-110 (Série Amphores).

(Chabal 2006), CHABAL, L., Etude anthracologique des combustibles, *in: Saint-Mamert-du-Gard (30), Le Gravas 2005. Sondage archéologique d'un bas fourneau à scories écoulées du IV^e siècle ap. J.-C.*, G. PAGÈS (Dir.), Lattes, UMR 5140 Archéologie des sociétés méditerranéennes : milieux, territoires et civilisations (ed.), 2006, p. 34-37 (Rapport de sondages archéologiques, Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie de Languedoc-Roussillon).

(Chapelot, Fossier 1980), CHAPELOT, J., FOSSIER, R., *Le village et la maison au Moyen Âge*, Paris, Hachette (Ed.), 1980, 357 p. (bibliothèque d'Archéologie).

(Chardron-Picault, Pernot 1999), CHARDRON-PICAULT, P., PERNOT, M., *Un quartier antique d'artisanat métallurgique à Autun. Le site du Lycée Militaire*, Paris, Maison des Sciences de l'Homme (Ed.), 1999, 288 p. (Documents d'Archéologie Française, n°76).

(Charmasson 1970), CHARMASSON, J., Un oppidum du bas Empire : Lombren à Vénéjan (Gard), *Archéologia*, n° 36, 1970, p. 54-61.

(Chausserie-Laprée, Rétif 2002), CHAUSERIE-LAPRÉE, J., RÉTIF, M., *Villa et vicus sur le territoire de Martigues durant le Haut-Empire*, *Revue Archéologique de la Narbonnaise*, n° 35, 2002, p. 163-194.

(Chausserie-Laprée 2005), CHAUSERIE-LAPRÉE, J., *Martigues, terre gauloise : Entre Celtique et Méditerranée*, Paris, Errance (Ed.), 2005, 251 p.

(Chezeau, Fluzin 1997), CHEZEAU, N., FLUZIN, P., Historique des aciers spéciaux, *in: Les aciers spéciaux*, G. BERANGER, G. HENRY, G. LEBBE *et al.* (Dir.), Paris, Tec & Doc Lavoisier (ed.), 1997, p. 4-19.

(Chezeau 2004), CHEZEAU, N., *De la forge au laboratoire : Naissance de la métallurgie physique (1860-1914)*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes (Ed.), 2004, 237 p. (Collection Carnot).

(Chrestian s.d. (XIX^e s.)), CHRESTIAN, H., *Introduction à l'histoire de Sault*, s.l., s.d. (XIX^e s.) (notes manuscrites et exemplaire dactylographié).

(Christol 1971), CHRISTOL, M., Remarques sur les naviculaires d'Arles, *Latomus*, n° 30, Fasc. 3, 1971, p. 643-663.

(Christol *et al.* 1999), CHRISTOL, M., DE, A. L. C., FICHES, J.-L., Le Rhône: batellerie et commerce dans l'Antiquité, *Gallia*, n° 56, 1999, p. 141-155.

(Christol, Mauné 2003), CHRISTOL, M., MAUNÉ, S., Une inscription sur bronze trouvée dans l'établissement gallo-romain de l'Auribelle-Basse à Pézenas (Hérault), *Gallia*, n° 60, 2003, p. 369-382.

(Cima 1992), CIMA, M., Pôles extractifs et métallurgiques du versant italien des Alpes, *in: Les techniques minières de l'Antiquité au XVIIIe siècle, Actes du colloque international sur les ressources minières et l'histoire de leur exploitation de l'Antiquité à la fin du XVIIIe siècle, Strasbourg, 1988*, P. BENOÎT, P. FLUCK (Dir.), Paris, C.T.H.S. (ed.), 1992, p. 215-246.

(Cleere 1983), CLEERE, H., The organisation of the iron industry in Western Provinces in the Early Empire, with special reference to Britain, *Offa*, n° 40, 1983, p. 103-114.

(Colardelle 1989), COLARDELLE, M., Antiquité tardive et début du Moyen Âge : l'évêque et le comte, *in: Archéologie de la France : 30 ans de découvertes*, RÉUNION DES MUSÉES NATIONAUX (Dir.), Paris, Réunion des musées nationaux (ed.), 1989, p. 352-355.

(Colardelle, Verdel 1993), COLARDELLE, M., VERDEL, E., *Les habitats du lac de Paladru (Isère) dans leur environnement et leur terroir au XIe siècle*, Paris, Maison des Sciences de l'Homme (Ed.), 1993, 409 p. (Documents d'Archéologie Française, n°40).

(Colomer *et al.* 1990), COLOMER, A., COULAROU, J., GUTHERZ, X. (Dir.), *Boussargues (Argelliers, Hérault) : une habitat ceinturé chalcolithique : les fouilles du secteur ouest*, Paris, Editions de la Maison des sciences de l'Homme (ed.), 1990, 223 p. (Document d'Archéologie Française n°24).

(Contamine 1997), CONTAMINE, P. (Dir.), *L'économie médiévale*, Paris, Armand Colin (ed.), 1997, 447 p. (U, série « Histoire médiévale »).

(Cotte 1916), COTTE, C., Enceintes et stations inédites près du Verdon (Prise de date), *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, n° 13, Fasc. 7-8, 1916, p. 346-347.

(Courgey 2002a), COURGEY, M., Simiane-la-Retonde : Bas-fourneau du Garant, *in: Bilan scientifique de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur 2001*, D.R.A.C., S.R.A. (Dir.), Aix-en-Provence, Ministère de la culture et de la communication, Direction de l'architecture et du patrimoine, Sous-direction de l'archéologie (ed.), 2002a, p. 29-30.

(Courgey 2002b), COURGEY, M., *Etude diachronique des vestiges miniers et de métallurgie du fer dans la région d'Apt*, Besançon, Université de Franche-Comté, 2002b, T.E.R., 2 vol.

(Coustures *et al.* 2006), COUSTURES, M.-P., RICO, C., BÉZIAT, D., DJAOUI, D., LONG, L., DOMERGUE, C., TOLLON, F., La provenance des barres de fer romaines des Saintes-Maries-de-la-Mer (Bouches-du-Rhône), *Gallia*, n° 63, 2006, p. 243-261.

(Coustures *et al.* 2003), COUSTURES, M. P., BÉZIAT, D., TOLLON, F., DOMERGUE, C., LONG, L., REBISCOUL, A., The use of trace element analysis of entrapped slag inclusions to establish ore - Bar iron links : examples from two galo-roman iron-making sites in France (Les Martys, Montagne noire, and les Ferrys, Loiret), *Archaeometry*, Oxford, n° 45, Fasc. 4, 2003, p. 599-613.

(Crew 1991), CREW, P., Experimental iron smelting and bloom smithing, linked to archaeological evidence from two sites in North Wales, *in: Archéologie expérimentale tome 1, le feu : le métal, la céramique. Actes du colloque de Beaume 1988*, Paris, Errance (ed.), 1991, p. 160-164 (Archéologie aujourd'hui).

(Crew 1994), CREW, P., Currency Bars in Great-Britain; Typologie and Function., *in: La sidérurgie ancienne de l'Est de la France dans son contexte européen. Archéologie et archéométrie, colloque de Besançon, Besançon, 10-13 Novembre 1993*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Les Belles Lettres (ed.), 1994, p. 346-350 (ALUB, n°536).

(D'anna et al. 1992), D'ANNA, A., LEVEAU, P., MOCCI, F., La montagne Sainte-Victoire de la Préhistoire à la fin de l'Antiquité : les rythmes de l'occupation humaine (prospection-inventaire 1989-1992), *Revue archéologique de la Narbonnaise*, n° 25, 1992, p. 265-299.

(Dabosi 2004), DABOSI, F., Chapitre 2 : La réduction: du minerai au métal. Encadré 7 : La forge à la Catalane, *in: Le fer*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Errance (ed.), 2004, p. 75-77 (Collection "Archéologiques").

(Daubrée 1868), DAUBRÉE, G. A., Aperçu historique sur l'exploitation des métaux dans la Gaule, *Revue archéologique*, n° 17, 1868, p. 289-313.

(Daubrée 1881), DAUBRÉE, G. A., Notice supplémentaire, *Revue Archéologique*, n° 41, 1881, p. 201-221, 261-284, 327-353.

(Daveau, Goustard 2000a), DAVEAU, I., GOUSTARD, V., Un complexe métallurgique et minier du haut Moyen Âge. Le site des Fourneaux à Vert-Saint-Denis (Seine-et-Marne), *Gallia*, n° 57, 2000a, p. 1-158.

(Daveau, Goustard 2000b), DAVEAU, I., GOUSTARD, V., L'extraction du minerai de fer à Vert-Saint-Denis (Seine-et-Marne) durant le haut Moyen Âge : l'émergence d'une « industrie lourde » au sein d'un habitat à vocation agricole, *in: Arts du feu et productions artisanales, XX^e Rencontre Internationale d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, Antibes, 21-23 octobre 1999*, P. PETREQUIN, P. FLUZIN, J. THIRIOT et al. (Dir.), Antibes, A.P.D.C.A. (ed.), 2000b, p. 15-36.

(Decaens 1971), DECAENS, J., Un nouveau cimetière du haut Moyen Âge en Normandie, Hérouvillette (Calvados), *Archéologie Médiévale*, Caen, n° I, 1971, p. 1-125.

(Decombeix et al. 1998), DECOMBEIX, P.-M., FABRE, J.-M., TOLLON, F., DOMERGUE, C., Evaluation du volume des ferriers romains du Domaine des Forges (Les Martyrs, Aude), de la masse de scories qu'ils renferment et de la production de fer correspondante, *Revue d'Archéométrie*, n° 22, 1998, p. 77-90.

(Decombeix et al. 2000), DECOMBEIX, P.-M., DOMERGUE, C., FABRE, J.-M., GORGUES, A., RICO, C., TOLLON, F., TOURNIER, B., Réflexions sur l'organisation de la production du fer à l'époque romaine dans le bassin supérieur de la Dure, au voisinage des Martyrs (Aude), *Gallia*, n° 57, 2000, p. 23-36.

(Decombeix et al. 2001), DECOMBEIX, P.-M., FABRE, J.-M., RICO, C., La sidérurgie dans la Montagne Noire à l'époque romaine. Aspects méthodologiques de la recherche, *in: L'obtenció del ferro pel procediment directe entre els segles IV i XIX, Actes del 6^e curs d'Arqueologia d'Andorra 2000*, A. VILA, O. CODINA, J.-M. BOSCH (Dir.), Andorra, Ministerio de Cultura, Area de Recerca Historica (ed.), 2001, p. 161-175.

(Decombeix *et al.* 2002), DECOMBEIX, P.-M., FABRE, J.-M., RICO, C., Aude. Mines et sidérurgie antiques sur le versant méridional de la Montagne Noire, *in: Bilan scientifique de la région Languedoc-Roussillon 2001*, D.R.A.C., S.R.A. (Dir.), Montpellier, Ministère de la culture et de la communication, Direction de l'architecture et du patrimoine, Sous-direction de l'archéologie (ed.), 2002, p. 212-213.

(Decombeix *et al.* 2004), DECOMBEIX, P.-M., FABRE, J.-M., RICO, C., Aude. Mines et sidérurgie antiques sur le versant méridional de la Montagne Noire, *in: Bilan scientifique de la région Languedoc-Roussillon 2002*, D.R.A.C., S.R.A. (Dir.), Montpellier, Ministère de la culture et de la communication, Direction de l'architecture et du patrimoine, Sous-direction de l'archéologie (ed.), 2004, p. 189.

(Delamare *et al.* 1982), DELAMARE, F., NICOLAS, G., MENCARELLI, E., Etude du forgeage d'un lingot de fer protohistorique, *Mémoires et études scientifiques. Revue de métallurgie*, n° 79, Fasc. 2, 1982, p. 97-104.

(Démians D'archimbaud 1972), DÉMIANS D'ARCHIMBAUD, G., Le matériel paléochrétien de la grotte de l'Hortus (Valflaunès, Hérault), *in: La grotte de l'Hortus (Valflaunès, Hérault). Les chasseurs néandertaliens et leur milieu de vie. Elaboration d'une chronologie du Würmien II dans le Midi méditerranéen*, H. DE LUMLEY (Dir.), Marseille, Laboratoire de Paléontologie Humaine et de Préhistoire (ed.), 1972, p. 653-657 (Etudes Quaternaires. Géologie, Paléontologie, Préhistoire. Mémoire n°1).

(Démians D'archimbaud 1980), DÉMIANS D'ARCHIMBAUD, G., *Rougiers, village médiéval de Provence : approches archéologiques d'une société rurale méditerranéenne*, Paris, Université de Paris I, 1980, Doctorat, 4 vol., 1350 et 775 p.

(Démians D'archimbaud 1994), DÉMIANS D'ARCHIMBAUD, G., *L'oppidum de Saint-Blaise du V^e au VII^e siècle*, Paris, Maison des Sciences de l'Homme (Ed.), 1994, 257 p. (Documents d'Archéologie Française, n°45).

(Desaulty 2008), DESAULTY, A.-M., *Apport des analyses chimiques multi-technique à la compréhension du comportement des éléments traces dans les filières sidérurgiques anciennes. Application aux études de provenance et à la distinction des procédés. Le cas du Pays de Bray normand.*, Belfort, Université de technologie de Belfort Montbéliard, 2008.

(Desaulty *et al.* sous-presse-a), DESAULTY, A.-M., MARIET, C., DILLMANN, P., JORON, J.-L., FLUZIN, P., The study of provenance of iron objects by ICP-MS multi-element analysis, *Spectrochimica Acta Part B : Atomic Spectroscopy*, sous-presse-a.

(Desaulty *et al.* sous-presse-b), DESAULTY, A.-M., MARIET, C., DILLMANN, P., JORON, J.-L., GRATUZE, B., CARLIER, C.-M., FLUZIN, P., Trace elements behaviour in direct and indirect iron metallurgy : the case of Pays de Bray (France), *in: Proceedings of the 2nd International Conference "Archaeometallurgy in Europe 2007"*, Aquileia, Italie, 2007, Aquileia, Associazione Italiana di Metallurgia (ed.), sous-presse-b.

(Dewerpe 2001), DEWERPE, A., *Histoire du travail*, Paris, Presse Universitaire de France (Ed.), 2001, 128 vol. (Que sais-je ?, n°164).

(Di Gangi 2002), DI GANGI, G., Note sulle attività estrattive e metallurgiche nel Piemonte nord-orientale tra medioevo ed età moderna : l'alta valle Sessera. Fonti scritte e materiali, *in: Il ferro nelle Alpi : Giacimenti, miniere e metallurgia dall'antichità al XVI secolo. Actes du colloque Iron in the Alps. Deposits, mines and metallurgy from antiquity to the XVI century, Bienna (Italie)*

octobre 1998, C.C. TIZZONI, M. TIZZONI (Dir.), Breno, Comune di Bienno (ed.), 2002, p. 66-79.

(Dieudonné-Glad 2000), DIEUDONNÉ-GLAD, N., L'atelier sidérurgique gallo-romain du Latté à Oulches (Indre), *Gallia*, n° 57, 2000, p. 63-75.

(Dieudonné-Glad, Rodet-Belarbi 2003), DIEUDONNÉ-GLAD, N., RODET-BELARBI, I., La gestion des déchets artisanaux et domestiques : actions individuelles ou concertées ? L'exemple d'une agglomération secondaire de Gaule romaine, in: *La ville et ses déchets dans le monde romain: rebuts et recyclages. Actes du colloque de Poitiers (19-21 Septembre 2002)*, P. BALLEST, P. CORDIER, N. DIEUDONNÉ-GLAD (Dir.), Montagnac, monique megoil (ed.), 2003, p. 181-196 (Archéologie et Histoire Romaine, n°10).

(Dillmann 1998), DILLMANN, P., *Diffraction X, Microdiffraction X et Microfluorescence X sous Rayonnement Synchrotron et analyses comparées pour la caractérisation des inclusions. Application à l'étude de l'évolution historique des procédés d'élaboration des objets ferreux (procédés direct et indirect)*, Compiègne, Université de Technologie de Compiègne, Philippe Fluzin (Dir.), Sciences Mécaniques pour l'ingénieur (E. D.), 1998, Thèse de Doctorat, 150 p.

(Dillmann, Fluzin 2003), DILLMANN, P., FLUZIN, P., Analyse des matériaux et histoire de la sidérurgie : Apport de la métallographie et de l'analyse à l'étude de l'élaboration et de l'utilisation des fers anciens, *Techné*, Paris, n° 18, 2003, p. 20-26.

(Dillmann et al. 2005), DILLMANN, P., ARANDA, R., L'HERITIER, M., FLUZIN, P., Forging of iron-steel artefacts : Archaeology, experiments and archaeometry, in: *1st International Conference of Paleosiderurgy and Industrial Heritage Recovery. Iron, History and Heritage*, San Sebastian, INASMET (ed.), 2005, p. 311-324.

(Dillmann, L'héritier 2007), DILLMANN, P., L'HERITIER, M., Slag inclusion analyses for studding ferrous alloys employed in French medieval building : supply of materials and diffusion of smelting processes, *Journal of Archaeological Science*, n° 34, Fasc. 11, 2007, p. 1810-1823.

(Dillmann et al. 2007), DILLMANN, P., BÉRANGER, G., PICCARDO, P., MATHIESEN, H. (Dir.), *Corrosion of metallic heritage artefacts: Investigation, conservation and prediction of long term behaviour*, Cambridge, Woodhead publishing (ed.), 2007, 320 p. (European Federation of Corrosion, n°48).

(Djaoui 2003), DJAOUI, D., *Le commerce du fer d'après les épaves des Saintes-Maries-de-la-Mer (50av. 90 ap. J.-C.)*, Aix-en-Provence, Aix-Marseille I, 2003, D.E.A.

(Djaoui, Long 2007), DJAOUI, D., LONG, L., Camargue et Rhône. Réflexions sur l'agencement des timbres des lingots de fer, in: *Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 2005*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 2007, p. 52-54.

(Domergue 1990), DOMERGUE, C., *Les mines de la péninsule ibérique dans l'Antiquité romaine*, Rome, Ecole Française de Rome (Ed.), 1990, 625 p. (Collection de l'Ecole Française de Rome, n°127).

(Domergue 1994), DOMERGUE, C., L'Etat romain et le commerce des métaux à la fin de la République et sous le Haut-Empire, *in: Economie antique ; les échanges dans l'Antiquité : le rôle de l'Etat*, 1994, p. 99-113 (Entretiens d'Archéologie et d'Histoire 1, Saint-Bertrand-de-Comminges).

(Domergue *et al.* 1997), DOMERGUE, C., BÉZIAT, D., CAUQUET, B., JARRIER, C., LANDES, C., MORASZ, J.-G., OLIVA, P., PULOU, R., TOLLON, F., Les moulins rotatifs dans les mines et centres métallurgiques antiques, *in: Techniques et économie antique et médiévale. Le temps de l'innovation. Colloque international du CNRS, Aix-en-Provence, mai 1996*, D. GARCIA, D. MEEKS (Dir.), Paris, Errance (ed.), 1997, p. 48-61 (Archéologie aujourd'hui - Travaux du Centre Camille Jullian n°21).

(Domergue, Liou 1997), DOMERGUE, C., LIOU, B., L'apparition de normes dans le commerce maritime romain : le cas des métaux et des denrées transportées en amphores, *Mélanges C. Domergue n°1, Pallas, revue d'études antiques*, n° 46, 1997, p. 11-30.

(Domergue, Leroy 2000), DOMERGUE, C., LEROY, M., L'état de la recherche sur les mines et les métallurgies en Gaule, de l'époque gauloise au haut Moyen Âge, *Gallia*, n° 57, 2000, p. 3-10.

(Domergue 2001), DOMERGUE, C., Le domaine des Forges (Les Martyrs), *in: Atlas historique des zones minières d'Europe, 1999*, A. OREJAS (Dir.), Luxembourg, Office des publications officielles des Communautés européennes (ed.), 2001 (Commission européenne. Action COST G2 "Paysages anciens et structures rurales").

(Domergue *et al.* 2003), DOMERGUE, C., BENQUET, L., DECOMBEIX, P.-M., FABRE, J.-M., GORGUES, A., RICO, C., TOLLON, F., La Guerre des Gaules et les débuts de la sidérurgie romaine en Montagne Noire, *Pallas, revue d'études antiques*, Toulouse, n° 63, 2003, p. 241-247.

(Domergue 2004a), DOMERGUE, C., Chapitre 5. Fer et société, *in: Le fer*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Errance (ed.), 2004a, p. 175-213 (Collection "Archéologiques").

(Domergue 2004b), DOMERGUE, C., Les mines et la production des métaux dans le monde méditerranéen au I^{er} millénaire avant notre ère. Du producteur au consommateur, *in: L'artisanat métallurgique dans les sociétés anciennes en méditerranée occidentale : techniques, lieux et formes de production*, A. LEHOËRFF (Dir.), Rome, Ecole Française de Rome (ed.), 2004b, p. 129-159 (Collection de l'Ecole Française de Rome, n°332).

(Domergue *et al.* 2006), DOMERGUE, C., SERNEELS, V., CAUQUET, B., PAILLER, J.-M., ORZECZOWSKI, S., Mines et métallurgies en Gaule à la fin de l'Âge du Fer et à l'époque romaine, *in: Celtes et Gaulois, l'Archéologie face à l'histoire, 5 : la romanisation et la question de l'héritage celtique. Actes de la table ronde de Lausanne, 17-18 juin 2005*, D. PAUNIER (Dir.), Glux-en-Glenne, Bibracte, Centre archéologique européen (ed.), 2006, p. 131-162 (Bibracte n°12/5).

(Domergue 1982), DOMERGUE, C. (Dir.), *Mines et fonderies antiques de la Gaule, Table ronde du CNRS, Toulouse, 1980*, Paris, C.N.R.S. (ed.), 1982, 329 p.

(Domergue 1989a), DOMERGUE, C. (Dir.), *Mines et métallurgie antiques et médiévales de la France méridionale : Recherches récentes, Actes des journées de Perpignan, Perpignan, 1987*, Perpignan, 1989a, 134 p.

(Domergue 1989b), DOMERGUE, C. (Dir.), *Minería y metalurgia en las antiguas civilizaciones mediterráneas y europeas, Coloquio interacional Asociado, Madrid, 1985*, Madrid, Ministerio de Cultura (ed.), 1989b, 2 vol., 261 et 223 p.

(Domergue 1993), DOMERGUE, C. (Dir.), *Un centre sidérurgique romain de la Montagne Noire : Le Domaine des Forges (Les Martyrs, Aube)*, Paris, C.N.R.S. (ed.), 1993, 477 p. (Revue Archéologique de la Narbonnaise, supplément n°27).

(Doswald 1994), DOSWALD, C., Les lingots de fer protohistoriques en Europe occidentale: problématique générale, *in: La sidérurgie ancienne de l'Est de la France dans son contexte européen. Archéologie et archéométrie, colloque de Besançon, Besançon, 10-13 Novembre 1993*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Les Belles Lettres (ed.), 1994, p. 333-343 (ALUB, n°536).

(Dousteyssier *et al.* 2004), DOUSTEYSSIER, B., SEGARD, M., TRÉMENT, F., AVEC LA COLLABORATION DE, BLANC, A., BLANC, P., LAISNÉ, S., TRIPEAU, V., Les *villae* gallo-romaines dans le territoire proche d'*Augusto-nemetum* - Clermont-Ferrand. Approche critique de la documentation archéologique, *Revue Archéologique du Centre de la France*, n° 43, 2004, p. 115-147.

(Dubois 2000), DUBOIS, C., Lercoul (Pyrénées ariégeoises) : un site sidérurgique du III^e s. de notre ère, *Gallia*, n° 57, 2000, p. 53-62.

(Duby 1977), DUBY, G., *L'économie rurale et la vie des campagnes dans l'Occident médiéval (France, Angleterre, Empire, IX^e-XV^e siècles). Essai de synthèse et perspectives de recherches*, Paris, Flammarion (Ed.), 1977, 2 vol., 285 et 288 p. (Champs).

(Duby, Wallon 1975), DUBY, G., WALLON, A. (Dir.), *Histoire de la France rurale des origines à 1340*, Paris, Seuil (ed.), 1975, 714 p. (Points Histoire).

(Dunikowski, Cabboi 1995), DUNIKOWSKI, C., CABBOI, S., *La sidérurgie chez les Sénons : les ateliers celtiques et gallo-romains des Clérimois (Yonne)*, Paris, Maison des Sciences de l'Homme (Ed.), 1995, 186 p. (Documents d'Archéologie Française, n°51).

(Dupuy 2004), DUPUY, F., *Anthropologie économique*, Paris, Armand Colin (Ed.), 2004, 192 p. (Cursus, Sociologie).

(Durliat 2002), DURLIAT, J., *De l'Antiquité au Moyen Âge. L'Occident de 313 à 800*, Paris, ellipses (Ed.), 2002, 192 p. (L'Antiquité: une histoire).

(Duvauchelle 2005), DUVAUCHELLE, A., *Les outils en fer du Musée romain d'Avenches*, Avenches, Association Pro Aventico (Ed.), 2005, 232 p. (Documents du Musée Romain d'Avenches, n°11).

(Echard 1968), ECHARD, N., *Noces de feu : métallurgie en pays Hausa, Niger*, France, 1968 (Film, 32 min).

(Ehrenreich 1985), EHRENREICH, R., *Trade, Technology and the Ironworking Community in the Iron Age of Southern Britain*, Oxford, 1985 (British Archaeological Reports, n°144).

(Eschenlohr 2001), ESCHENLOHR, L., *Recherches archéologiques sur le district sidérurgique du Jura central suisse*, Lausanne, 2001, 320 p. (Cahier d'Archéologie Romande, n°88).

(Eschenlohr *et al.* 2007), ESCHENLOHR, L., FRIEDLI, V., ROBERT-CHARRUE LINDER, C., SENN, M., AVEC UNE CONTRIBUTION DE, FELLNER, R., *Develier-Courtételle, un habitat rural mérovingien, 2. Métallurgie du fer et mobilier métallique*, Porrentruy, 2007, 356 p. (Cahiers d'Archéologie Jurassienne, n°14).

(F.A.O. *et al.* 1983), F.A.O., SOUS-DIVISION DES PRODUITS DE L'INDUSTRIE MÉCANIQUE DU BOIS, DIVISION DES INDUSTRIES FORESTIÈRES, DÉPARTEMENT DES FORÊTS (Dir.), *Techniques simples de carbonisation*, Rome, F.A.O. Organisation Des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (ed.), 1983, (Etude F.A.O., Forêts n°41).

(Fabre *et al.* 2001), FABRE, J.-M., SABLAYROLLES, R., TOLLON, F., L'exploitation antique du fer dans le haut bassin de l'Arros (Hautes-Pyrénées). Données techniques, *in: Les ressources naturelles des Pyrénées. Leur exploitation durant l'Antiquité*, R. SABLAYROLLES (Dir.), Saint-Bertrand-de-Comminges, musée archéologique départemental (ed.), 2001, p. 119-139 (Entretien d'Archéologie et d'Histoire de Saint-Bertrand-de-Comminges).

(Fabre 2004a), FABRE, J.-M., Chapitre 3 : Les activités de forge : le travail du métal. Encadré 1 : La forge d'épuration des Martyrs, *in: Le fer*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Errance (ed.), 2004a, p. 90-91 (Collection "Archéologiques").

(Fabre 2004b), FABRE, J.-M., Encadré 1: la forge d'épuration des Martyrs, *in: Le fer*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Errance (ed.), 2004b, p. 90-91 (Collection "Archéologiques").

(Fabre, Coustures 2005), FABRE, J.-M., COUSTURES, M. P., La recherche sur le sidérurgie antique en France. Chronique bibliographique 1985-2004, *Pallas, revue d'études antiques*, Toulouse, n° 67, 2005, p. 293-325.

(Fabre 1996), FABRE, L., *Le charbonnage historique de la chênaie à Qercus ilex L. (Languedoc, France) : conséquences écologiques*, Montpellier, Université de Montpellier II, 1996, Thèse de Doctorat, 2 vol.

(Faton 2006), FATON, L. (Dir.), *L'archéologie médiévale en France depuis 30 ans*, Paris, 2006, 117 p. (Dossiers Archéologie et sciences des origines, n°314 juin 2006).

(Fédou 1995), FÉDOU, R. (Dir.), *Lexique historique du Moyen Âge*, Paris, Armand Colin (ed.), 1995, 158 p. (Cursus).

(Ferdrière 1999), FERDIÈRE, A., L'artisanat gallo-romain entre ville et campagne (Histoire et Archéologie) : position historique du problème, méthodologie, historiographie, *in: Artisanat et production artisanales en milieu rural dans les provinces du nord-ouest de l'Empire romain (Actes du colloque d'Erpeldange, mars 1999)*, M. POLFER (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 1999, p. 9-24 (Monographies *instrumentum*, n°9).

(Ferdrière 2001), FERDIÈRE, A., La "distance critique" : artisans et artisanat dans l'Antiquité romaine et en particulier en Gaule, *Les petits cahiers d'Anatole*, n° 1, 07/02/2001, 99130 signes, http://www.univ-tours.fr/lat/pdf/F21_pdf, 2001.

(Ferdrière 2003), FERDIÈRE, A., La place du domaine foncier dans la production artisanale destinée au marché, *Revue Archéologique de Picardie, Cultivateurs, éleveurs et artisans dans les campagnes de la Gaule romaine, Actes du VI^e colloque AGER, Compiègne (Oise), juin 2002*, n° 1/2, 2003, p. 263-280.

(Ferdrière 2005), FERDIÈRE, A., L'artisanat en Gaule romaine, *in: S.F.E.C.A.G. Actes du congrès de Blois 5-8 mai 2005*, Marseille, S.F.E.C.A.G. (ed.), 2005, p. 7-14.

(Ferdrière 2007), FERDIÈRE, A., Des maîtres de domaines investissent dans la manufacture : *fundus* et production artisanale en Gaule romaine, *Revue Archéologique du Centre de la France*, n° 46, 2007.

(Feugère, Tendille 1989), FEUGÈRE, M., TENDILLE, C., Les objets métalliques, *in: L'oppidum d'Ambrussum et son territoire : fouilles au quartier du Sablas (Villetelle, Hérault) : 1979-1985*, J.-L. FICHES (Dir.), Paris, C.N.R.S. (ed.), 1989, p. 143-165 (Monographie du CRA, n°2).

(Feugère 1992), FEUGÈRE, M., Harnachement, char et attelage, *in: Les objets en fer dans les collections du musée archéologique de Saintes (I^{er}-XV^e siècle)*, M. FEUGÈRE, M. THAURE, G. VIENNE (Dir.), s.l, Musées de Saintes (ed.), 1992, p. 87-96.

(Feugère, Gros 1996), FEUGÈRE, M., GROS, P., Les ensembles funéraires gallo-romains du *Champ del Mas* à Banassac (Lozère, fouilles 1990), *Revue archéologique de Narbonnaise*, n° 29, 1996, p. 285-305.

(Feugère, Serneels 1998a), FEUGÈRE, M., SERNEELS, V., Production, commerce et utilisation du fer entre l'Ebre et le Rhône : premiers éléments de réflexion, *in: Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, M. FEUGÈRE, V. SERNEELS (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 1998a, p. 251-263 (Monographies *instrumentum*, n°4).

(Feugère 2002), FEUGÈRE, M., *Militaria* de Gaule Méridionale, 19. Le mobilier militaire romain dans le département de l'Hérault (F), *Gladus*, n° 22, 2002, p. 73-126.

(Feugère 2005), FEUGÈRE, M., Les petits objets, *in: Fouille archéologique programmée : établissement gallo-romain de l'Auribelle-Basse (Pézénas, Hérault)*, S. MAUNÉ (Dir.), Lattes, UMR 5140 Archéologie des sociétés méditerranéennes : milieux, territoires et civilisations (ed.), 2005 (Rapport final du programme de pluriannuel 2001/2003, Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie de Languedoc-Roussillon).

(Feugère 2006), FEUGÈRE, M., Les transformations des productions manufacturées : traditions et innovations, *in: Celtes et Gaulois, l'Archéologie face à l'histoire, 5 : la romanisation et la question de l'héritage celtique. Actes de la table ronde de Lausanne, 17-18 juin 2005*, D. PAUNIER (Dir.), Glux-en-Glenne, Bibracte, Centre archéologique européen (ed.), 2006, p. 163-168 (Bibracte n°12/5).

(Feugère, Serneels 1998b), FEUGÈRE, M., SERNEELS, V. (Dir.), *Recherches sur l'économie de fer en Méditerranée nord-occidentale*, Montagnac, monique mergoïl (ed.), 1998b, 263 p. (Monographies *instrumentum*, n°4).

(Février 1976), FÉVRIER, P.-A., Problèmes de l'habitat du midi méditerranéen à la fin de l'Antiquité et dans le haut Moyen Âge, *in: 30^e colloque du IX^e congrès UISPP : Les relations entre l'Empire romain tardif, l'Empire franc et ses voisins*, K. BOHNER (Dir.), Nice, 1976, p. 144-182.

(Février 1980), FÉVRIER, P.-A., *Vetera et nova : le poids du passé, les germes de l'avenir, III^e-VI^e siècle*, *in: Histoire de la France urbaine, tome 1 : la ville antique des origines au IX^e siècle*, G. DUBY (Dir.), Paris, Seuil (ed.), 1980, p. 399-495.

(Février *et al.* 1989), FÉVRIER, P.-A., BATS, M., CAMPS, G., FIXOT, M., GUYON, J., RISER, J., *La Provence des origines à l'an mil : Histoire et Archéologie*, Ouest-France (Ed.), 1989, 521 p.

(Fiches 1989a), FICHES, J.-L., Villes et campagnes : l'organisation du territoire, *in: Archéologie de la France : 30 ans de découvertes*, RÉUNION DES MUSÉES NATIONAUX (Dir.), Paris, Réunion des musées nationaux (ed.), 1989a, p. 298-299.

(Fiches 2002), FICHES, J.-L., Genèse d'une enquête, présentation de l'ouvrage, *in: Les agglomérations gallo-romaines en Languedoc-Roussillon. Projet collectif de recherche (1993-1999)*, J.-L. FICHES (Dir.), Lattes, UMR154 (ed.), 2002, p. 15-22 (Monographies d'Archéologie Méditerranéenne, n°13).

(Fiches, Mathieu 2002), FICHES, J.-L., MATHIEU, V., Ambrussum, Villetelle (Hérault), *in: Les agglomérations gallo-romaines en Languedoc-Roussillon*, J.-L. FICHES (Dir.), Lattes, Publication de l'UMR 154 du C.N.R.S. (ed.), 2002, p. 521-557 (Monographie d'Archéologie Méditerranéenne, n°14).

(Fiches 2007), FICHES, J.-L., *Ambrussum, une étape de la voie Domitienne*, Nouvelles Presses du Languedoc (Ed.), 2007, 128 p.

(Fiches 1989b), FICHES, J.-L. (Dir.), *L'oppidum d'Ambrussum et son territoire : fouilles au quartier du Sablas (Villetelle, Hérault) : 1979-1985*, Paris, C.N.R.S. (ed.), 1989b, 286 p. (Monographie du CRA, n°2).

(Fiches 1996), FICHES, J.-L. (Dir.), *Le III^e siècle en Gaule Narbonnaise : Données régionales sur la crise de l'Empire, Actes de la table ronde du GDR 954 « Archéologie de l'espace rural méditerranéen dans l'Antiquité et le haut Moyen Âge » (Aix-en-Provence, 1995)*, Antibes, A.P.D.C.A. (ed.), 1996, 404 p.

(Fiches *et al.* 2002), FICHES, J.-L., AVEC LA COLLABORATION DE, DEDET, B., GAZENBEEK, M., LE COZ, N., MATHIEU, V., BARBERAN, S., BERDEAUX-LE BRAZIDEC, M.-L., BOUTIN, A., PIQUES, G., ROVIRA, N. (Dir.), *Ambrussum (Villetelle, Hérault)*, Lattes, UMR 5140 Archéologie des sociétés méditerranéennes : milieux, territoires et civilisations/AFAN Méditerranée (ed.), 2002, 70 p. (Rapport intermédiaire n°1 de fouilles programmées (triennale 2002-2004), Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie de Languedoc-Roussillon).

(Finley 1975), FINLEY, M. I., *L'économie antique*, Paris, Minuit (Ed.), 1975, 241 p. (traduction de "The Ancient economy", Londres, 1973).

(Fiori 1973), FIORI, P., Gisement de blocs de fer au Cap Gros à Antibes, *Cahier d'archéologie subaquatique*, n° II, 1973, p. 95-96.

(Fixot 1980), FIXOT, M., Une image idéale, une réalité difficile : les villes du VII^e-IX^e siècle, *in: Histoire de la France urbaine, tome 1 : la ville antique des origines au IX^e siècle*, G. DUBY (Dir.), Paris, Seuil (ed.), 1980, p. 496-563.

(Fluck *et al.* 1995), FLUCK, P., GASSMANN, G., GOLDENBERG, G., Le fer dans les régions Rhénanes (Vosges, vallée du Rhin, Forêt-Noire) avant la guerre de trente ans. Rudiments d'une cartographie, *in: Paléométaballurgie du fer et cultures, Symposium international du Comité pour la Sidérurgie Ancienne, Belfort - Sévenans, 1-2-3 novembre 1990*, P. BENOÎT, P. FLUZIN (Dir.), Belfort, Vulcain / A.E.D.E.H. (ed.), 1995, p. 415-428.

(Fluzin 1983), FLUZIN, P., Notions élémentaires de sidérurgie, *in: Métallurgies Africaines, nouvelles contributions*, N. ECHARD (Dir.), Paris, 1983, p. 13-44 (Mémoire de la Société des Africanistes, n°9).

(Fluzin 1994), FLUZIN, P., Interprétation des études métallographiques des scories : recherche d'éléments discriminatoires, *in: La sidérurgie ancienne de l'Est de la France dans son contexte européen. Archéologie et archéométrie, colloque de Besançon, Besançon, 10-13 Novembre 1993*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Les Belles Lettres (ed.), 1994, p. 24-30 (ALUB, n°536).

(Fluzin *et al.* 1995), FLUZIN, P., BENOÎT, P., KEINON, H.-T., KIETHGA, J.-B., KEDIM, O. E., Apports de l'archéométrie à la restitution de la chaîne opératoire des procédés sidérurgiques directs à partir des vestiges archéologiques ; intérêts des comparaisons ethnographiques, *in: The Impotance of Ironmaking : Technical Innovation and Social Change. Papers presented at the Norberg Conference on May 1995*, G. MAGNUSSON (Dir.), Stockholm, Jernkontorets Bergshistoriska Utskott (ed.), 1995, p. 56-64.

(Fluzin, Leclere 1998), FLUZIN, P., LECLERE, D., Etat de l'interprétation des scories sidérurgiques à partir d'investigations métallographiques, *in: Les métaux antiques: travail et restauration, Actes du colloque (Poitiers, septembre 1995)*, G. NICOLINI, N. DIEUDONNÉ-GLAD (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 1998, p. 135-144 (Monographies *instrumentum*, n°6).

(Fluzin *et al.* 2000), FLUZIN, P., PLOQUIN, A., SERNEELS, V., Archéométrie des déchets de production sidérurgique. Moyens et méthodes d'identification des différents éléments de la chaîne opératoire directe, *Gallia*, n° 57, 2000, p. 101-121.

(Fluzin 2001), FLUZIN, P., Apport de l'archéométrie à la restitution de la chaîne opératoire ; matériaux archéologiques et procédés. Etudes métallographiques, *in: L'obtencio del ferro pel procediment directe entre els segles IV i XIX, Actes del 6e curs d'Arqueologia d'Andorra 2000*, A. VILA, O. CODINA, J.-M. BOSCH (Dir.), Andorra, Ministerio de Cultura, Area de Recerca Historica (ed.), 2001, p. 336-365.

(Fluzin 2002), FLUZIN, P., La chaîne opératoire en sidérurgie : matériaux archéologiques et procédés. Apport des études métallographiques, *in: Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique. Une Ancienneté méconnue. Afrique de l'Ouest et Afrique centrale*, H. BOCOUM (Dir.), Paris, U.N.E.S.C.O. (ed.), 2002, p. 59-91.

(Fluzin *et al.* 2004), FLUZIN, P., PLOQUIN, A., DABOSI, F., Chapitre 4 : approches métallographiques et archéométriques, *in: Le fer*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Errance (ed.), 2004, p. 113-173 (Collection "Archéologiques").

(Fluzin 2006), FLUZIN, P., Premiers résultats des études métallographiques concernant les masses de métal brutes, *in: Alle origini della siderurgia lecchese, Ricerche archeometallurgiche ai Piani d'Erna*, M. TIZZONI, C. CUCINI, M. RUFFA (Dir.), Lecco, Musei Civici (ed.), 2006, p. 129-146 (MATERIALI, Periodico dei Musei di Lecco).

(Forbes 1955, 1963 et 1964), FORBES, R.-J., *Studies in ancient technology*, Leiden, E.J. Brill (Ed.), 1955, 1963 et 1964, 5 vol., 199, 215, 253, 288 et 295 p.

(Fossier 1995), FOSSIER, R., *L'Occident médiéval V^e-XIII^e siècle*, Paris, Hachette (Ed.), 1995, 160 p. (Les Fondamentaux ,n°42).

(Fossier 1999), FOSSIER, R., Terre, in: *Dictionnaire raisonné de L'Occident Médiéval*, J. LE GOFF, J.-C. SCHMITT (Dir.), Paris, Fayard (ed.), 1999, p. 1123-1136.

(Fossier 2000), FOSSIER, R., *Le travail au Moyen Âge*, Paris, Hachette (Ed.), 2000, 316 p.

(Fournier 1994), FOURNIER, S., *La moyenne vallée de l'Asse (Alpes-de-Haute-Provence)*, Aix-en-Provence, 1994 (Rapport de prospection, Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie de Provence-Alpes-Côte-d'Azur).

(Fourquin 1975), FOURQUIN, G., Le premier Moyen Âge, in: *Histoire de la France rurale des origines à 1340*, G. DUBY, A. WALLON (Dir.), Paris, Seuil (ed.), 1975, p. 317-415 (Points Histoire).

(France-Lanord 1963), FRANCE-LANORD, A., Les lingots de fer protohistoriques, *Revue d'histoire de la sidérurgie*, n° 4, 1963, p. 167-178.

(Gallay 1977), GALLAY, A., *Le Néolithique moyen du Jura et des plaines de la Saône : contribution à l'étude des relations Chassey-Cortailod-Michelsberg*, Frauenfeld (CH), Verlag Huber (Ed.), 1977, 344 p. (Antiqua).

(Gantès 2001), GANTÈS, J.-F., Les espaces artisanaux dans l'antiquité, in: *Marseille. Trames et paysages urbains de Gyptis au Roi René, Actes du colloque de Marseille, Marseille, 1999*, M. BOUIRON, H. TREZINY, B. BIZOT et al. (Dir.), Aix-en-Provence, Edisud (ed.), 2001, p. 300-306 (Etudes Massaliètes, n°7).

(Garcia, Schneider 1998), GARCIA, D., SCHNEIDER, L., Les piémonts héraultais (de la Dourbie au Larzac) de la fin du II^e siècle av. J.-C. au III^e siècle apr. J.-C., in: *Carte archéologique de la Gaule : le Lodevois (34/1)*, L. SCHNEIDER, D. GARCIA (Dir.), Paris, Fondation Maison des Sciences de l'Homme (ed.), 1998, p. 50-53.

(Gascou 2002), GASCOU, J., Une inscription de Martigues et le statut de *Maritima Avaticorum*, *Revue Archéologique de Narbonnaise*, n° 35, 2002, p. 195-198.

(Geist 2002), GEIST, H., Valdeblore, Millefont, in: *Bilan scientifique de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur 2001*, D.R.A.C., S.R.A. (Dir.), Aix-en-Provence, Ministère de la culture et de la communication, Direction de l'architecture et du patrimoine, Sous-direction de l'archéologie (ed.), 2002, p. 83-84.

(Geist 2002a), GEIST, H., Chronique des fouilles médiévales en France en 2001 ; VIII 2.- Prospections thématiques ; Valdeblore (Alpes-Maritimes). Millefont - Unité pastorale des Millefont, *Archéologie Médiévale*, Paris, n° XXXII, 2002a, p. 338.

(Geist 2002b), GEIST, H., Chronique des fouilles médiévales en France en 2001 ; VIII 2.- Prospections thématiques ; Tende (Alpes-Maritimes). Sabion, *Archéologie Médiévale*, Paris, n° XXXII, 2002b, p. 337.

(Genty, Schneider 2002), GENTY, P.-Y., SCHNEIDER, L., Saint-Bauzille de Montmel (Hérault) : Puech des Mourgues/Mormelicum, in: *Les agglomérations gallo-romaines en Languedoc-Roussillon. Projet Collectif de Recherche (1993-1999)*, J.-L. FICHES (Dir.), Lattes, Publication de l'UMR 154 du C.N.R.S. (ed.), 2002 (Monographies d'Archéologie Méditerranéenne, n°14).

(Gille 1968), GILLE, B., L'organisation de la production du fer au Moyen Âge, *Revue d'histoire de la Sidérurgie*, n° 9, 1968, p. 95-119.

(Ginouvez *et al.* 1998), GINOUBEZ, O., POMARÈDES, H., FEUGÈRE, M., Le travail du fer sur la villa de la Domergue à Sauvian (Hérault), *in: Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, M. FEUGÈRE, V. SERNEELS (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 1998, p. 181-185 (Monographies *instrumentum*, n°4).

(Ginouvez, Vidal 1998), GINOUBEZ, O., VIDAL, F., La forge antique de Saint-Jean d'Aureilhan à Béziers (Hérault), *in: Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, M. FEUGÈRE, V. SERNEELS (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 1998, p. 150-152 (Monographies *instrumentum*, n°4).

(Ginouvez, Schneider 2000), GINOUBEZ, O., SCHNEIDER, L., Paulhan. L'Ermitage Bas, *in: Bilan scientifique de la région Languedoc-Roussillon 1999*, D.R.A.C., S.R.A. (Dir.), Montpellier, Ministère de la culture et de la communication, Direction de l'architecture et du patrimoine, Sous-direction de l'archéologie (ed.), 2000, p. 140-141.

(Godard, Bouffartigue 2006), GODARD, F., BOUFFARTIGUE, P., Introduction, *in: Enquête, n°2 : Au fil de la lignée. Familles de sidérurgistes en Provence*, 2006 (<http://enquete.revues.org/document217.html>).

(Gosselain 2002), GOSSELAIN, O. P., *Poteries du Cameroun méridional. Styles techniques et rapports à l'identité*, Paris, CNRS éditions (Ed.), 2002, 254 p. (CRA - Monographies, n°26).

(Goudineau 1989), GOUDINEAU, C., La Gaule romaine : une réussite économique ?, *in: Archéologie de la France : 30 ans de découvertes*, RÉUNION DES MUSÉES NATIONAUX (Dir.), Paris, Réunion des musées nationaux (ed.), 1989, p. 294-297.

(Gourdiolle, Landes 1998), GOURDIOLE, R., LANDES, C., La transalpine minière : des Monts d'Orb au bassin de Lodève, *in: Carte archéologique de la Gaule : le Lodévois (34/1)*, L. SCHNEIDER, D. GARCIA (Dir.), Paris, Fondation Maison des Sciences de l'Homme (ed.), 1998, p. 53-66.

(Gras 1840), GRAS, S., *Statistique minéralogique du département des Basses-Alpes*, Grenoble, Prudhomme (Ed.), 1840, 224 p.

(Guerreau-Jalabert 1999), GUERREAU-JALABERT, A., Moyen Âge, *in: Dictionnaire raisonné de L'Occident Médiéval*, J. LE GOFF, J.-C. SCHMITT (Dir.), Paris, Fayard (ed.), 1999, p. 861-876.

(Guyard 2003), GUYARD, L., *Le Collège de France (Paris). Du quartier gallo-romain au Quartier latin*, Paris, Maison des Sciences de l'Homme (Ed.), 2003, 283 p. (Documents d'Archéologie Française, n°95).

(Guyon *et al.* 1998), GUYON, J., NIN, N., RIVET, L., SAULNIER, S. (Dir.), *Atlas topographique des villes de Gaule méridionale, 1, Aix-en-Provence*, Montpellier, Association de la Revue archéologique de Narbonnaise (ed.), 1998, 313 p. (Revue Archéologique de Narbonnaise, supplément 30).

(Hahn 1997), HAHN, H. P., *Techniques de métallurgie au nord-Togo*, Lomé, Presses de l'Université du Bénin (Ed.), 1997, 175 p. (Patrimoines, n°6).

(Hanemann 1930), HANEMANN, H., Untersuchung eines eisernen Spitzbarrens aus der vorrömischen, *Prähistorische Zeitschrift*, n° 21, 1930, p. 271.

(Haselgrove, Hingley 2006), HASELGROVE, C., HINGLEY, R., Iron deposition and its significance in pre-Roman Britain, in: *Les dépôts métalliques au second âge du Fer en Europe tempérée. Actes de la table ronde (Glux-en-Glenne, 2004)*, G. BATAILLE, J.-P. GUILLAUMET (Dir.), Glux-en-Glenne, Bibracte (ed.), 2006, p. 147-163 (Bibracte, n°11).

(Heers 1968), HEERS, J., *Le travail au Moyen Âge*, Paris, Presse universitaire de France (Ed.), 1968, 124 p. (que sais-je ? n°1186).

(Hesse 1986), HESSE, P.-J., Artistes, artisans ou prolétaires ? Les hommes de la mine au Moyen Âge. Actes du colloque international (Rennes, 1983), in: *Artistes, artisans et production artistique au Moyen Âge*, X. BARRAL I ALTET (Dir.), Paris, Picard (ed.), 1986, p. 431-473.

(Huysecom 1996), HUYSECOM, E., *Inâgina : l'ultime maison du fer. Métallurgie en pays Dogon, Mali*, Suisse, 1996 (Film disponible sur : <http://anthro.unige.ch/galerie/inagina/index.html>).

(Izard 1994), IZARD, V., Cartographie successive des entreprises métallurgiques dans les Pyrénées nord catalanes ; support préliminaire à l'étude éco-historique des forêts charbonnées, *Archéologie du Midi Médiéval*, n° 12, 1994, p. 115-129.

(Izard 1999), IZARD, V., *Les montagnes du fer : Eco-histoire de la métallurgie et des forêts dans les Pyrénées méditerranéennes (de l'Antiquité à nos jours), pour une histoire de l'environnement*, Université de Toulouse II, 1999, Doctorat de Géographie, 2 vol., 560 et 192 p.

(Izard, Mut 2007), IZARD, V., MUT, G., Mines, forges et charbonnières dans le massif du Canigou. Problèmes de transition entre les industries antiques et les indices du renouveau carolingien, *Domitia*, n° 8/9, 2007, p. 121-135.

(Jacob 1981), JACOB, J.-P., *Le monde des potiers gallo-romains, esquisse d'une problématique sociale, économique et juridique*, Dijon, 1981, Thèse de Doctorat d'Etat Droit et Science Politique, 2 vol., 328 et 303 p.

(Jacobi 1974), JACOBI, G., *Werkzeug und Gerät aus dem Oppidum von Manching*, Wiesbaden, 1974.

(Jamard 1991), JAMARD, J.-L., Production domestique, in: *Dictionnaire de l'ethnologie et de l'anthropologie*, P. BONTE, M. IZARD (Dir.), Paris, Presses Universitaires de France (ed.), 1991, p. 602-603.

(Jamet 2001), JAMET, M., Approche par la modélisation du complexe de potiers de Sallèles d'Aude, in: *20 ans de recherches à Sallèles d'Aude*, F. LAUBENHEIMER (Dir.), Paris, Les Belles Lettres/Presses universitaires franc-comtoises (ed.), 2001, p. 257-284 (Série Amphores).

(Janin, (Dir.) 2003), JANIN, T., (DIR.), Chronique de Protohistoire européenne. Les dépôts d'objets métalliques en France et en Espagne, *Documents d'Archéologie méridionale*, ADAM éditions, n° 26, 2003, p. 349-400.

(Joncheray 1994), JONCHERAY, J.-P., L'épave Dramont C, *Cahier d'archéologie subaquatique*, n° XII, 1994, p. 5-51.

(Jospin 2005-2006), JOSPIN, J.-P., *Uicus Augusti* : Aoste, Isère, *Revue Archéologique de Narbonnaise*, n° 38-39, 2005-2006, p. 61-72.

(Kimmig, Gersbach 1971), KIMMIG, W., GERSBACH, E., Die Gradungen auf der Heuneburg 1966-1969, *Germania*, n° 49, 1971.

(Kleemann 1961), KLEEMANN, O., Stand der archäologischen Forschung über die eisernen Doppelpyramiden-(Spitz) Barren, *Archiv für das Eisenhüttenwesen*, n° 32, 1961.

(Kleemann 1966), KLEEMANN, O., Der erste Fund vorgeschichtlicher Eisenbarren in Franken, *Mainfränkisches Jahrbuch für Geschichte und Kunst*, n° 18, 1966.

(Kotarba, Leblanc 1998), KOTARBA, J., LEBLANC, J.-C., L'habitat et l'atelier métallurgique du site des Coudoumines III à Caramany (Pyrénées-Orientales), in: *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, M. FEUGÈRE, V. SERNEELS (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 1998, p. 186-209 (Monographies instrumentum, n°4).

(Kotarba, Vignaud 2001), KOTARBA, J., VIGNAUD, A., *Saint-Cyprien, Las Chinchettes, Quelques données sur les occupations du Néolithique final et de l'Antiquité tardive*, Perpignan, 2001, 130 p. (Document Final Synthèse de l'opération de mai-juin 2001, S.R.A. Languedoc-Roussillon, A.F.A.N., Roussillon Lotissement et Design Méditerranée).

(Kotarba 2007), KOTARBA, J., Les sites d'époque wisigothique de la ligne LGV. Apports et limites pour les études d'occupation du sol de la plaine du Roussillon, *Domitia*, n° 8/9, 2007, p. 43-70.

(L'heritier et al. 2005), L'HERITIER, M., JUHIN, A., DILLMANN, P., ARANDA, R., BENOÎT, P., Utilisation des alliages ferreux dans la construction monumentale du Moyen Âge. Etat des lieux de l'avancée des études métallographiques et archéométriques, *ArcheoSciences, Revue d'Archéométrie*, n° 29, 2005, p. 117-132.

(Langlois 1989), LANGLOIS, G., Inventaire et étude des mines et industries métallurgiques des corbières du Moyen Âge à nos jours, in: *Mines et métallurgies antiques et médiévales de la France méridionale. Recherches récentes. Journées de Perpignan (Février 1987)*, Perpignan, Université de Toulouse Le Mirail - Ville de Perpignan (ed.), 1989, p. 37-54.

(Lasfergues 1983), LASFERGUES, J. (Dir.), *Architectures de terre et de bois. L'habitat privé des provinces occidentales du monde romain. Antécédents et prolongements : Protohistoire, Moyen Âge et quelques expériences contemporaines*, Paris, Edition des sciences de l'homme (ed.), 1983, 191 p. (Document d'Archéologie Française).

(Laubenheimer 1990), LAUBENHEIMER, F. (Dir.), *Sallèles d'Aude, un complexe de potiers gallo-romain*, Paris, Maison des Sciences de l'Homme (ed.), 1990, 157 p. (Documents d'Archéologie Française, n°26).

(Laubenheimer 2001), LAUBENHEIMER, F. (Dir.), *20 ans de recherches à Sallèles d'Aude*, Paris, Les Belles Lettres/Presses universitaires franc-comtoises (ed.), 2001, 296 p. (Série Amphores).

(Le Glay 1975), LE GLAY, M., La Gaule romanisée, in: *Histoire de la France rurale des origines à 1340*, G. DUBY, A. WALLON (Dir.), Paris, Seuil (ed.), 1975, p. 201-316 (Points Histoire).

(Le Goff 1982), LE GOFF, J., *La civilisation de l'Occident médiéval*, Paris, Flammarion (Ed.), 1982, 366 p. (Champs).

(Le Goff 1999a), LE GOFF, J., *Un autre Moyen Âge (Ouvrage qui réunit : Pour un autre Moyen Âge, 1977 ; L'occident médiéval et le temps, 1999 ; L'imaginaire médiéval, 1985 et 1991 ; La naissance du purgatoire, 1981 ; Les limbes, 1986 ; La bourse ou la vie, 1986 ; Rire au Moyen Âge, 1999 ; Le rire dans les règles monastiques du haut Moyen Âge, 1999.)*, Paris, Gallimard (Ed.), 1999a, 1375 p. (Quarto).

(Le Goff 1999b), LE GOFF, J., *Un autre Moyen Âge*, Paris, Gallimard (Ed.), 1999b, 1375 p. (Quarto).

(Le Roux 1988), LE ROUX, J., La métallurgie, *in: Un village au temps de Charlemagne*, J. CUISENIER (Dir.), Paris, Réunion des musées nationaux (ed.), 1988, p. 291-300.

(Leblanc 1997), LEBLANC, J.-C., Caractérisation d'une activité spécialisée : des forgerons-charrons au premier siècle après J.-C., *Mélanges C. Domergue n°1, Pallas, revue d'études antiques*, n° 46, 1997, p. 251-263.

(Leblanc 2002), LEBLANC, J.-C., *Sur l'identification de la chaîne opératoire de forgeage du fer antique, associée à l'archéométrie des battitures*, Toulouse, Université de Toulouse III, 2002, Doctorat, 186 p.

(Ledebur 1895), LEDEBUR, A., *Manuel théorique et pratique de la métallurgie du fer*, Paris, Librairie polytechnique Baudry et Cie (Ed.), 1895, 534 et 691 p.

(Lemonnier 1976), LEMONNIER, P., La description des chaînes opératoires : contribution à l'analyse des systèmes techniques, *Techniques & Culture*, n° 1, 1976, p. 100-151.

(Leroi-Gourhan 1997), LEROI-GOURHAN, A., *Dictionnaire de la préhistoire*, Paris, Presses Universitaires de France (Ed.), 1997, 1277 p. (Quadrige ; 1^{er} édition 1988).

(Leroy 1997), LEROY, M., *La Sidérurgie en Lorraine avant le haut fourneau : L'utilisation du minerai de fer oolithique en réduction direct*, Paris, C.N.R.S. (Ed.), 1997, 306 p. (Monographies du CRA, n°18).

(Leroy et al. 2000a), LEROY, M., MANGIN, M., LAURENT, H., BOUKEZZOULA, M., RAÏSSOUNI, B., La sidérurgie dans l'Est de la Gaule : L'organisation spatiale de la production de l'Âge du Fer au haut Moyen Âge, *Gallia*, 2000a, p. 11-21.

(Leroy et al. 2000b), LEROY, M., MERLUZZO, P., FLUZIN, P., LECLERE, D., AUBERT, M., PLOQUIN, A., La restitution des savoir-faire pour comprendre un procédé technique : l'apport de l'expérimentation en archéologie du fer, *in: Arts du feu et productions artisanales, XX^e Rencontre Internationale d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, Antibes, 21-23 octobre 1999*, P. PETREQUIN, P. FLUZIN, J. THIRIOT et al. (Dir.), Antibes, A.P.D.C.A. (ed.), 2000b, p. 37-52.

(Leroy 2001), LEROY, M., La production sidérurgique en Gaule : changements et mutations perceptibles entre Haut Empire et les débuts du haut Moyen Âge, *in: L'artisanat romain : évolutions, continuité et ruptures (Italie et provinces occidentales)*, M. POLFER (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 2001, p. 79-96 (Monographies *instrumentum*, n°20).

(Leroy, Merluzzo 2004), LEROY, M., MERLUZZO, P., Chapitre 2. La réduction : du minéral au métal, *in: Le fer*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Errance (ed.), 2004, p. 49-80 (Collection "Archéologiques").

(Leroy à paraître), LEROY, M., Les modes de production du fer au haut Moyen Âge. L'exemple des ateliers sidérurgiques de Lorraine centrale, *in: Actes des XXVII^e journées internationales de l'Association Française d'Archéologie Mérovingienne (Nancy, 2005)*, à paraître.

(Leroy *et al.* sous-presse), LEROY, S., DESAULTY, A.-M., DILLMANN, P., TEREYGEOL, F., VERNA, C., BERTRAND, L., First examinations of ore, slag and iron artefacts from the iron-making site of Castel-Minier (Aulus-les-Bains, 09, France), *in: Proceedings of the 2nd International Conference "Archaeometallurgy in Europe 2007"*, Aquileia, Italie, 2007, Aquileia, Associazione Italiana di Metallurgia (ed.), sous-presse.

(Leveau 1983), LEVEAU, P., La ville antique, "ville de consommation"? Parasitisme social et économie antique, *Etudes rurales*, n° 89-90-91, 1983, p. 275-289.

(Locci 2001), LOCCI, J.-P., Mines et carrières en pays d'Apt, *in: Le pays d'Apt. Ville et Villages. Histoire, société et économie du Moyen Âge à nos jours*, Apt, Archipal (ed.), 2001, p. 215-230.

(Long 1985), LONG, L., L'épave antique Bagaud 2, *in: VI Congreso Internacional de Arqueología Submarina (Cartagena, 1982)*, Madrid, Ministerio de Cultura, Subdirección General de Arqueología y Etnografía, (ed.), 1985, p. 93-98.

(Long 1987), LONG, L., Quelques précisions sur le conditionnement des lingots d'étain de l'épave antique Bagaud 2 (Var), *in: Les mines et la métallurgie en Gaule et dans les provinces voisines*, Paris, Errance (ed.), 1987, p. 149-157 (Caesarodunum, n°XXII).

(Long 1993), LONG, L., Gard. Au large d'Aigues-Mortes, de l'Espiguette au Petit-Rhône, *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 1992*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 1993, p. 39.

(Long 1994), LONG, L., De l'Espiguette au Petit-Rhône, épave 12 (Saintes-Maries-de-la-Mer 2), *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 1993*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 1994, p. 29-30.

(Long, Domergue 1995), LONG, L., DOMERGUE, C., "le véritable plomb de *L. Flavius Verucla*" et autres lingots : l'épave 1 des Saintes-Maries-de-la-Mer, *Mélanges de l'École Française de Rome*, n° 107, Fasc. 2, 1995, p. 801-867.

(Long 1996), LONG, L., Au large des Saintes-Maries-de-la-Mer, Carte archéologique (épave SM2), *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 1995*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 1996, p. 40-44.

(Long 1997a), LONG, L., Inventaire des épaves de Camargue, de l'Espiguette au grand Rhône. Des cargaisons de fer de l'Antiquité aux gisements du XIX^e siècle. Leur contribution à l'étude du paléorivage, *in: Crau, Alpilles, Camargue. Histoire et archéologie. Actes du colloque de Novembre 1995*, M. BAUDAT (Dir.), Arles, Groupe Archéologique Arlésien (ed.), 1997a, p. 59-113.

(Long 1997b), LONG, L., Carte archéologique au large de la Camargue, les épaves SM2 et SM10, réflexion typologique, *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 1996*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 1997b, p. 73-81.

(Long *et al.* 1997), LONG, L., LEROY, F., LONCHAMBON, C., Carte archéologique au large de la Camargue, *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 1996*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 1997, p. 73-81.

(Long 2001), LONG, L., Gard et Bouches du Rhône, au large de la Camargue, *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 1997*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 2001, p. 44-48.

(Long 2002), LONG, L., Littoral de Camargue, *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 2001*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 2002, p. 50-53.

(Long *et al.* 2002a), LONG, L., DELAUZE, H.-G., DRAP, P., GANTÈS, L.-F., RIVAL, M., Var au large d'Hyères, *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 2001*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 2002a, p. 74-77.

(Long *et al.* 2002b), LONG, L., HOYAU, A., PITON, J., Carte archéologique Camargue et Rhône, *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 2001*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 2002b, p. 50-55.

(Long *et al.* 2002c), LONG, L., RICO, C., DOMERGUE, C., Les épaves antiques de Camargue et le commerce maritime du fer en Méditerranée nord-occidentale (I^{er} siècle avant J.-C. - I^{er} siècle après J.-C.), *L'Africa romana*, Rome, n° XIV, 2002c, p. 161-188.

(Long 2003), LONG, L., Carte archéologique au large de la Camargue, *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 2002*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 2003, p. 53-57.

(Long *et al.* 2003), LONG, L., DRAP, P., GANTÈS, L.-F., RIVAL, M., Var au large d'Hyères, *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 2002*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 2003, p. 68-70.

(Long, Illouze 2003a), LONG, L., ILLOUZE, A., Nouvelles épaves de Camargue. Les gisements antiques, modernes et contemporains, *in: Delta du Rhône. Camargue antique et médiévale*, Edition de l'APA (ed.), 2003a, p. 291-330 (Bulletin Archéologique de Provence, Supplément 2).

(Long, Illouze 2003b), LONG, L., ILLOUZE, A., Carte archéologique au large de la Camargue, *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 1998*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 2003b, p. 32-38.

(Long, Sintès 2003), LONG, L., SINTÈS, C., Commerce maritime et fluvial aux embouchures du Rhône : Le rôle d'Arles dans l'Antiquité, *in: Puertos fluviales antiguos : ciudad, desarrollo e infraestructuras (actas, IV Jornadas de arqueología subacuática, 28-30 de marzo de 2001)*, G.P. BERLANGA, J.P. BALLESTER (Dir.), València, Universitat de València, Universitat de València, Facultat de geografia i història (ed.), 2003, p. 183-201.

(Long, Valente 2003), LONG, L., VALENTE, M., Un aspect des échanges et la navigation depuis l'Antiquité dans les îles et sur le littoral d'Hyères. Synthèse des récents travaux du DRASSM, *in: Des Îles côte à côte : histoire du peuplement des îles de l'Antiquité au Moyen Âge (Provence, Alpes-Maritimes, Ligurie, Toscane). Actes de la table ronde, Bordighera, 1997*, M. PASQUALINI, P. ARNAUD, C. VARALDO *et al.* (Dir.), Aix-en-Provence, Editions de l'APA (ed.), 2003, p. 149-164 (Bulletin archéologique de Provence, supplément n°1).

(Long 2004), LONG, L., Carte archéologique. Camargue et Rhône, *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 1999*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 2004, p. 41-46.

(Long *et al.* 2005), LONG, L., DJAOUI, D., RICO, C., Lingots et barres de fer : vers une typologie plus complète, *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 2003*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 2005, p. 66-68.

(Long *et al.* à paraître), LONG, L., MARLIER, S., RIVAL, M., The Saintes-Maries-de-la-Mer 24 (SM24) shipwreck (France, 40-75 AD) : a sea-river vessel with stitched frames, *in: Between the Seas, the 11th International Symposium on Boat and Ship Archaeology (ISBSA 11, Mainz, septembre 2006)*, R. BOCKIUS (Dir.), à paraître.

(Loridant 2001), LORIDANT, F., Artisanat en milieu urbain : l'exemple des villes et des agglomérations secondaires du nord de la Gaule Belgique, *in: L'artisanat romain : évolutions, continuité et ruptures (Italie et provinces occidentales)*, M. POLFER (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 2001, p. 185-194 (Monographies *instrumentum*, n°20).

(Loriot 1995), LORIOT, X., L'Empire tardif (III^e-V^e siècle), *in: Le monde romain*, M. KAPLAN (Dir.), Rosny, Bréal (ed.), 1995, p. 307-338 (Grand Amphi. Histoire ancienne-Tome 2).

(Lugand *et al.* 1997), LUGAND, M., AVEC LA COLLABORATION DE, PELLECUER, C., BERMOND, I., GUEYNARD, S., PASCAL, M.-N., RASCALOU, P., TURREL, K. (Dir.), *Loupian « Le Bourbon »*, Loupian, 1997, 53 p. (Document Final de Synthèse de fouille programmée et d'évaluation archéologique du « rivage », Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie de Languedoc-Roussillon).

(Lurol 2006), LUROL, J.-M., L'établissement de l'an mille aux Vignarets (Upie, Drôme), *in: Habitats, nécropoles et paysages dans la moyenne et la basse vallée du Rhône (VI^e-XV^e s.) : contribution des travaux du TGV-Méditerranée à l'étude des sociétés rurales médiévales*, O. MAUFRAS (Dir.), Paris, Edition de la Maison des sciences de l'homme (ed.), 2006, p. 61-66 (Documents d'archéologie française n°98).

(Mahé-Le Carlier *et al.* 1998), MAHÉ-LE CARLIER, C., DIEUDONNÉ-GLAD, N., PLOQUIN, A., Des laitiers obtenus dans un bas-fourneau ? Etudes chimique et minéralogique des scories du site d'Oulches (Indre), *Revue d'Archéométrie*, n° 22, 1998, p. 91-101.

(Mahé-Le Carlier, Ploquin 1999), MAHÉ-LE CARLIER, C., PLOQUIN, A., Typologie et caractérisation des scories de réduction de la métallurgie du fer, *Revue d'Archéométrie*, n° 23, 1999, p. 59-69.

(Mangin 1992), MANGIN, M., La sidérurgie ancienne dans le Jura et dans l'Est des Gaules, in: *L'Age du Fer dans le Jura, Actes du 15^e colloque de L'A.F.A.E.F., Pontarlier (France) et Yverdon-les-Bains (Suisse), 9-12 mai 1991*, G. KAENEL, P. CURDY (Dir.), Lausanne, Bibliothèque Historique Vaudoise (ed.), 1992, p. 329-340 (Cahiers d'archéologie romande, n°57).

(Mangin, Tassaux 1992), MANGIN, M., TASSAUX, F., Les agglomérations secondaires de l'Antiquité romaine, in: *Villes et agglomérations urbaines antiques du sud-ouest de la Gaule : Histoire et archéologie, Deuxième colloque Aquitania, septembre 1990*, 1992, p. 461-496 (Sixième supplément à Aquitania).

(Mangin 1994a), MANGIN, M., Les agglomérations secondaires antiques dans les régions de Franche-Comté et de Bourgogne, in: *Les agglomérations secondaires : la Gaule Belgique, les Germanies et l'Occident romain, Actes du colloque de Bliesbruck-Reinheim / Bitch (Moselle), 21-24 octobre 1992*, M. MANGIN, J.-P. PETIT (Dir.), Paris, Errance (ed.), 1994a, p. 45-79.

(Mangin 1994b), MANGIN, M., La France de l'Est. Carte des vestiges sidérurgiques antérieurs au haut fourneau, in: *La sidérurgie ancienne de l'Est de la France dans son contexte européen. Archéologie et archéométrie, colloque de Besançon, Besançon, 10-13 Novembre 1993*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Les Belles Lettres (ed.), 1994b, p. 383-386 (Annales littéraires de l'Université de Besançon, Série Archéologie, n°40).

(Mangin 1996), MANGIN, M., Artisanat, économie et société dans les Gaules de l'Est à l'époque romaine, in: *S.F.E.C.A.G. Actes du congrès de Dijon 1996*, Marseille, S.F.E.C.A.G. (ed.), 1996, p. 7-14.

(Mangin et al. 2000a), MANGIN, M., COURTADON, J.-L., FLUZIN, P., DE LACLOS, E., *Village, forges et parcellaire aux sources de la Seine. L'agglomération antique de Blessey-Salmaise (Côte d'Or)*, Besançon, Presses universitaires franc-comtoises (Ed.), 2000a, 517 p. (Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté Environnement, Société et Archéologie n°1).

(Mangin et al. 2000b), MANGIN, M., FLUZIN, P., COURTADON, J.-L., FONTAINE, M.-J., *Forgerons et paysans des campagnes d'Alésia (Haut-Auxois, Côte-d'Or) : La terre, le fer, la route en pays Mandubien, Haut Auxois (Côte-d'Or), I^{er} siècle avant-VIII^e siècle après J.-C.*, Paris, C.N.R.S. (Ed.), 2000b, 2 vol., 508 p. (Monographies du CRA, n°22).

(Mangin, Fluzin 2003), MANGIN, M., FLUZIN, P., La sidérurgie en contexte rural : les forges du Haut-Auxois mandubien et de ses marges lingonnes (Côte d'Or), *Revue Archéologique de Picardie, Cultivateurs, éleveurs et artisans dans les campagnes de la Gaule romaine, Actes du VI^e colloque AGER, Compiègne (Oise), juin 2002*, n° 1/2, 2003, p. 141-156.

(Mangin 2004a), MANGIN, M., Introduction, in: *Le fer*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Errance (ed.), 2004a, p. 5-23 (Collection "Archéologiques").

(Mangin et al. 1986), MANGIN, M., JACQUET, B., JACOB, J.-P. (Dir.), *Les agglomérations secondaires en Franche-Comté romaine*, Paris, Les Belles Lettres (ed.), 1986, 257 p. (Annales Littéraires de l'Université de Besançon, n°337).

(Mangin *et al.* 1992), MANGIN, M., KEESMANN, BIRKE, W., PLOQUIN, A. (Dir.), *Mines et métallurgie chez les Eduens : Le district sidérurgique antique et médiéval du Morvan-Auxois*, Besançon, Presses universitaires franc-comtoises (ed.), 1992, 364 p. (Annales Littéraires de l'Université de Besançon, Série Archéologie, n°38).

(Mangin 1994c), MANGIN, M. (Dir.), *La sidérurgie ancienne de l'Est de la France dans son contexte européen : Archéologie et Archéométrie, Actes du colloque de Besançon (novembre 1993)*, Besançon, Presses universitaires franc-comtoises (ed.), 1994c, 424 p. (Annales Littéraires de l'Université de Besançon, Série Archéologie, n°40).

(Mangin 2004b), MANGIN, M. (Dir.), *Le fer*, Paris, Errance (ed.), 2004b, 239 p. (Collection "Archéologiques").

(Mannoni, Murialdo 2001), MANNONI, T., MURIALDO, G. (Dir.), *Sant Antonio : un insediamento fortificato nella Liguria bizantina*, Bordighera, Museo Archeologico del Finale, (ed.), 2001, 2 vol., 835 p. (Istituto internazionale di studi Liguri, Monografie preistoriche ed archeologiche, n°X12).

(Maréchal 1984), MARÉCHAL, J.-F., A propos de deux lingots de cuivre pur inscrits retrouvés dans la baie des Saintes-Maries-de-la-Mer, *Bulletin de la société nationale des Antiquaires de France*, Paris, 1984, p. 231-239.

(Maréchal 1985), MARÉCHAL, J.-F., Note à propos d'un lingot de plomb repêché à l'embouchure du Petit Rhône, *Bulletin de la société nationale des Antiquaires de France*, Paris, 1985, p. 241-249.

(Maréchal 1995), MARÉCHAL, J.-F., A propos d'un type nouveau lingot de cuivre d'époque romaine, *Bulletin de la société nationale des Antiquaires de France*, Paris, 1995, p. 383-393.

(Maréchal 1998), MARÉCHAL, J.-F., A propos de nouveaux lingots de fer d'époque romaine découverts sur la côte de Narbonnaise, *Bulletin de la société nationale des Antiquaires de France*, Paris, 1998, p. 239-254.

(Martel 1963), MARTEL, P., Le fourneau de la Ferrière à Simiane (B-A) et les fonderies de fer antiques en Haute-Provence, *Les Alpes de lumière*, n° 27, 1963, p. 40-48.

(Martel, Barruol 1968), MARTEL, P., BARRUOL, G., *Sites et monuments de Haute-Provence, n°4. Val de Sault et pays d'Albion. L'histoire des forêts*, 1968 (Alpes de Lumière, n°45).

(Martel 1981), MARTEL, P., Association et Environnement, *Les Alpes de lumière*, n° 74/75, 1981, p. 6-14.

(Martel 1985), MARTEL, P., Simiane durant le haut Moyen Âge, *Chroniques de Simiane*, 1985, p. 17-21.

(Martel 1990), MARTEL, P., Les fonderies de fer en Haute-Provence, *in: Archéologie au pays de Forcalquier*, 1990, p. 50-52 (Les Alpes de lumière, n°103).

(Martinelli 1992), MARTINELLI, B., Agriculteurs métallurgistes et forgerons en Afrique soudano-sahélienne, *Études rurales*, Paris, n° n°125-126, 1992, p. 25-41.

(Martinelli 1993), MARTINELLI, B., Fonderies ouest-africaines. Classement comparatif et tendances, *Techniques et culture*, n° 21, 1993, p. 195-222.

(Martinelli 1996), MARTINELLI, B., Sous le regard de l'apprenti. Paliers de savoir et d'insertion chez les forgerons Moose du Yatenga (Burkina Faso), *Techniques et culture*, n° 28, 1996, p. 9-48.

(Marty, Maraval 2003), MARTY, M.-T., MARAVAL, M.-L., Les verres de la villa de Co d'Espérou (Saint-Denis, Aude), in: *Echanges et commerce du verre dans le monde antique. Actes du colloque de l'AFAV (Aix-en-Provence, 2001)*, D. FOY, M.-D. NENNA (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 2003, p. 481-504 (monographies instrumentum, n°24).

(Maufras et al. 1998), MAUFRAS, O., FABRE, L., AVEC LA COLLABORATION DE, COLOMER, G., SEKRAOUI, Z., Une forge tardive (fin IV^e-V^e s.) sur le site de la Ramière (Roquemaure, Gard), in: *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, M. FEUGÈRE, V. SERNEELS (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 1998, p. 210-221 (Monographies instrumentum, n°4).

(Mauné 1998), MAUNÉ, S., *Les campagnes de la cité de Béziers dans l'Antiquité (partie nord-orientale), II^e s. av. - VI^e s. ap. J.-C.*, Montagnac, monique mergoïl (Ed.), 1998, 532 p. (Archéologie et Histoire Romaine, 1).

(Mauné 2003a), MAUNÉ, S., La villa gallo-romaine de Vareilles à Paulhan (Hérault, fouille A75) : un centre domanial du Haut-Empire spécialisé dans la viticulture ?, in: *Cultivateurs éleveurs et artisans dans les campagnes de la Gaule romaine ; Actes du VI^e colloque de l'association AGER, Compiègne, juin 2002. Revue Archéologique de Picardie, n°1/2*, S. LEPETZ, V. MATTERNE (Dir.), 2003a, p. 309-337.

(Mauné 2003b), MAUNÉ, S., A propos de *Piscinae*, Pézenas et des Piscenois : quelques réflexions sur la localisation de l'agglomération antique et sur les *oppida latina* de la vallée de l'Hérault, in: *Hommages à Guy Barraol*, Montpellier, 2003b, p. 281-296 (Supplément à la Revue Archéologique de Narbonnaise, n°35).

(Mauné et al. 2004), MAUNÉ, S., SILVÉRÉANO, S., FEUGÈRE, M., BUSSIÈRE, J., RAUX, S., FOREST, V., LESCURE, J., SANCHEZ, C., Les poubelles de Titus Iulius Paternus à L'Auribelle-Basse (Pézenas, Hérault) ? Etude d'un dépotoir des années 140-170 ap. J.-C., in: *S.F.E.C.A.G. Actes du congrès de Vallauris 2004*, Marseille, S.F.E.C.A.G. (ed.), 2004, p. 157-188.

(Mauné et al. 2007), MAUNÉ, S., BOURGAUT, R., PAILLER, J.-L., AVEC LA COLLABORATION DE, LONGEPIERRE, S., MARCHAND, G., Un moulin hydraulique du II^e s. ap. J.-C. dans l'établissement de l'Auribelle-Basse (Pézenas, Hérault), in: *Forces hydrauliques et machines à eau dans l'Antiquité romaine. Actes du colloque international du Pont du Gard, septembre 2006*, J.-P. BRUN, J.-L. FICHES (Dir.), Naples, 2007, p. 115-148 (Collection du Centre Jean Bérard).

(Mazauric 1909), MAZAURIC, F., Les musées archéologiques de Nîmes. Recherches et acquisitions, *Mémoire de l'Académie de Nîmes*, n° 32, 1909, p. 201-257.

(Mazauric 1916-1917), MAZAURIC, F., Les musées archéologiques de Nîmes, recherches et acquisitions, année 1909, Fouilles Barutel, *Mémoire de l'Académie de Nîmes*, n° 38, 1916-1917, p. 206-209.

(Merle 1999), MERLE, V., *Inventaire des lingots, éponges et loupes de fer provenant des fouilles archéologiques. Dépouillement des Documents Finals de Synthèse du Service Régional de l'Archéologie de Provence-Alpes-Côte d'Azur*, 1999, 50 p. (Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie de Provence-Alpes-Côte-d'Azur).

(Merluzzo *et al.* 2001), MERLUZZO, P., PLOQUIN, A., ARNOLD, M., Réduction expérimentale, Saint-George-des-Hurtières (Savoie), *in: Le fer dans les Alpes du Moyen Âge au XIX^e siècle : Actes du colloque international de Saint-Georges-d'Hurtières (octobre 1998)*, M.-C. BAILLY-MAITRE, A. PLOQUIN, N. GARIOUD (Dir.), Montagnac, Monique Mergoïl (ed.), 2001, p. 197-209 (Temps modernes n°4).

(Monguilan 1987), MONGUILAN, L., Une épave romaine chargée de fer et de plomb dans le golfe de Fos-Saint-Gervais I, *in: Les mines et la métallurgie en Gaule et dans les provinces voisines*, Paris, Errance (ed.), 1987, p. 171-179 (Caesarodunum, n°XXII).

(Monteil *et al.* 2003), MONTEIL, M., BARBARAN, S., BEL, V., HERVE, M.-L., Dépotoirs domestiques et déchets artisanaux : l'exemple de Nîmes (Gard) au Haut-Empire, *in: La ville et ses déchets dans le monde romain: rebuts et recyclages. Actes du colloque de Poitiers (19-21 Septembre 2002)*, P. BALLET, P. CORDIER, N. DIEUDONNÉ-GLAD (Dir.), Montagnac, monique megoïl (ed.), 2003, p. 121-131 (Archéologie et Histoire Romaine, n°10).

(Morel 1992), MOREL, J.-P., L'artisan, *in: L'homme romain*, A. GIARDINA (Dir.), Paris, Seuil (ed.), 1992, p. 267-302 (L'univers historique).

(Morin *et al.* 2000), MORIN, D., ROSENTHAL, P., PHILIPPE, M., Chronique des fouilles médiévales en France en 2001 ; V 2B.-Carrières, Mines et Métallurgie : Prospections thématiques ; Mines et métallurgie du fer en Provence et dans les Alpes du sud. Etude diachronique des vestiges d'exploitation minière et de la métallurgie du fer en région Provence-Alpes-Côte-d'Azur, *Archéologie Médiévale*, Paris, n° XXIX, 2000, p. 379-382.

(Morin 2002), MORIN, D., Chronique des fouilles médiévales en France en 2001 ; V 2A.-Carrières, Mines et Métallurgie : Sites fouillés ; Saint-Dalmas-Valdeblorre (Alpes-Maritimes). Mines et métallurgie du fer en Provence et dans les Alpes du sud, *Archéologie Médiévale*, Paris, n° XXXII, 2002, p. 314.

(Morin *et al.* 2002), MORIN, D., PHILIPPE, M., ROSENTHAL, P., Extraction du fer et métallurgie dans le Lubéron et le Haut-Var (Région P.A.C.A., France) : démarche de recherche, bilan des ressources, premiers indices chronologiques, *in: Il ferro nelle Alpi : Giacimenti, minere e metallurgia dall'antichità al XVI secolo. Actes du colloque Iron in the Alps. Deposits, mines and metallurgy from antiquity to the XVI century, Bienna (Italie) octobre 1998*, C.C. TIZZONI, M. TIZZONI (Dir.), Breno, Comune di Bienna (ed.), 2002, p. 80-95.

(Morin, Rosenthal 2002), MORIN, D., ROSENTHAL, P., Valdeblorre, vestiges d'exploitation minière et de métallurgie du fer, *in: Bilan scientifique de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur 2001*, D.R.A.C., S.R.A. (Dir.), Aix-en-Provence, Ministère de la culture et de la communication, Direction de l'architecture et du patrimoine, Sous-direction de l'archéologie (ed.), 2002, p. 82.

(Morin, Rosenthal 2003), MORIN, D., ROSENTHAL, P., Valdeblorre, col Ferrière / vallons de Margès et de Mollières. Vestiges d'exploitation minière et de métallurgie du fer, *in: Bilan scientifique de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur 2002*, D.R.A.C., S.R.A. (Dir.), Aix-en-Provence, Ministère de la culture et de la communication, Direction de l'architecture et du patrimoine, Sous-direction de l'archéologie (ed.), 2003, p. 73-74.

(Morin, Rosenthal 2004), MORIN, D., ROSENTHAL, P., Saint-Etienne-de-Tinée . Vallon de Tostisse/Cime du Fer, *in: Bilan scientifique de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur 2003*, D.R.A.C., S.R.A. (Dir.), Aix-en-Provence, Ministère de la culture et de la communication, Direction de l'architecture et du patrimoine, Sous-direction de l'archéologie (ed.), 2004, p. 72-74.

(Morin, Rosenthal 2005), MORIN, D., ROSENTHAL, P., Saint-Etienne-de-Tinée et Saint-Sauveur-de-Tinée. Vallon de Tostisse/Mont Ténibre, *in: Bilan scientifique de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur 2004*, D.R.A.C., S.R.A. (Dir.), Aix-en-Provence, Ministère de la culture et de la communication, Direction de l'architecture et du patrimoine, Sous-direction de l'archéologie (ed.), 2005, p. 114-115.

(Müller 1990), MÜLLER, F., *Der Massenfund von der Tiefenau bei Bern*, Basel, 1990 (Antiqua, n°20).

(Mut 2001), MUT, G., Les forges de Baillestavy, *in: Les ressources naturelles des Pyrénées. Leur exploitation durant l'Antiquité*, R. SABLAYROLLES (Dir.), Saint-Bertrand-de-Comminges, musée archéologique départemental (ed.), 2001, p. 141-153 (Entretien d'Archéologie et d'Histoire de Saint-Bertrand-de-Comminges).

(Mut, Kotarba 2007), MUT, G., KOTARBA, J., Les activités métallurgiques d'époque romaine dans les Pyrénées-Orientales, *in: Carte archéologique de la Gaule : les Pyrénées-Orientales (66)*, J. KOTARBA, G. CASTELLVI, F. MAZIÈRE (Dir.), Paris, Fondation Maison des Sciences de l'Homme (ed.), 2007, p. 141-155.

(Naizet 2003), NAIZET, Les déchets et leur traitement : éléments de terminologie à l'usage des archéologues, *in: La ville et ses déchets dans le monde romain: rebuts et recyclages. Actes du colloque de Poitiers (19-21 Septembre 2002)*, P. BALLET, P. CORDIER, N. DIEUDONNÉ-GLAD (Dir.), Montagnac, monique megoil (ed.), 2003, p. 13-17 (Archéologie et Histoire Romaine, n°10).

(Naveau 1996), NAVEAU, J., Un site urbain dans l'ouest de la Lyonnaise, *in: Les villes de la Gaule Lyonnaise. Actes du colloque*, R. BEDON (Dir.), Limoges, Presses Universitaires de Limoges (ed.), 1996, p. 113-131 (Caesarodunum, n°XXX).

(Nicolet 1987), NICOLET, C., *Rome et la conquête du monde méditerranéen : 264-27 avant J.-C. Tome premier. Les structures de l'Italie romaine*, Paris, Presses universitaires de France (Ed.), 1987, 460 p. (Nouvelle Clío).

(Ollivier *et al.* 2005), OLLIVIER, D., PAGÈS, G., TRÉGLIA, J.-C., La fin d'une *vicinia*. Olbia à Hyères (Var) durant l'Antiquité tardive et le haut Moyen Âge (V^e-X^e siècle), *in: La Méditerranée et le monde mérovingien : témoins archéologiques. Actes des XIII^e Journées internationales d'archéologie mérovingienne, Arles, octobre 2002*, X. DELESTRE, P. PERIN, M. KAZANSKI (Dir.), Aix-en-Provence, Association Provence Archéologie (ed.), 2005, p. 155-160 (Supplément au *Bulletin Archéologique de Provence*, n°3).

(Ollivier 2006), OLLIVIER, D., Bref historique de l'exploration archéologique du site d'Olbia, *in: Olbia de Provence (Hyères, Var) à l'époque romaine (I^{er} s. av. J.-C. - VI^e s. ap. J.-C.)*, M. BATS (Dir.), Aix-en-Provence, Edisud (ed.), 2006, p. 14-20 (études massaliètes n°9).

(Onoratini *et al.* 2002), ONORATINI, G., BRENTCHALOFF, D., CONRAD, G., RAUX, A., SIMON, P., Caractérisation des produits de la métallurgie du fer dans l'Antiquité (région du Var oriental), *in: Bulletin d'Etudes Préhistoriques et Archéologiques Alpines. Actes du colloque "La métallurgie dans les Alpes occidentales des origines à l'an 1000. Extraction, transformation, commerce"* (Tende,

2000), SOCIÉTÉ VALDÔTAINE DE PRÉHISTOIRE ET D'ARCHÉOLOGIE (Dir.), Aoste, Musumeci Industrie Grafiche S.p.A. (ed.), 2002, p. 139-160.

(Orengo *et al.* 2000), ORENKO, L., BONNON, J.-M., BEVILACQUA, D., L'emploi de bloc-tuyères dans les forges antiques du centre de la Gaule (Auvergne, Lyonnais et Forez au Deuxième Âge du Fer et à l'époque romaine). Découvertes archéologiques et expérimentation, *in: Iron, Blacksmiths and Tools. Ancient European Crafts, Actes du colloque Instrumentum de Podsreda, Podsreda (Slovenia), Avril 1999*, M. FEUGÈRE, M. GUSTIN (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 2000, p. 121-135 (Monographies *instrumentum*, n°12).

(Ouzoulias *et al.* 2001), OUZOULIAS, P., PELLECUER, C., RAYNAUD, C., VAN OSSEL, P., GARMY, P. (Dir.), *Les campagnes de la Gaule à la fin de l'Antiquité. Actes du IV^e colloque AGER (Montpellier, 1998)*, Antibes, A.P.D.C.A. (ed.), 2001, 640 p.

(Pagès 2002), PAGÈS, G., *L'économie du fer en France méditerranéenne de l'Antiquité au Moyen Âge (III^e s. - XII^e s.)*, Aix-en-Provence, Université d'Aix-Marseille I, 2002, Diplôme d'Etudes Approfondies, 136 p.

(Pagès *et al.* 2005), PAGÈS, G., SCHNEIDER, L., FLUZIN, P., Le travail du fer dans l'établissement perché tardo-antique du Roc de Pampelune (Argelliers, Hérault) : l'apport des analyses métallographiques, *ArcheoSciences, Revue d'Archéométrie*, n° 29, 2005, p. 107-116. (également disponible sur <http://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00090912>).

(Pagès *et al.* 2006), PAGÈS, G., AVEC LA COLLABORATION DE, CHABAL, L., PORTALIER, N., *Saint-Mamert-du-Gard (30), Le Gravas 2005. Sondage archéologique d'un bas fourneau à scories écoulées du IV^e siècle ap. J.-C.*, Lattes, UMR 5140 Archéologie des sociétés méditerranéennes : milieux, territoires et civilisations (Ed.), 2006, 62 p. (Rapport de sondages archéologiques, Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie de Languedoc-Roussillon).

(Pagès, Rétif 2006), PAGÈS, G., RÉTIF, M., *Martigues (13), Les Espérelles 2004, Fouille préventive d'un bas fourneau à scories écoulées du bas Empire*, Martigues, Service Archéologique de la ville de Martigues (Ed.), 2006, 54 p. (Rapport de fouille préventive, Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie de Provence-Alpes-Côte-d'Azur).

(Pagès 2007), PAGÈS, G., La forge antique, *in: La madeleine II. Etablissements ruraux antiques encadrés par deux voies (II^e-I^{er} av. J.-C. au II^e s. de n. è. et la seconde moitié du III^e s. au VI^e s. de n. è.). De l'inhumation dispersée au cimetière paroissial de l'église Sainte-Marie-Madeleine de Céderas (du VIII^e-début X^e s. à la fin XIII^e-début XV^e s.) à Clermont-l'Hérault (34)*, A. BERGERET, R. DONAT (Dir.), Institut national de recherches archéologiques préventives, 2007, p. 199-208 (Rapport final d'opération de fouille archéologique, Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie de Languedoc-Roussillon, Conseil Général de l'Hérault).

(Pagès 2008), PAGÈS, G., Annexe 1 : Les vestiges sidérurgiques des Aouzerals, *in: Les Aouzerals à la Malène (Lozère)*, H. BREICHNER (Dir.), Montpellier, 2008, p. 20-21 (Document final de synthèse de sondage 2006 et de fouille 2007, Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie de Languedoc-Roussillon).

(Pagès à paraître), PAGÈS, G., Un demi-produit en alliage ferreux, *in: Garage Palace (Vichy, 03)*, K. CHUNIAUD (Dir.), Institut national de recherches archéologiques préventives, à paraître (Rapport final d'opération de fouille archéologique, Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie d'Auvergne).

(Pailler 1982), PAILLER, J.-M., Mines et métallurgie dans la littérature scientifique de langue française, Table ronde du CNRS, Toulouse, 1980, *in: Mines et fonderies antiques de la Gaule*, C. DOMERGUE (Dir.), Paris, C.N.R.S. (ed.), 1982, p. 5-18.

(Pauc, Pauc 1998), PAUC, B., PAUC, P., Quelques sites de réduction du minerai de fer dans les Corbières (Aude), *in: Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, M. FEUGÈRE, V. SERNEELS (Dir.), Montagnac, monique mergoil (ed.), 1998, p. 116-128 (Monographies *instrumentum*, n°4).

(Pelet 1993), PELET, P.-L., *Une industrie reconnue : Fer, charbon, acier dans le Pays de Vaud*, Lausanne, 1993, 142 p. (Cahier d'Archéologie Romande, n°60).

(Pellecuer *et al.* 1998), PELLECUER, C., AVEC LA COLLABORATION DE, FEUGÈRE, M., Le travail du fer dans la villa des Prés-Bas à Loupian (Hérault), *in: Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, M. FEUGÈRE, V. SERNEELS (Dir.), Montagnac, monique mergoil (ed.), 1998, p. 166-174 (Monographies *instrumentum*, n°4).

(Pellecuer 2000), PELLECUER, C., *La villa des Prés-Bas (Loupian, Hérault) dans son environnement. Contribution à l'étude de la villa et de l'économie domaniale en Narbonnaise*, Aix-en-Provence, Université de Provence Aix-Marseille I, 2000, 565 p.

(Perrugot 1996), PERRUGOT, D., Sens : origine, développement et repli du Ier s. au début du Ve s. Aux origines de la ville antique, *in: Les villes de la Gaule Lyonnaise. Actes du colloque*, R. BEDON (Dir.), Limoges, Presses Universitaires de Limoges (ed.), 1996, p. 263-275 (Caesarodunum, n°XXX).

(Pettraccia Lucernoni 2001), PETRACCIA LUCERNONI, M. F., *Gli stationarii in età imperiale*, Rome, Giorgio Bretschneider (Ed.), 2001, 111 p. (Serta Antiqua et Mediaevalia III).

(Pleiner 2000), PLEINER, R., *Iron in archaeology. The european bloomery smelters*, Proka, Archeologicky ustav AV CR (Ed.), 2000, 400 p.

(Pleiner *et al.* 2003), PLEINER, R., FLUZIN, P., MANGIN, M., BILLON, M., DILLMANN, P., VEGA, E., RABEISEN, E., Lingots et couteaux en fer d'Alésia, *Revue Archéologique de l'Est*, n° 52, 2003, p. 91-130.

(Pleiner 2006), PLEINER, R., *Iron in archaeology. Early european blacksmiths*, Prague, Archeologicky ustav AV CR (Ed.), 2006, 384 p.

(Ploquin 1995), PLOQUIN, A., Une base de donnée dévolue aux compositions chimiques des scories et produits associés à la paléoméallurgie, *in: Paléoméallurgie du fer et cultures, Symposium international du Comité pour la Sidérurgie Ancienne, Belfort - Sévenans, 1-2-3 novembre 1990*, P. BENOÎT, P. FLUZIN (Dir.), Belfort, Vulcain / A.E.D.E.H. (ed.), 1995, p. 99-118.

(Ploquin 2001), PLOQUIN, A., Une introduction à la pétrographie des scories paléosidérurgiques, *in: L'obtencio del ferro pel procediment directe entre els segles IV i XIX, Actes del 6e curs d'Arqueologia d'Andorra 2000*, A. VILA, O. CODINA, J.-M. BOSCH (Dir.), Andorra, Ministerio de Cultura, Area de Recerca Historica (ed.), 2001, p. 289-335.

(Ploquin 2004), PLOQUIN, A., Chapitre 2 : La réduction: du minerai au métal. Encadré 6 : Les déchets de réduction indirecte, *in: Le fer*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Errance (ed.), 2004, p. 72-73 (Collection "Archéologiques").

(Polfer 2001), POLFER, M., L'archéologie de l'artisanat et le débat sur la nature de l'économie romaine : quelques réflexions critiques, *in: L'artisanat romain : évolutions, continuité et ruptures (Italie et provinces occidentales) ; Actes du 2^e colloque d'Erpeldange (26-28 octobre 2001)*, M. POLFER (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 2001, p. 7-18 (Monographies *instrumentum*, n°20).

(Polfer 2007), POLFER, M., Les activités artisanales dans les agglomérations secondaires de la Gaule belge romaine, *in: Vivre en Europe romaine: de Pompéi à Bliesbruck-Reinheim*, J.-P. PETIT, S. SANTORO BIANCHI (Dir.), Paris, Errance (ed.), 2007, p. 155-158.

(Polo Cutando, Villagordo Ros 2007), POLO CUTANDO, C., VILLAGORDO ROS, C., L'exploitation du fer en Sierra Menera (Teruel-Guadalajara, Espagne) aux III^e- I^{er} s. a.C., *in: L'économie du fer protohistorique : de la production à la consommation du métal. Actes du XXVIII^e colloque de l'AFEAF, Toulouse, 2004*, P.-Y. MILCENT (Dir.), Bordeaux, Aquitania (ed.), 2007, p. 107-114 (Aquitania supplément 14/2).

(Pomarèdes *et al.* 2005), POMARÈDES, H., BARBARAN, S., FABRE, G., RIGOIR, Y., *La Quintarié (Clermont-l'Hérault, 34). Etablissement agricole et viticulture, atelier de céramiques paléochrétiennes (DSP) (I^{er}-VI^e s. ap. J.-C.)*, Montagnac, monique mergoïl (Ed.), 2005, 194 p. (Archéologie et Histoire Romaine, n°14).

(Pomarèdes *et al.* à paraître), POMARÈDES, H., RIGOIR, Y., SANCHEZ, G., Production et consommation de vaisselle en Lodévois. Le cas de l'habitat de la fin de l'Antiquité de La Madeleine II à Clermont-l'Hérault, Hérault (V^e-VII^e s. ap. J.-C.), *Archéologie du Midi médiéval*, à paraître.

(Pomarèdes 1999), POMARÈDES, H. (Dir.), *Autoroute A 75 Clermont-l'Hérault-Pézenas - La Quintarié B, secteur d'intervention N° 2 (Clermont-l'Hérault - 34)*, Pézenas, 1999, 280 p. (Document Final de Synthèse de fouille sauvetage, INRAP, Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie de Languedoc-Roussillon,).

(Prévôt à paraître), PRÉVÔT, P., Les rapports entre l'artisanat de l'os et l'habitat rural : l'exemple de la vallée de l'Hérault (34), *in: Les formes de l'habitat rural gallo-romain*, Bordeaux, Ausonius Editions (ed.), à paraître (Supplément à la revue Aquitania).

(Provost 1999), PROVOST, M. (Dir.), *Carte archéologique de la Gaule : le Gard (30/2-3)*, Paris, Fondation de la Maison des Sciences de l'Homme (ed.), 1999, 865 p.

(Puton 1891), PUTON, A., *Traité d'économie forestière : II. Aménagement*, Paris, 1891, 293 p.

(Py 1987), PY, M., *Culture, économie et société protohistoriques dans la région nîmoise*, Montpellier, Université Paul Valéry-Montpellier III, 1987, Thèse d'Etat, 3 vol., 886 p.

(Py 1993), PY, M., *Les Gaulois du midi : de la fin de l'Âge du Bronze à la conquête romaine*, Paris, Hachette (Ed.), 1993, 288 p. (La Mémoire des Temps).

(Rancoule, Solier 1977), RANCOULE, G., SOLIER, Y., Les mines antiques des Corbières audoises, *in: Mines et mineurs en Languedoc et régions voisines de l'Antiquité à nos jours. Actes du XLIX^e congrès de la Fédération Historique du Languedoc Méditerranéen et du Roussillon*, F.H.D.L.M.E.D. ROUSSILLON (Dir.), Montpellier, 1977, p. 23-39.

(Rauzier 2002), RAUZIER, M., Hérault. Au Large de Mauguio. Les Pierres, *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 2001*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 2002, p. 47.

(Rauzier 2003), RAUZIER, M., Hérault. Au Large de Mauguio. Les Pierres, *in: Bilan Scientifique du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines 2002*, D.R.A.S.S.M (Dir.), Paris, Direction du Patrimoine. Sous-direction de l'Archéologie. Ministère de la Culture et de la Communication (ed.), 2003, p. 46.

(Rauzier 2005), RAUZIER, M., Une barre de fer estampillée découverte lors d'une prospection à Palavas-les-Flots (Hérault), *Archéologie en Languedoc*, n° 29, 2005, p. 185-186.

(Raveux 1998), RAVEUX, O., *Marseille, ville des métaux et de la vapeur au XIX^e siècle*, Paris, CNRS Editions (Ed.), 1998, 383 p. (Méditerranée).

(Raveux 1999), RAVEUX, O., Un demi-siècle de sidérurgie provençale : Les hauts fourneaux de Saint-Louis (1855-1905), *Industries en Provence. Dynamiques d'hier et d'aujourd'hui*, n° 3, 1999, p. 18-27.

(Raynaud 1993), RAYNAUD, C., Céramique commune à pisolithes du Languedoc oriental, *in: DICOCER, Dictionnaire des Céramiques Antiques (VII^e s. av. n. è.-VII^e s. de n. è.) en Méditerranée Nord-Occidentale (Provence, Languedoc, Ampurdan)*, M. PY (Dir.), Lattes, ARALO, Association pour la Recherche Archéologique en Languedoc-Oriental (ed.), 1993, p. 527-531 (Lattara, n°6).

(Raynaud 1998), RAYNAUD, C., L'activité métallurgique à Lunel Viel (Hérault) du I^{er} au XI^e siècle, *in: Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, M. FEUGÈRE, V. SERNEELS (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 1998, p. 155-165 (Monographies instrumentum, n°4).

(Raynaud 2001), RAYNAUD, C., L'occupation des grottes en Gaule méditerranéenne à la fin de l'Antiquité *in: Les campagnes de la Gaule à la fin de l'Antiquité et peuplement aux IV^e et V^e siècles, Actes du colloque AGER IV de Montpellier*, P. OUZOULIAS, C. PELLÉCUER, C. RAYNAUD *et al.* (Dir.), Antibes, A.P.D.C.A. (ed.), 2001, p. 449-471.

(Raynaud 2002a), RAYNAUD, C., Lunel-Viel (Hérault), *in: Les agglomérations gallo-romaines en Languedoc-Roussillon*, J.-L. FICHES (Dir.), Lattes, Publication de l'UMR 154 du C.N.R.S. (ed.), 2002a, p. 558-571 (Monographie d'Archéologie Méditerranéenne, n°14).

(Raynaud 2002b), RAYNAUD, C., De la conquête romaine au Moyen Âge, *in: Les agglomérations gallo-romaines en Languedoc-Roussillon. Projet collectif de recherche (1993-1999)*, J.-L. FICHES (Dir.), Lattes, UMR154 (ed.), 2002b, p. 39-53 (Monographies d'Archéologie Méditerranéenne, n°13).

(Raynaud 2003), RAYNAUD, C., De la conquête romaine à la période wisigothique, *in: Le Gard de la préhistoire à nos jours*, R. HUARD (Dir.), Saint-Jean-d'Angély, Bordessoules (ed.), 2003, p. 73-103 (Collection Hexagone).

(Raynaud 1990), RAYNAUD, C. (Dir.), *Le village gallo-romain et médiéval de Lunel-Viel (Hérault)*, Paris, Les Belles Lettres (ed.), 1990, 353 p. (Annales Littéraires de l'Université de Besançon, Centre de Recherches d'Histoire Ancienne, Volume 97).

(Raynaud 2007), RAYNAUD, C. (Dir.), *Archéologie d'un village languedocien. Lunel-Viel (Hérault) du I^{er} au XVIII^e s.*, Lattes, Publication de l'UMR 154 du C.N.R.S. (ed.), 2007, 407 p. (Monographies d'Archéologie Méditerranéenne, n°22).

(Rebière *et al.* 1995), REBIÈRE, J., REMY, P., GUILLOT, A., BENOÎT, P., Les enclumes gallo-romaines : Le cas de Jouars-Ponchartrain, *in: Paléométaballurgie du fer et cultures, Symposium international du Comité pour la Sidérurgie Ancienne, Belfort - Sévenans, 1-2-3 novembre 1990*, P. BENOÎT, P. FLUZIN (Dir.), Belfort, Vulcain / A.E.D.E.H. (ed.), 1995, p. 501-508.

(Rebiscoul 2003), REBISCOUL, A., Le site paléométaballurgique des "Ferrys" commune de La Bussière (Loiret), *Revue Archéologique de Picardie, Cultivateurs, éleveurs et artisans dans les campagnes de la Gaule romaine, Actes du VI^e colloque AGER, Compiègne (Oise), juin 2002*, n° 1/2, 2003, p. 129-140.

(Rémy *et al.* 2002), RÉMY, B., AVEC LA COLLABORATION DE, DELSOL, C., Mines et métallurgie à l'époque gallo-romaine dans les Alpes françaises : essai d'inventaire archéologique, *in: Bulletin d'Etudes Préhistoriques et Archéologiques Alpines. Actes du colloque "La métallurgie dans les Alpes occidentales des origines à l'an 1000. Extraction, transformation, commerce" (Tende, 2000)*, SOCIÉTÉ VALDÔTAINE DE PRÉHISTOIRE ET D'ARCHÉOLOGIE (Dir.), Aoste, Musumeci Industrie Grafiche S.p.A. (ed.), 2002, p. 107-123.

(Rétif 1998), RÉTIF, M., Indices de métallurgie protohistorique du fer à Martigues (Bouches-du-Rhône), *in: Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, M. FEUGÈRE, V. SERNEELS (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 1998, p. 96-108 (Monographies *instrumentum*, n°4).

(Réunion Des Musées Nationaux 1989), RÉUNION DES MUSÉES NATIONAUX (Dir.), *Archéologie de la France : 30 ans de découvertes*, Paris, Réunion des musées nationaux (ed.), 1989, 495 p.

(Rico 2005), RICO, C., Vingt ans de recherche sur les mines et les métallurgies romaines en péninsule ibérique (1985-2004), *Pallas, revue d'études antiques*, Toulouse, n° 67, 2005, p. 217-239.

(Rivet *et al.* 2000), RIVET, L., BRENTCHALOFF, D., ROUCOLE, S., SAULNIER, S. (Dir.), *Atlas topographique des villes de Gaule méridionale, 2, Fréjus*, Montpellier, Association de la Revue archéologique de Narbonnaise (ed.), 2000, 509 p. (Revue Archéologique de Narbonnaise, supplément 32).

(Roche 2006), ROCHE, A., *Histoire de l'occupation du sol en milieu karstique du Mésolithique au haut Moyen Âge : L'exemple des communes de Banassac et de la Canourgue (Lozère)*, Clermont Ferrand, Université Blaise Pascal-Clermont II, 2006, Maîtrise, 3 vol., 217, 94 et 105 p.

(Rougé 1966), ROUGÉ, J., *L'organisation du commerce maritime en Méditerranée sous l'Empire romain*, Paris, Publications de l'Ecole pratique des hautes études (Ed.), 1966, 540 p.

(Rougier 1987), ROUGIER, J., Les lingots de fer d'Aoste (Isère), *in: Les mines et la métallurgie en Gaule et dans les provinces voisines*, Paris, Errance (ed.), 1987, p. 180-183 (Caesarodunum, n°XXII).

(Rovira *et al.* 1995), ROVIRA, C., NET, A., LLOVERA, X., SOLANS, J., BERTRAN, R., FERNANDEZ, J., COLOMER, V., TURU, V., Andorre, le fer depuis le Moyen Âge. Projet pour l'étude de la métallurgie du fer dans les Pyrénées depuis le Moyen Âge jusqu'à l'apparition de la forge catalane, *in: Paléométaballurgie du fer et cultures, Symposium international du Comité pour la Sidérurgie*

Ancienne, Belfort - Sévenans, 1-2-3 novembre 1990, P. BENOÎT, P. FLUZIN (Dir.), Belfort, Vulcain / A.E.D.E.H. (ed.), 1995, p. 263-269.

(Rovira et al. 1995), ROVIRA, M. C., SOLANS, J., TURU, V., NET, A., LLOBERA, X., Primers resultats del projecte d'estudi sobre la metallúrgia del ferro a Andorra, *in: La vida medieval als dos vessants del Pirineu, Actes del 3^e curs d'arqueologia d'Andorra, Andorra, 1991*, X. LLOBERA, J.-M. BOSCH (Dir.), Andorra, Patrimoni Cultural d'Andorra, Area de Recerca Historica (ed.), 1995, p. 212-225.

(S.R.A. P.A.C.A. et al. 2001), S.R.A. P.A.C.A., C.G. DES BOUCHES-DU-RHÔNE, A.F.A.N. MÉDITERRANÉE, *Les Alpilles : un inventaire archéologique après le passage du feu*, Marseille, C.G. des Bouches-du-Rhône (Ed.), 2001, 6 p. (La recherche archéologique en Provence-Alpes-Côte d'Azur).

(Sablayrolles 1989a), SABLAYROLLES, R., L'administration des mines de fer en Gaule Romaine, *in: Minería y metalurgia en las Antiguas civilizaciones mediterraneas y europeas, Coloquio internacional asociado, Madrid, 1985*, C. DOMERGUE (Dir.), Madrid, Ministerio de Cultura (ed.), 1989a, p. 157-159.

(Sablayrolles 1989b), SABLAYROLLES, R., Six années de recherches à Saint-Denis (Aude), *in: Mines et métallurgies antiques et médiévales de la France méridionale. Recherches récentes. Journées de Perpignan (Février 1987)*, Perpignan, Université de Toulouse Le Mirail - Ville de Perpignan (ed.), 1989b, p. 73-84.

(Sablayrolles 2005), SABLAYROLLES, R., Analyses d'économie antique : textes anciens et archéologie récente, *in: L'Aquitaine et l'Hispanie septentrionale à l'époque julio-claudienne. Organisation et exploitation des espaces provinciaux. Colloque Aquitania, Saintes (septembre 2003)*, Bordeaux, Aquitania (ed.), 2005, p. 415-422 (Supplément 13).

(Salin 1939), SALIN, E., *Le haut Moyen Âge en Lorraine d'après le mobilier funéraire : trois campagnes de fouille et de laboratoire*, Paris, Librairie Orientaliste Paul Geuthner (Ed.), 1939, 335 p.

(Salin, France-Lanord 1943), SALIN, E., FRANCE-LANORD, A., *Le fer à l'époque mérovingienne : étude technique et archéologique*, Paris, Librairie Orientaliste Paul Geuthner (Ed.), 1943, 292 p.

(Salin 1952-1959), SALIN, E., *La civilisation mérovingienne d'après les sépultures, les textes et le laboratoire*, Paris, A. et J. Picard et compagnie (Ed.), 1952-1959, 4 vol., 531, 417, 311, 579 p.

(Saliou 1994), SALIOU, C., *Les lois des bâtiments. Voisinage et habitat urbain dans l'Empire : recherches sur les rapports entre le droit et la construction privée du siècle d'Auguste au siècle de Justinien*, Beyrouth, Institut français d'archéologie du Proche-Orient (Ed.), 1994, 340 p. (Bibliothèque archéologique et historique, n°CXVI).

(Schäfer 1984), SCHÄFER, K., Ein spätlatènezeitliches Eisenbarrendepot aus Saffig, *Archäologisches Korrespondenzblatt*, n° 14, 1984, p. 163-168.

(Schneider 1992), SCHNEIDER, L., Recherches récentes sur la campagne lodévoise : Nébien de l'Antiquité à la fin du Moyen Âge, *Etudes sur l'Hérault*, n° 7-8, 1992, p. 69-87.

(Schneider 2000), SCHNEIDER, L., Trente ans d'archéologie médiévale dans l'Hérault : Des premiers balbutiements à la naissance d'une discipline nouvelle (1970-2000), *Archéologie en Languedoc*, n° 24, 2000, p. 18-23.

(Schneider 2001), SCHNEIDER, L., Oppida et castra tardo-antiques (IV^e-VII^e s.). A propos des établissements de hauteur de Gaule méditerranéenne, in: *Les campagnes de la Gaule à la fin de l'Antiquité et peuplement aux IV^e et V^e siècles*, Actes du colloque AGER IV de Montpellier, P. OUZOULIAS, C. PELLECUER, C. RAYNAUD *et al.* (Dir.), Antibes, A.P.D.C.A. (ed.), 2001, p. 433-448.

(Schneider 2003), SCHNEIDER, L., Nouvelles recherches sur les habitats de hauteur de l'Antiquité tardive et du haut Moyen Âge dans le sud-est de la France : Le Roc de Pampelune à Argelliers (Hérault), *Les nouvelles de l'archéologie*, n° 92, 2003, p. 9-16.

(Schneider 2005), SCHNEIDER, L., Dynamiques spatiales et transformations de l'habitat en Languedoc méditerranéen durant le haut Moyen Âge (VI^e-IX^e s.), in: *Dopo la fine delle ville : Le campagne dal VI al IX secolo. 11^e seminario sul tardo Antico e l'alto Medioevo* (Gavi, Maggio 2004), G.-P. BROGIOLO, A. CHAVARRIA ARNAU, M. VALENTI (Dir.), SAP Società Archeologica s.r.l. (ed.), 2005, p. 287-312 (Documenti di Archeologia n°40).

(Schneider 2006a), SCHNEIDER, L., Vers la méditerranée : un regard sur les grandes aires d'ensilage du haut Moyen Âge, in: *Habitats, nécropoles et paysages dans la moyenne et la basse vallée du Rhône (VII^e-XV^e s.) : contribution des travaux du TGV-Méditerranée à l'étude des sociétés rurales médiévales*, O. MAUFRAS (Dir.), Paris, Edition de la Maison des sciences de l'homme (ed.), 2006a, p. 440-445 (Documents d'archéologie française n°98).

(Schneider 2006b), SCHNEIDER, L., A propos de l'espace rural durant le haut-Moyen Âge méridional : archéologie et cartulaires, in: *Les cartulaires méridionaux*, Actes du colloques de Béziers, 2002, , D. LEBLEVEC (Dir.), Paris, Ecole des Chartres (ed.), 2006b, p. 33-66 (Etudes et rencontres de l'Ecole des Chartres, n°19).

(Schneider 2007a), SCHNEIDER, L., Cités, campagnes et centres locaux en Gaule narbonnaise aux premiers siècles du Moyen Âge (V^e-IX^e s.) : une nouvelle géographie, de nouveaux liens, in: *Villes et campagnes de Tarraconaise et d'al-Andalus (VI^e-XI^e siècles) : la transition*, P. SÉNAC (Dir.), Toulouse, Université de Toulouse-Le Mirail (ed.), 2007a, p. 13-40 (Médiennes/Etudes Médiévales Ibériques).

(Schneider 2007b), SCHNEIDER, L., Structures du peuplement et formes de l'habitat dans les campagnes du sud-est de la France entre Antiquité et Moyen Âge (IV^e-VIII^e s.) : essai de synthèse, *Gallia*, n° 64, 2007b, p. 11-56.

(Schneider 1998), SCHNEIDER, L. (Dir.), *Etablissements ruraux du haut Moyen Âge (VI^e-VII^e s. et IX^e-X^e s.) : Plaisan « Les termes »*, 1998, 152 p. (Document Final de Synthèse, Service régional de l'Archéologie Languedoc-Roussillon).

(Schneider, Garcia 1998), SCHNEIDER, L., GARCIA, D. (Dir.), *Carte archéologique de la Gaule : le Lodévois (34/1)*, Paris, Fondation Maison des Sciences de l'Homme (ed.), 1998, 331 p.

(Schutz 2005), SCHUTZ, G., L'artisanat antique dans l'espace urbain : essai de synthèse sur l'agglomération de Reims *Durocortorum* (Marne, France) et première approche topographique, in: *Artisanat et économie romaine : Italie et provinces occidentales de l'Empire. Actes du 3^e colloque International d'Erpeldange (Lux.) sur l'artisanat romain* (Octobre 2004), M. POLFER (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 2005, p. 111-124 (Monographies *instrumentum*, n°32).

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

(Serneels 1994), SERNEELS, V., L'apport des analyses chimiques de minerais, scories et produits associés à l'étude de la sidérurgie ancienne, *in: La sidérurgie ancienne de l'Est de la France dans son contexte européen. Archéologie et archéométrie, colloque de Besançon, Besançon, 10-13 Novembre 1993*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Les Belles Lettres (ed.), 1994, p. 75-82 (ALUB, n°536).

(Serneels 1998), SERNEELS, V., La chaîne opératoire de la sidérurgie ancienne, *in: Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, M. FEUGÈRE, V. SERNEELS (Dir.), Montagnac, monique mergoïl (ed.), 1998, p. 7-44 (Monographies *instrumentum*, n°4).

(Serneels 1999), SERNEELS, V., Les vestiges sidérurgiques, *in: Un quartier antique d'artisanat métallurgique à Autun. Le site du Lycée Militaire*, P. CHARDRON-PICAULT, M. PERNOT (Dir.), Paris, Maison des Sciences de l'Homme (ed.), 1999, p. 201-218 (Documents d'Archéologie Française, n°76).

(Serneels 2001), SERNEELS, V., Apport des analyses chimiques à l'étude des vestiges sidérurgiques, *in: L'obtencio del ferro pel procediment directe entre els segles IV i XIX, Actes del 6^e curs d'Arqueologia d'Andorra 2000*, A. VILA, O. CODINA, J.-M. BOSCH (Dir.), Andorra, Ministerio de Cultura, Area de Recerca Historica (ed.), 2001, p. 268-288.

(Serneels 2004a), SERNEELS, V., Chapitre 4. Approches métallurgiques et archéométriques. Encadré 3 : Bilan chimique de l'opération de réduction du minerai de fer, *in: Le fer*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Errance (ed.), 2004a, p. 130 (Collection "Archéologiques").

(Serneels 2004b), SERNEELS, V., Chapitre 1. Le fer et ses minerais, *in: Le fer*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Errance (ed.), 2004b, p. 25-48 (Collection "Archéologiques").

(Serneels, Eschenlohr 2004), SERNEELS, V., ESCHENLOHR, L., Encadré 1 : Le sidérolithique du Jura et son utilisation à Boécourt pendant le haut Moyen Âge, *in: Le fer*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Errance (ed.), 2004, p. 31-33 (Collection "Archéologiques").

(Serneels *et al.* 2004), SERNEELS, V., MERLUZZO, P., LEROY, M., Chapitre 3. Les activités de forge : Le travail du métal, *in: Le fer*, M. MANGIN (Dir.), Paris, Errance (ed.), 2004, p. 81-112 (Archéologiques).

(Silem, Albertini 2006), SILEM, A., ALBERTINI, J.-M. (Dir.), *Lexique d'économie*, Paris, Dalloz (ed.), 2006, 773 p. (9^e édition).

(Smith 1905), SMITH, R., The ancient British Iron Currency, *Proceedings Society of Antiquaries*, n° 20, 1905, p. 179-195.

(Solier 1981), SOLIER, Y., Les épaves de Gruissan, *Archaeonautica*, n° III, 1981, p. 196-212.

(Steck-Hauss *et al.* 1995), STECK-HAUSS, C., GUILLOT, I., BENOIT, P., Mines et métallurgie à Minot, *in: Paléométallurgie du fer et cultures, Symposium international du Comité pour la Sidérurgie Ancienne, Belfort - Sévenans, 1-2-3 novembre 1990*, P. BENOIT, P. FLUZIN (Dir.), Belfort, Vulcain / A.E.D.E.H. (ed.), 1995, p. 363-373.

(Stewart *et al.* 2000), STEWART, J.-W., CHARLES, J.-A., WALLACH, E.-R., Iron-phosphorus-carbon system. Part I to III, *Materials Science and Technology*, n° 16, 2000, p. 275-303.

(Tallah 2004), TALLAH, L. (Dir.), *Carte archéologique de la Gaule : le Luberon et Pays d'Apt (84/2)*, Paris, Fondation Maison des Sciences de l'Homme (ed.), 2004, 431 p.

(Tchernia 1969), TCHERNIA, A., Epave métallique du Cap des Mèdes, *Gallia*, n° XXVII, Fasc. 2, 1969, p. 476-478.

(Thouvenin 1984), THOUVENIN, A., Lingots de fer gaulois et techniques de forge, *Revue Archéologique de l'Est et du Centre-Est*, n° 35, Fasc. 3-4, 1984, p. 368-372.

(Toubert 1973), TOUBERT, P., *Les structures du Latium médiéval : le latium méridional et la Sabine du IX^e siècle à la fin du XII^e siècle*, Rome, Ecole française de Rome (Ed.), 1973, 2 vol., 1500 p. (Bibliothèque des écoles françaises d'Athènes et de Rome, fascicule 221).

(Tréglià 2006), TRÉGLIÀ, J.-C., L'habitat de l'Antiquité tardive, *in: Olbia de Provence (Hyères, Var) à l'époque romaine (I^{er} s. av. J.-C. - VII^e s. ap. J.-C.)*, M. BATS (Dir.), Aix-en-Provence, Edisud (ed.), 2006, p. 171-178 (études massaliètes n°9).

(Trément 1999), TRÉMENT, F., *Archéologie d'un paysage : Les étangs de Saint-Blaise (Bouches-du-Rhône)*, Paris, Maison des sciences de l'Homme (Ed.), 1999, 314 p. (Document d'archéologie française, n°74).

(Trément 2001), TRÉMENT, F., Habitat et peuplement en Provence à la fin de l'Antiquité, *in: Les campagnes de la Gaule à la fin de l'Antiquité. Actes du IV^e colloque AGER (Montpellier, 1998)*, P. OUZOULIAS, C. PELLECUER, C. RAYNAUD *et al.* (Dir.), Antibes, A.P.D.C.A. (ed.), 2001, p. 275-302.

(Trial *et al.* 1996), TRIAL, F., RICHARTÉ, C., AVEC LA COLLABORATION DE, CHARDON, F., DEPINOIS, L., *Bédoin, les Bruns*, Aix-en-Provence, 1996, 26 p. (Rapport de fouille programmée 1996, Ministère de la Culture, Service Régional de l'Archéologie de Languedoc-Roussillon, AFAN, Service d'Archéologie du C.G. 84).

(Tylecote, Gilmour 1986), TYLECOTE, R.-F., GILMOUR, B. J. J., *The Metallography of Early Ferrous Ridge Tools and Edged Weapons*, Oxford, 1986, 264 p. (BAR British Series, n°155).

(Tylecote 1987), TYLECOTE, R.-F., *The early history of metallurgy in Europe*, London, Longman (Ed.), 1987, 391 p.

(Urteaga *et al.* 2000), URTEAGA, M., CREW, P., CREW, S., FLUZIN, P., HERBACH, R., DILLMANN, P., Restitution ethnographique et conduite des procédés. Forge d'Agorregi, Pays Basque, Espagne, *in: Arts du feu et productions artisanales, XX^e Rencontre Internationale d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, Antibes, 21-23 octobre 1999*, P. PETREQUIN, P. FLUZIN, J. THIRIOT *et al.* (Dir.), Antibes, A.P.D.C.A. (ed.), 2000, p. 53-72.

(Van Ossel 1992), VAN OSSEL, P., *Etablissements ruraux de l'Antiquité tardive dans le nord de la Gaule*, Paris, C.N.R.S. (Ed.), 1992, 470 p. (supplément à Gallia n°51).

(Van Ossel à paraître), VAN OSSEL, P., De la "villa" au village : les prémices d'une mutation, *in: Autour du "village". Etablissements humains, finage et communautés rurales entre seine et Rhin*

(IV^e-XIII^e siècles) *Actes du colloque international de Louvain-la-Neuve (mai 2003)*, J.-M. YANTE, A.-M. BUKTOT-VERLEYSSEN (Dir.), Louvain-la-Neuve, à paraître.

(Varoqueaux, Gassend 2001), VAROQUEAUX, C., GASSEND, J.-M., La roue à aubes du grand bassin de la bourse à Marseille, *in: Techniques et société en Méditerranée*, J.-P. BRUN, P. JOCKEY (Dir.), Paris, Maisonneuse et Larose (ed.), 2001, p. 529-549.

(Vega 2001), VEGA, E., *Contribution à l'étude des fers phosphoreux en sidérurgie ancienne. Comparaison des procédés directs et indirects*, Bordeaux, Université Bordeaux 3 Michel de Montaigne, 2001, DEA de 3^{ème} cycle "archéomatériaux", 54 p.

(Vega et al. 2002), VEGA, E., DILLMANN, P., FLUZIN, P., Contribution à l'étude de fers phosphoreux en sidérurgie ancienne, *Archéométrie*, n° 26, 2002, p. 197-208.

(Vega et al. 2003), VEGA, E., DILLMANN, P., L'HERITIER, M., FLUZIN, P., CREW, P., BENOÎT, P., Forging of phosphoric iron. An analytical and experimental approach., *in: Archaeometallurgy in Europe. Proceedings of the International Conference (Milan, 2003)*, Milan, Associazione Italiana di Metallurgia (ed.), 2003, p. 337-346.

(Vergani 1995), VERGANI, R., Dans les Alpes orientales au XIV^e siècle, Les hommes des champs et les hommes des fours, *in: Paléoméallurgie du fer et cultures, Symposium international du Comité pour la Sidérurgie Ancienne, Belfort - Sévenans, 1-2-3 novembre 1990*, P. BENOÎT, P. FLUZIN (Dir.), Belfort, Vulcain / A.E.D.E.H. (ed.), 1995, p. 273-276.

(Verna 1997), VERNA, C., Fer et pouvoir : la politique sidérurgique des comtes de Foix (XIII^e-XV^e siècles), *Mélanges C. Domergue n°1, Pallas, revue d'études antiques*, n° 46, 1997, p. 297-309.

(Verna 2001), VERNA, C., *Le temps des moulins : Fer, technique et société dans les Pyrénées centrales (XIII^e-XVII^e siècles)*, Paris, Publication de la Sorbonne (Ed.), 2001, 425 p. (Histoire ancienne et médiévale, n°67).

(Vidal 1998), VIDAL, L., Un dépotoir de rejets de forge à Nîmes (Gard), rue Condé, *in: Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, M. FEUGÈRE, V. SERNEELS (Dir.), Montagnac, monique mergoil (ed.), 1998, p. 153-154 (Monographies *instrumentum*, n°4).

(Vuailat 1987), VUAILLAT, D., *La paléoméallurgie de la Franche-Comté*, Paris, Les Belles Lettres (Ed.), 1987, 183 p. (Annales Littéraires de l'Université de Besançon, n°359. Série Archéologie, n°36).

(Weber 2001), WEBER, M., *Economie et société dans l'Antiquité précédé de Les causes sociales du déclin de la civilisation antique*, Paris, La découverte/Poche (Ed.), 2001, 408 p. (Sciences humaines et sociales).

(Wickham 2001), WICKHAM, C., Un pas vers le Moyen Âge ? Permanences et mutations, *in: Les campagnes de la Gaule à la fin de l'Antiquité. Actes du IV^e colloque AGER (Montpellier, 1998)*, P. OUZOULIAS, C. PELLECUER, C. RAYNAUD et al. (Dir.), Antibes, A.P.D.C.A. (ed.), 2001, p. 555-567.

(Wickham 2005), WICKHAM, C., *Framing the Early Middle Ages. Europe and the Mediterranean 400-800*, Oxford, Oxford University Press (Ed.), 2005, 990 p.

(Wienin 1997), WIENIN, M., Toponymie statistique de l'espace mino-métallurgique, *Archéologie en Languedoc. Actes du colloque "Mines et métallurgies de la Préhistoire au Moyen Âge en Languedoc-Roussillon et régions périphériques"* (Cabrière, 1997), n° 21, 1997, p. 235-242.

(Willaume 1987), WILLAUME, M., Les objets de la vie quotidienne, *in: Archéologie d'Entremont au Musée Granet*, Aix-en-Provence, Musée Granet (ed.), 1987, p. 107-141.

(Zadora-Rio 2001), ZADORA-RIO, E., Archéologie et toponymie : le divorce, *Les petits cahiers d'Anatole*, n° 8, 05/12/2001, 47496 signes, http://www.univ-tours.fr/lat/pdf/F2_8.pdf, 2001.

(Zwicker 1967), ZWICKER, U., Untersuchungen an einem Eisenbarren aus dem Depotfund von Renningen (Kr. Leonberg), *Fundberichte aus Schwaben*, n° 18, 1967, p. 282-283.

(Zwicker 1996), ZWICKER, U., Ein Werkzeugstahl des Saturninus, *Bayerische Vorgeschichtsblätter*, Munich, n° 61, 1996, p. 245-246.

RÉSUMÉ :

Cette thèse de doctorat en archéologie propose un panorama sur la métallurgie du fer en France méditerranéenne de l'Antiquité au début du Moyen Âge. Pour se faire, elle se fonde sur une démarche archéologique dans laquelle est assimilée une approche archéométrique spécialement adaptée à l'analyse de la sidérurgie ancienne : la métallographie et la pétrographie.

Des inventaires bibliographiques précis sont dressés pour envisager le problème dans son ensemble et faire état des connaissances acquises par le passé, mais cette thèse s'ancre principalement sur les études inédites et détaillées de douze contextes métallurgiques dits témoins et significatifs de problématiques propres. Ces derniers sont documentés par l'ensemble des données archéologiques et, spécialement, sur la base d'une description rigoureuse des aménagements, du tri de près de vingt-huit mille pièces métallurgiques – objets et scories – et de l'analyse archéométrique de cent soixante-neuf d'entre elles.

Cette thèse est structurée autour des trois grandes activités qui se dégagent de la chaîne opératoire de la métallurgie du fer directe : la production du matériau fer – la réduction directe du minerai –, la fabrication des objets – leur forgeage – et le commerce du matériau fer sous une forme semi-finie – la circulation des demi-produits. Ainsi, à travers l'évolution de ces trois types d'activités économiques, il est possible de mettre en évidence les choix et les comportements qui ont été adoptés pour un même exercice des cadres antiques à l'orée de la réforme carolingienne pour, au final, contribuer à une meilleure connaissance de la société de l'époque romaine au début du Moyen Âge en Gaule du Sud.

MOTS-CLÉS :

Métallurgie directe du fer, Gaule du Sud, Antiquité romaine, Antiquité tardive, archéologie, archéométrie, artisanat, économie.

ABSTRACT:

Iron metallurgy in Mediterranean France from Roman Antiquity to the beginning of the Middle Ages: interdisciplinary approach landmarks

This PhD work in archaeology proposes a panorama on the iron metallurgy in Mediterranean France from Roman Antiquity to the beginning of the Middle Ages. It is based on an archaeological step assimilating an archaeometric approach especially adapted to the analysis of the ancient iron artefacts: metallography and petrography.

Precise bibliographical inventories are drawn up to globally consider the problem and to make a state of the art of knowledge acquired in the past, moreover the present work is mainly anchored on the new and detailed studies of twelve significant metallurgical contexts with specific topics – said, pilot archaeological site. Those are documented by the completeness of archaeological data and, especially, by a rigorous description of installations, sorting of practically 28000 metallurgical materials – objects and slags – and archaeometric analysis of 169 of them.

This thesis is structured around the three great activities which emerge from iron bloomery process: the production of the metal – the direct reduction of the ore –, the manufacture of the objects – their forging – and the trade of ferrous artefacts in a semi-finished form – the circulation of the semi-products. Thus, through the evolution of these three economic types of activity, it is possible to highlight the choices and the behaviors which were adopted for the same exercise to finally contribute to a better knowledge of the society to the Roman Antiquity at the beginning of the Middle Ages in the south of Gaul.

KEYWORDS:

Iron bloomery process, south of Gaul, roman Antiquity, late Antiquity, archaeology, archaeometry, craft industry, economy

DISCIPLINE :

Section 21 du conseil national des universités : Histoire, civilisation, archéologie et art des mondes anciens et médiévaux.

ADRESSE DU LABORATOIRE D'ACCUEIL :

Laboratoire «Archéologie des sociétés méditerranéennes» U.M.R. 5140

Centre de Documentation Archéologique Régional

390, av. de Pérols, 34 970 Lattes

Tel : 04.67.15.61.25 ; Fax : 04.67.22.55.15 ; <http://www.archeo-lattes.cnrs.fr/>