

L'économie du fer protohistorique :
de la production
à la consommation du métal

L'économie du fer protohistorique :
de la production à la consommation du métal

XXVIII^e colloque de l'AFEAF
Toulouse, 20-23 mai 2004

sous la direction de
Pierre-Yves Milcent

Aquitania
Supplément 14/2
— Bordeaux —

Sommaire

AUTEURS7

AVANT-PROPOS13

LA MÉTALLURGIE D'EXTRACTION : DU MINERAI À LA BARRE DE FER

CL. DOMERGUE,

La sidérurgie extractive en Transalpine et dans la Gaule indépendante à la fin de l'âge du Fer.

Essai de mise en parallèle17

S. CABBOI, Chr. DUNIKOWSKI, M. LEROY, P. MERLUZZO,

Les systèmes de production sidérurgique chez les Celtes du Nord de la France35

J.-B. VIVET,

La production du fer protohistorique en haute Bretagne d'après les résultats des prospections,

des fouilles d'ateliers et des analyses archéométriques63

L. FOURNIER, P.-Y. MILCENT,

Actualité des recherches sur l'économie du fer protohistorique dans la Région Centre85

Cl. POLO CUTANDO, C. VILLAGORDO ROS,

L'exploitation du fer en Sierra Menera (Teruel-Guadalajara, Espagne) aux III^e - I^{er} s. a.C.107

POSTERS

D. HONORÉ, G. LÉON, N. ROUDIÉ,

Deux sites de réduction et de forge de l'âge du Fer en Normandie117

J.-M. FABRE, D. RIGAL,

Les vestiges d'ateliers sidérurgiques de l'âge du Fer sur les sites de l'autoroute A20 : Courcan (Cours, Lot)125

M. BERRANGER,
Les demi-produits de fer au I^{er} millénaire a.C. en Europe continentale : potentialités d'études133

M.-P. COUSTURES, G. RENOUX, C. SCAON, D. BÉZIAT, Chr. RICO, Fr. DABOSI,
L. LONG, Cl. DOMERGUE, Fr. TOLLON,
Le point sur une méthode de détermination de provenance des objets en fer de la sidérurgie ancienne145

P. HALKON,
"Valley of the first Iron Masters". Recent research on Iron Age iron production and its significance
in the Foulness Valley, East Yorkshire, England..... 151

LA MÉTALLURGIE D'ÉLABORATION : DE LA BARRE DE FER À L'OBJET FINI

C. ROVIRA HORTALÀ,
Producción e intercambio de los primeros objetos de hierro del nordeste de la Península Ibérica (s. VII - VI a.C.)..... 167

Ph. GRUAT, Ph. ABRAHAM, C. MAHÉ-LE CARLIER, A. PLOQUIN,
avec la collab. de C. GRIMA, G. MARCHAND, G. MARTY,
L'artisanat du fer en milieu caussenard : l'exemple de l'enceinte du Puech de Mus
à Sainte-Eulalie-de-Cernon (Aveyron), aux V^e et IV^e s. a.C. 177

Y. MENEZ, J.-B. VIVET, K. CHANSON, M. DUPRÉ,
La forge de Paule (Côtes-d'Armor)213

S. BAUVAIS, St. GAUDEFRY, Fr. GRANSAR, Fr. MALRAIN, Ph. FLUZIN,
Premières réflexions sur l'organisation des activités de forge en contexte rural à La Tène finale en Picardie239

POSTERS

J.-L. FLOUEST,
Approches quantitatives de la production de fer sur le site hallstattien de Bragny-sur-Saône (Saône-et-Loire).....265

M. MAUVILLY, V. SERNEELS, M. RUFFIEUX, E. GARCIA CRISTOBAL,
Le travail du fer dans une forge du milieu du V^e s. a.C. à Sévaz/Tudings (canton de Fribourg, Suisse)271

Chr. DUNIKOWSKI, J.-M. SÉGUIER, S. CABBOI,
La production du fer protohistorique au sud-est du Bassin Parisien279

L. DHENNEQUIN,
Les ateliers de travail du fer au Mont Beuvray : présentation des fouilles récentes effectuées
dans la zone artisanale du Champlain sur l'*oppidum* de Bibracte291

A. SCHÄFFER,	
Eisenverarbeitung im <i>Oppidum</i> von Manching (Bayern). Untersuchungen zu Schlacken und Herdfragmenten der Grabung "Altenfeld" 1996-1999	299
K. KASTOWSKY, M. MEHOFER, P. C. RAMSL,	
Analyses métallographiques d'objets de fer laténiens autour du massif de la Leitha	305
LA CONSOMMATION DU FER : ASPECTS MÉTHODOLOGIQUES ; IMPLICATIONS ÉCONOMIQUES ET SOCIALES	
J.-P. GUILLAUMET,	
Introduction. La paléomanufacture métallique, une nouvelle méthode d'étude	321
É. DUBREUCQ,	
Le petit mobilier en fer des habitats du Hallstatt D-La Tène A : un mobilier sous-exploité	329
O. NILESSE,	
Note à propos des armes de trois établissements ruraux de l'Ouest de la France	355
G. BATAILLE,	
Un nouveau protocole d'analyse des grands ensembles de mobiliers métalliques sur la base du NMI. L'exemple du sanctuaire laténien de La Villeneuve-au-Châtelot (Aube)	365
L. ORENGO,	
Hallstatt-La Tène : un "sous-âge du Fer" ? Et qu'en est-il de l'époque romaine ?	381
POSTERS	
A. FILIPPINI,	
Les couteaux en fer du Sud-Ouest de la Gaule (VIII ^e -V ^e s. a.C.)	395
M. GENERA I MONELLS,	
Le village protohistorique du Puig Roig del Roget (el Priorat) : spécialisation artisanale et signification socio-économique	407
P. FOSTER, P. SANKOT,	
La tombe n° 2254 de Tišice (Bohême centrale) et son contexte du V ^e s. a.C.	417
Remarque conclusive. L'économie du fer protohistorique (VIII ^e -I ^{er} s. a.C.). De la production à la consommation du métal	
V. SERNEELS	425

Posters

Approches quantitatives de la production de fer sur le site hallstattien de Bragny-sur-Saône (Saône-et-Loire)

Jean-Loup Flouest

RÉSUMÉ

Pour estimer les quantités de fer produites sur le site de Bragny, il a été nécessaire de proposer d'abord une évaluation des quantités de déchets liés à la métallurgie du fer (affinage et forgeage). Bien que seulement 6,5 % des 3 ha du site aient été fouillés, une première extrapolation, fondée sur les points d'anomalies géophysiques signalés, amenait à proposer une masse de 10 tonnes de déchets.

La possibilité d'accéder aux données brutes des prospections magnétométriques (1969 à 1974) et électriques (1986), de les filtrer en fonction des connaissances acquises par la fouille, permet d'avancer une nouvelle interprétation qualitative et quantitative des anomalies reconnues, pour affiner le rôle économique du site.

MOTS-CLÉS

Hallstatt final, production de fer, approches quantitatives, traitement des prospections géophysiques

ABSTRACT

To estimate the quantities of iron produced at Bragny, it has been necessary to evaluate first the quantity of scraps resulting from refining and blacksmithing activities. Taking into account the results from the 6.5 % of the 3 ha of the site that was excavated an initial extrapolation, based also on the number of geophysical anomalies that were identified, suggests that 10 tons of iron waste may be present on the site.

With the data from the magnetometry and resistivity surveys of 1969/1974 and 1986 suitably filtered, based on our knowledge of the excavated features, it is possible to put forward a new qualitative and quantitative interpretation in order to make clearer the economic role of the site.

KEYWORDS

late Hallstatt, iron production, quantitative approaches, data processing of geophysical prospections

Situé à vingt kilomètres au nord-est de Chalon-sur-Saône (Saône-et-Loire), ce site de plaine, sans aucune fortification reconnue, s'étend sur la rive droite de la Saône, presque à son confluent avec le Doubs et un petit cours d'eau, la Dheune. D'abord fouillé dans les années 70, puis exploré à nouveau à la fin des années 80, il a livré divers objets d'importation grecque, marseillaise, étrusque, ainsi que de Golasecca, ce qui plaide en faveur d'une installation spécialisée prospère de la fin du VI^e s. à la fin du V^e s. a.C., sur un axe majeur de circulation sud-nord. Bien que du minerai de fer soit accessible localement, il n'y a pas de trace de réduction sur le site. En revanche, il y a de nombreux indices de raffinage et de soudure du fer, qui vont des battitures jusqu'à la loupe en cours d'affinage. Outre des barres carrées, les principaux artefacts produits sont des fibules, des lames et des outils. Les structures de travail reconnues ont été utilisées à la fois pour le travail du fer et celui du bronze. Il s'agit de forges semi-enterrées, accompagnées de fosses pour les enclumes, ainsi que de nombreux restes de fours.

Pour essayer d'estimer les quantités de fer produites sur le site de Bragny, il est nécessaire de proposer d'abord une évaluation des quantités de déchets liés à la métallurgie du fer. La surface globale du site a été estimée à 3 ha, à la suite de prospections de surface (ramassages, surveillance de travaux, découvertes fortuites) et de prospections géophysiques, sachant que la partie en bord de Saône a dû être amputée dès l'Antiquité. Une surface totale de 1 900 m² a été fouillée, soit environ 6,5 %. Dans un secteur de 400 m², reconnu comme spécialisé dans la métallurgie du fer et du bronze, une première évaluation se montait à 400 kg de déchets, ce qui, par extrapolation, en se fondant sur les points d'anomalies géophysiques signalés, amenait à proposer en 1993 une masse de 10 tonnes de déchets pour l'ensemble du site. Il est établi, par ailleurs, que, pour les secteurs actuellement fouillés, ce sont des déchets, non pas de réduction, mais d'affinage et de forgeage.

Avant de proposer des chiffres de production de fer, d'après les études expérimentales réalisées ainsi que les comparaisons historiques et ethnographiques, c'est sur l'analyse du potentiel d'information des prospections géophysiques que nous voudrions revenir. La possibilité d'accéder aux données brutes des prospections magnétométriques (1969 à 1974) et

électriques (1986), de les filtrer en fonction des connaissances acquises par la fouille sur la typologie des structures archéologiques et la nature du sous-sol, permet de proposer une interprétation qualitative des anomalies reconnues, et aussi quantitative, plus fine qu'une série de points sur un plan, fort utiles pour conduire la fouille mais insuffisants pour affiner l'analyse économique du site.

Pour les prospections géophysiques, réalisées dès 1969 (opérations très novatrices, dans le sillage des travaux de l'Institut de Physique du Globe de MM. Scheib, Figeac, Paris VI), la documentation accessible se compose, d'une part, de plans sur papier millimétré sur lesquels les mesures ont été reportées, sans représentation graphique, et, d'autre part, des représentations graphiques automatiques en noir et blanc, malheureusement sans les mesures qui avaient été à l'origine du tracé des isogammes. Au total, ces surfaces prospectées se montent à 9 600 m², mais, en fait, plusieurs prospections ont été fortement parasitées par des clôtures métalliques et les surfaces vraiment utilisables se limitent à 8 500 m², soit un peu plus du quart de la surface estimée du site (fig. 1).

Grâce aux explications de l'archéométallurgiste P. Crew sur les techniques de visualisation des anomalies métallurgiques¹ ces différentes données ont pu être reprises pour augmenter leur lisibilité. Sont considérées comme liées aux installations de travail du métal (four, bas-fourneau) les anomalies bipolaires, qui présentent l'association d'une mesure élevée et d'une mesure particulièrement faible (celle-ci au sud de celle-là). Sont considérées comme liées aux épandages plus ou moins concentrés de déchets métallurgiques, les anomalies ponctuelles simples.

Dans le cas de la documentation brute, les cartes des isogammes ont été obtenues en traitant les données avec le logiciel Surfer². L'objectif étant de faire ressortir au mieux les contrastes, en particulier dans le cas des anomalies bipolaires, il est relativement facile, lorsqu'on dispose des mesures brutes (X et Y pour la localisation et Z pour la lecture du champ magnétique) de faire des essais de couleurs.

1- Je remercie P. Crew de m'avoir soigneusement expliqué sa méthode (cf. Crew 1997, 113-115).

2- Grâce à l'obligeance de V. Guichard, Centre archéologique européen du Mont Beuvray.

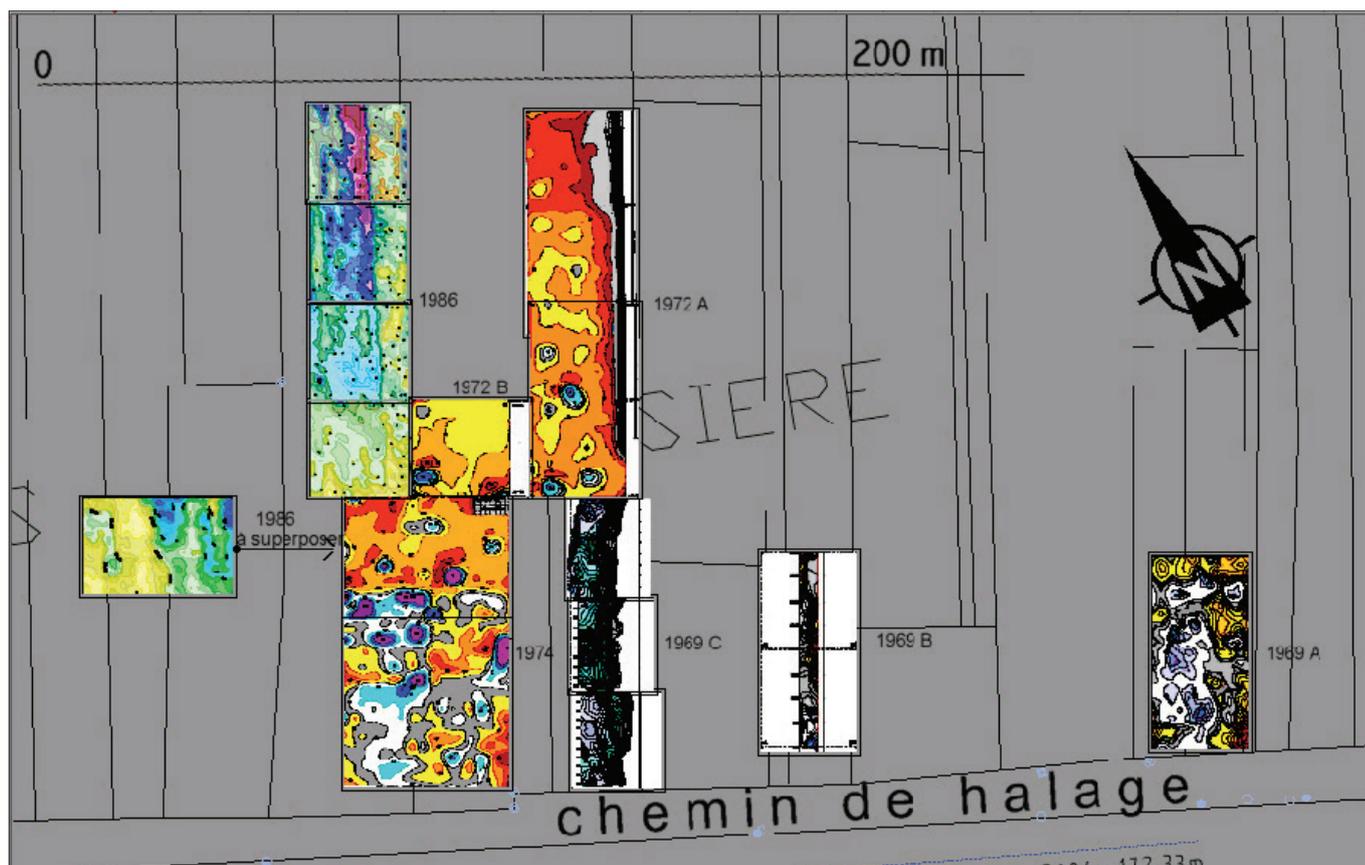


Fig. 1. Localisation des différentes campagnes de prospections géophysiques.

Cependant, pour éviter un traitement automatique par le logiciel, il y a deux procédures à respecter :

- il faut choisir “manuellement” la valeur qui représentera la valeur moyenne, pour que les éléments métalliques, tels que clôtures, piquets ne soient pas pris en compte (le nettoyage d’objets résiduels récents ou archéologiques n’a pas été fait avant le passage du magnétomètre ; en revanche, certaines anomalies, signalées à l’attention des fouilleurs, ont été identifiées comme des objets/résidus métalliques erratiques.

- d’autre part, pour accentuer la lisibilité de l’information, il convient de ne pas respecter une gradation proportionnelle aux mesures, de façon à écraser des gammes de mesures, considérées comme de peu d’intérêt dans la recherche des installations

métallurgiques (“*non-linear scale*”, selon la méthode préconisée par P. Crew).

En revanche, lorsque les documents accessibles étaient déjà des tirages de cartes d’isogrammes, sans avoir la possibilité de manipuler les mesures brutes, il a fallu se livrer à un exercice de coloriage des documents, en ayant toujours le même objectif, à savoir mettre en valeur les anomalies bipolaires, en choisissant au mieux la courbe moyenne et en regroupant des séries de courbes peu discriminantes (fig. 2).

Ensuite, en comparant les résultats obtenus au cours des fouilles, une correspondance peut être établie entre certaines anomalies bipolaires et les installations métallurgiques avec abondance de scories et d’argile brûlée (fragments de superstructures

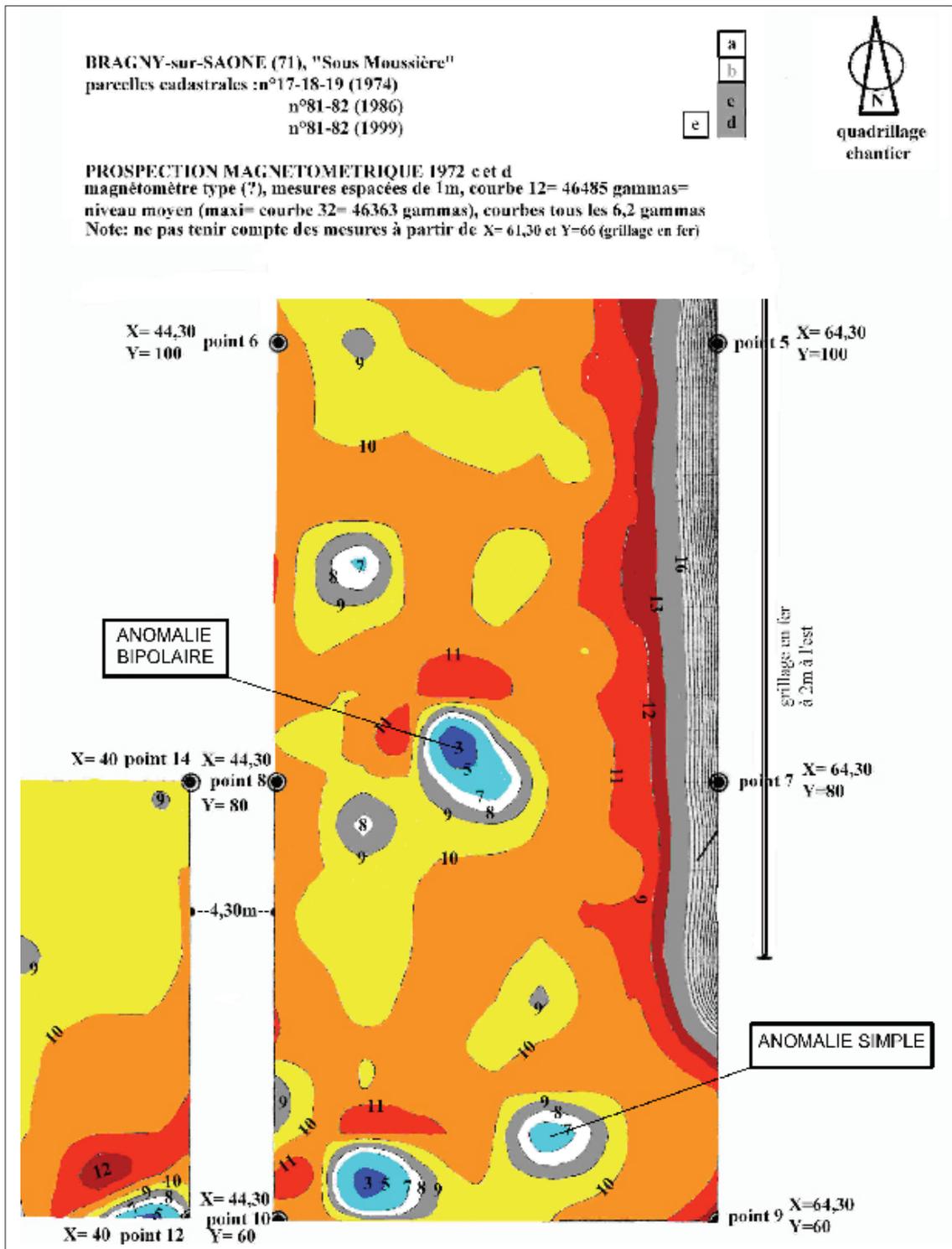


Fig. 2. Représentations graphiques des différentes anomalies.

Année de prospection	Nature du document original	Anomalies bipolaires	Anomalies ponctuelles simples	commentaires	Perturbations et pollutions magnétiques
1969	Mesures brutes 1969 A	4/6	2/3	Zone d'activités métallurgiques	Effet de clôture vraisemblable
1969	Mesures brutes 1969 B	Aucune ?	3/4	(Lisibilité incertaine)	Effet de clôture très perturbant
1969	Mesures brutes 1969 C1	1 et +?	3 et +	Zone d'activités métallurgiques	Effet de clôture très perturbant
1969	Mesures brutes 1969 C2	Aucune ?	3 et +		Effet de clôture très perturbant
1969	Mesures brutes 1969 C3	1	2 et +		Effet de clôture très perturbant
1972 A	Carte des isogammes	Aucune ?	1 et +	Quasi absence d'activité métallurgique	Effet de clôture très perturbant (carrés a et b)
1972 A BR II dans carrés sud	Carte des isogammes	4/5	1	Concentration d'activités dans la partie sud	Effet de clôture perturbant (carrés c et d)
1972 B BR III au sud-est	Carte des isogammes	1 et +	1 ?	Concentration d'activités dans la partie sud	Parcelle étroite non traitée (carré e)
1974 a BR IV ,V	Carte des isogammes	3+	5/6	Zone d'activités métallurgiques	
1974 b BR IV ,V	Carte des isogammes	3/4	3 et +	Zone d'activités métallurgiques	
1986	Mesures brutes résistivité	Recherche d'anomalies non magnétiques		1 et 2 à superposer sur Guillot 1974. Traces différents cadastres, anciennes fouilles.	Parcellaire ancien et récent.

Tab. 1. Bragny-sur-Saône : bilan des anomalies suggérant des structures métallurgiques dans les différents secteurs.

de fours). Quant aux dépotoirs à scories réutilisant d'anciennes structures d'habitat ou dans des fosses dédiées, ils correspondent plusieurs fois à des anomalies ponctuelles simples. Ce travail de comparaison entre les prospections et les résultats obtenus au cours des fouilles permet de proposer des "signatures géophysiques" pour différents types d'anomalies propres au site. Ces signatures renforcent encore l'intérêt de cette documentation, mais les anomalies inexplicées méritent également discussion.

Dans l'état actuel de nos recherches, avec l'aide des onze documents en couleur réalisés, représentant l'information obtenue sur plus d'un quart du site, on peut donc proposer une première évaluation quantitative des différents vestiges métallurgiques dans le tableau 1.

Grâce à ces résultats, deux hypothèses, importantes pour le statut du site, peuvent être avancées :

— sur la surface proposée pour l'extension globale du site, il est possible d'estimer la surface du secteur privilégié pour l'implantation des fourneaux et foyers de forge. En constatant que, d'une part, les anomalies bipolaires sont concentrées dans une bande d'une quarantaine de mètres parallèlement à la Saône, avec une zone aux vestiges plus clairsemés qui la prolonge d'une vingtaine de mètres vers le nord, et que, d'autre part, ces vestiges sont attestés au moins sur 250 m le long de la Saône, on arrive à une surface de 1,5 ha du site, soit la moitié, consacrée au travail des métaux, ce qui est un peu plus que ce qui avait été proposé en 1993 (1 ha).

— d'autre part, l'observation de la densité des installations, comparée aux résultats déjà obtenus grâce aux fouilles, sur l'approche quantitative des restes métallurgiques, permet d'affiner les propositions qui avaient déjà été faites³. En effet, la zone fouillée, à partir de laquelle a été faite l'extrapolation, semble maintenant en bordure de la zone de forte concentration de vestiges métallurgiques. Comme d'autre part, la surface du site consacrée au travail des métaux a été légèrement augmentée, on peut proposer le chiffre de 15 tonnes de déchets liés à la métallurgie du fer.

Bibliographie

- Brun, P. et B. Chaume, dir. (1997) : *Vix et les éphémères principautés celtiques, Actes du colloque de Châtillon-sur-Seine, oct. 1993*, Paris.
- Collet, S. et J.-L. Flouest (1997) : "Activités métallurgiques et commerce avec le monde méditerranéen au v^e s. av. J.-C. à Bragny-sur-Saône", in : Brun & Chaume, dir. 1997, 165-172.
- Crew, P. (1997) : "Geophysical survey and furnace location at ironworking sites" in : *Early ironworking in Europe, archaeology and experiment*, Plas Tan y Bwlch Occasional paper 3, Snowdonia National Park study centre, 113-115.

3- "10 tonnes de scories" (Collet & Flouest 1997, 168).