

# Les espaces de production de fer brut dans leur environnement

## Smelting production areas in their environnement





# Programme de la Conférence

---

## Jour 1 : 14 octobre

**8h30 – 9h00** : Café & Accueil

**9h00 – 9h15** : Accueil par la direction de la MSHE et les organisateurs

---

## Bilan régional sur les zones de production de fer à l'échelle de la France

*(Présentations de 15 minutes avec discussion finale)*

Présidence de séance : V. Serneels

### **9h15 – 9h30 : Zone 1 – Le Massif Armoricaïn et ses marges**

Coordinateur : M. Yacger

Participants : C. Gandini, E. Meunier, C. Le Carlier, E. Clouin, J.-B. Vivet, N. Zaour, V. Le Quellec, T. Marc, M. Yacger, M. Hubert

### **9h30 – 9h45 : Zone 2 – L'Ouest, façade Atlantique**

Coordinateurs : F. Sarreste, J. Arnoux-Dougnac

Participants : N. Dieudonné-Glad, C. Dunikowski, A. Beyrie, G. Saint-Didier, S. Paradis-Grenouillet, J. Arnoux-Dougnac, J. Bonnenfant

### **9h45 – 10h00 : Zone 3 – Le Centre-Ouest**

Coordinateurs : F. Sarreste, M. Berranger

Participants : F. Sarreste, M. Berranger, C. Gandini, N. Dieudonné-Glad, C. Dunikowski, S. Lacroix, L. Laüt, L. Fournier, F. Couvin, P. Gibut, Ph. Lorquet, M. L'Héritier, S. Cabboi, M. Leroy, H. Laurent, J.-M. Joudou, J.-M. Laruaz

### **10h00 – 10h15 : Zone 4 – Les Pyrénées et ses marges**

Coordinateurs : A. Beyrie, G. Pagès

Participants : A. Disser, G. Pagès, A. Filippini, A. Beyrie, M.-P. Coustures, J.-M. Fabre, C. Dunikowski

### **10h15 – 10h30 : Pause**

Présidence de séance : N. Dieudonnée-Glad

### **10h30 – 10h45 : Zone 5 – Le Quart Sud-Est**

Coordinateur : G. Pagès

Participants : G. Pagès, A. Melo, C. Dunikowski

**10h45 – 11h00 : Zone 6 – Le Quart Nord-Est**

Coordinateur : M. Leroy

Participants : M. Leroy, A. Disser, F. Magar, H. Laurent, S. Laurent-Corsini, M. Berranger

**11h00 – 11h15 : Zone 7 – Le Nord et le Bassin Parisien**

Coordinateur : S. Bauvais

Participants : S. Bauvais, B. Jagou, M. L'Héritier, Ph. Lorquet, S. Cabboi, V. Le Quellec, C. Colliou, N. Zaour, M. Bernard

**11h15 – 12h15** : Discussion générale et synthèse avec les responsables de zones - animation par V. Serneels et N. Dieudonnée-Glad

**12h15 – 14h00 : Pause déjeuner**

---

**Analyse spatio-temporelle et technique des zones de production**

*(20 minutes de présentation + 5 minutes de questions)*

Présidence de séance : S. Bauvais

**14h00 – 14h25 : La production de fer ancienne en Suisse : État des connaissances**

Vincent Serneels

**14h25 – 14h50 : La sidérurgie ancienne en Belgique : un état des lieux multiscalaire et dernières nouvelles du front Est**

Heicke Fock, Gaspard Pagès

**14h50 – 15h15 : Technology, Landscape and Society in Late Antique and Early Medieval Iron Production in the Southern Carpathian Basin**

Tena Karavodovic, Tajana Sekelj Ivančan

**15h15 – 15h40 : Early Iron Production in Germany**

Guntram Gassman

**15h40 – 16h30 : Café & Session Posters**

Présidence de séance : T. Karavidović

**16h30 – 16h55 : "Melting Pot" Eisenberg: An Early Roman Smelting Site on the Northern Upper Rhine**

Arno Brauns

**16h55 – 17h20 : The changing technology of early iron production in southern Britain, 700BC to AD1500**

Tim Young

**17h20 – 17h45 : Primary Iron Processing in Rome and Lazio during the Municipal Era**  
Giorgia Annoscia, Vasco La Salvia, Francesca Zagari

---

## **Jour 2 : 15 octobre**

**8h30 – 9h00 : Café & Accueil**

Présidence de séance : A. Beyrie

**9h00 – 9h25 : Archaeology of Paleosiderurgy in the Basque Country: Following the Footsteps of the First Blacksmiths**

Javier Franco Pérez, David Larreina-García, Iosu Etxezarraga Ortuondo, Xabier Alberdi Lonbide

**9h25 – 9h50 : L'exploitation du fer dans les Pyrénées centrales catalanes tardo-antiques : Le cas de la Vall Ferrera (IIIe–VIe siècle ap. J.-C.)**

Oscar Augé

**9h50 – 10h15 : Transformations in Iron Production and Blacksmithing at Miranduolo (7th–10th Century): Technological and Socio-Economic Perspectives**

Valenti Marco, La Salvia Vasco, Palmas Carla, Petřík Jan, Všianský Dalibor

**10h15 – 10h35 : Pause**

Présidence de séance : P. Nouvel

**10h35 – 11h00 : The Island of Elba and its Iron: Resources and Territory from the Etruscans to the Middle Ages**

Alessandro Corretti

**11h00 – 11h25 : Sidérurgie médiévale dans le massif préalpin des Bauges : Un bas fourneau aux Déserts (Savoie)**

Alain Mélo

---

## **Place des productions primaires dans l'économie du fer**

**11h25 – 11h50 : La Puisaye (Ouest Bourgogne), une zone majeure de production de fer : Évolution et changements techniques de l'âge du Fer au Second Moyen Âge**

Marion Berranger, Marc Leroy, Hervé Laurent, Olivier Girardclos

**11h50 - 12h15 : Paléométallurgie au pays des Osismes : l'organisation des zones de production sidérurgique dans l'ouest armoricain de l'âge du Fer à l'époque romaine**

Cristina Gandini, Etienne Clouin, Emmanuelle Meunier, Cécile Le Carlier De Veslud

**12h15 – 14h00 : Pause déjeuner**

Présidence de séance : F. Sarreste

**14h00 – 14h25 : Ferrons d’Armorique : Développement et structuration de l’économie du fer en Bretagne du Ve au XVe siècle**

Etienne Clouin, Cécile Le Carlier De Veslud

**14h25 – 14h50 : Une production sidérurgique médiévale d’ampleur sur le synclinal de Segré (Loire-Atlantique et Maine-et-Loire)**

Matthieu Yacger, Tifenn Marc, Etienne Clouin

**14h50 – 15h15 : Dynamisme de la production de fer brut pendant le Haut Moyen Âge dans l’est de la France et l’ouest de la Suisse**

Hervé Laurent, Alexandre Beaudet

**15h15 – 15h40: Les mines de fer du haut Jura central : Nouvelles prospections et analyses sur une zone de production montagnarde**

Valentin Chevassu, Théophile Sanseigne, Vincent Bichet

**15h40 – 16h10 : Pause**

**Apports et limites des méthodologies actuelles appliquées à l’étude des mines et des ateliers de production primaire**

Présidence de séance : H. Laurent

**16h10 – 16h35 : Le Fer dans le Tarn aux périodes anciennes : Apport des prospections géophysiques**

Vivien Mathé, Anne Filippini, Marie-Pierre Coustures

**16h35 – 17h00 : Reconstituer les volumes de production des ateliers de réduction, de l’Antiquité au Moyen Âge : Une approche comparative des zones de production de Puisaye et du Morvan-Auxois (Bourgogne, France)**

Margaux Herbrich, Marion Berranger, Marc Leroy

**17h00 – 17h25 : La chronologie de la métallurgie du fer dans la région de Bassar (Togo) : Le potentiel de la datation archéomagnétique**

Giorgia Ricci, Caroline Robion-Brunner, Gwenaël Hervé, Emmanuelle Delqué-Kolic, Séverin Bakrobena Lebarama

**19h00 : Dîner de clôture**

---

### **Jour 3 : 16 octobre**

Présidence de séance : G. Pagès

**9h00 – 9h25 : From Hammerscale to Ore: Towards a Paradigm Shift in Iron Production during the Early Iron Age**

Jean Rodier

**9h25 – 9h50 : Geological Complex, Complex Geochemistry: Contributions and Limitations of the Global Analysis of Iron Slags for the Chemical Characterisation of Armorican Deposits**

Cécile Le Carlier de Veslud, Etienne Clouin

**9h50 – 10h15 : Comparing Iron Smelting Techniques: Toward a Comprehensive Approach to Efficiency**

Mélissa Morel, Caroline Robion-Brunner, Chantal Radimilahy, Hélène Timpoko Kienon Kabore, Vincent Serneels

**10h15 – 10h35 : Pause**

**La production de fer brut dans son environnement**

Présidence de séance : C. Gandini

**10h35 – 10h55 : Bog Iron Ore Deposits and Iron Production Workspaces In Altered Landscapes: Geoarchaeological Approach for Identification of Past Iron Production Environments**

Tena Karavidovic, Tomislav Brenko, Sibila Borojevi Šoštari

**11h55 – 11h20 : Trajectoires sylvoles et proto-industries : Le cas du charbonnage moderne dans le Haut-Doubs**

Ariane Lambart, David Gocel-Chatlte, Sylvie Bepoix, Olivier Girardclos, Sandrine Paradis-Grenouillet, Valentin Chevassu, Vincent Bichet

**11h20 – 11h45 : Appréhender les liens entre production sidérurgique et économie forestière par la dendro-anthracologie : L'exemple du site de réduction médiéval de Champigneulles (54)**

Rémy Jeannot, Marc Leroy, Olivier Girardclos

**11h45 – 12h15 : Repenser l'héritage forestier de la métallurgie : Enquête d'écologie historique dans les vallées de Vicdessos et Siguer (Ariège)**

Vanessa Py-Saragaglia, Sylvain Burri, Léonel Fouédjeu, Mélanie Saulnier, Alexandre Disser, Vincent Labbas, Jean-Paul Métailié

**12h15 – 14h00 : Pause déjeuner**

---

**Atelier thématique : Science ouverte en sidérurgie – Diffusion et partage des données**

**14h00 – 17h00 :**

**Des bases de données archéologiques et chimiques : Structuration et interopérabilité.  
L'exemple des bases de données CHIPS et FERMAPYR/FERAPO**

Alexandre Disser, Gaspard Pagès

**The "archaeometal-armoricain" project: A Collaborative Environment for Studying  
Metallurgies in Western France**

Cécile Le Carlier de Veslud, Emmanuelle Meunier, Etienne Clouin, Christina Gandini,  
Olivier Troccaz

**SIDEROS: An Archaeological and Archaeometric Database for Ironmaking**

Marion Berranger, Quentin Verriez, Yuji Kato, Vincent Sobritz, Thomas Huet

**Table-ronde (Co-animée par) :**

Yuji Kato (Géomaticien – MSHE), Quentin Verriez (UFC), Alexandre Disser (IRAMAT-LAPA), Thomas Huet (IRAMAT-LAPA), Marion Berranger (IRAMAT-LMC), F. Sarreste (Eveha), M. Thivet (Chrono-environnement)

# Conference Program

---

## Day 1: October 14th

**8:30 AM – 9:00 AM :** Coffee & Welcome

**9:00 AM – 9:15 AM :** Welcome by MSHE management and organizers

---

### **Regional Overview on Iron Production Areas Across France (communications in French)**

*(15-minute presentations with final discussion)*

Chairman: V. Serneels

#### **9:15 AM – 9:30 AM : Zone 1 – The Armorican Massif and its Margins**

Coordinator: Mr. Yacger

Participants: C. Gandini, E. Meunier, C. Le Carlier, E. Clouin, J.-B. Vivet, N. Zaour, V. Le Quellec, T. Marc, M. Yacger, M. Hubert

#### **9:30 AM – 9:45 AM : Zone 2 – The West, Atlantic Façade**

Coordinators: F. Sarreste, J. Arnoux-Dougnac

Participants: N. Dieudonné-Glad, C. Dunikowski, A. Beyrie, G. Saint-Didier, S. Paradis-Grenouillet, J. Arnoux-Dougnac, J. Bonnenfant

#### **9:45 AM – 10:00 AM : Zone 3 – The Central West**

Coordinators: F. Sarreste, M. Berranger

Participants: F. Sarreste, M. Berranger, C. Gandini, N. Dieudonné-Glad, C. Dunikowski, S. Lacroix, L. Laüt, L. Fournier, F. Couvin, P. Gibut, Ph. Lorquet, M. L'Héritier, S. Cabboi, M. Leroy, H. Laurent, J.-M. Joudou, J.-M. Laruaz

#### **10:00 AM – 10:15 AM : Zone 4 – The Pyrenees and its Margins**

Coordinators: A. Beyrie, G. Pagès

Participants: A. Dissier, G. Pagès, A. Filippini, A. Beyrie, M.-P. Coustures, J.-M. Fabre, C. Dunikowski

#### **10:15 AM – 10:30 AM : Break**

Chairman: N. Dieudonné-Glad

#### **10:30 AM – 10:45 AM : Zone 5 – The South-East Quarter**

Coordinator: G. Pagès

Participants: G. Pagès, A. Melo, C. Dunikowski

**10:45 AM – 11:00 AM : Zone 6 – The North-East Quarter**

Coordinator: M. Leroy

Participants: M. Leroy, A. Disser, F. Magar, H. Laurent, S. Laurent-Corsini, M. Berranger

**11:00 AM – 11:15 AM : Zone 7 – The North and the Paris Basin**

Coordinator: S. Bauvais

Participants: S. Bauvais, B. Jagou, M. L'Héritier, Ph. Lorquet, S. Cabboi, V. Le Quellec, C. Colliou, N. Zaour, M. Bernard

**11:15 AM – 12:15 PM : General Discussion & Summary with Zone Leaders - animation by V. Serneels et N. Dieudonné-Glad**

**12:15 PM – 2:00 PM : Lunch Break**

---

**Spatio-temporal and Technical Analysis of Production Areas**

*(20-minute presentations + 5 minutes of questions)*

Chairman: S. Bauvais

**2:00 PM – 2:25 PM : Ancient Iron Production in Switzerland: State of Knowledge (in French)**

Vincent Serneels

**2:25 PM – 2:50 PM : Ancient Ironworking in Belgium: A Multiscalar Overview and Latest Updates from the Eastern Front (in French)**

Heicke Fock, Gaspard Pagès

**2:50 PM – 3:15 PM : Early Iron Production in Germany**

Guntram Gassman

**3:15 PM – 3:40 PM : "Melting Pot" Eisenberg: An Early Roman Smelting Site on the Northern Upper Rhine**

Arno Brauns

**3:40 PM – 4:30 PM : Coffee & Poster Session**

Chairman: T. Karavidović

**4:30 PM – 4:55 PM:**

**The changing technology of early iron production in southern Britain, 700BC to AD1500**

Tim Young

**4:55 PM – 5:20 PM : Technology, Landscape and Society in Late Antiquity and the Early Middle Ages in the South of the Carpathian Basin**

Tena Karavodovic, Tajana Sekelj Ivančan

**5:20 PM – 5:45 PM : Primary Processing of Iron in Rome and Lazio during the Municipal Era**

Giorgia Annoscia, Vasco La Salvia, Francesca Zagari

---

**Day 2: October 15th**

**8:30 AM – 9:00 AM : Coffee & Welcome**

Chairman: A. Beyrie

**9:00 AM – 9:25 AM : Archaeology of Paleosiderurgy in the Basque Country: Following the Footsteps of the First Blacksmiths**

Javier Franco Pérez, David Larreina-García, Iosu Etxezarraga Ortuondo, Xabier Alberdi Lonbide

**9:25 AM – 9:50 AM : Iron Exploitation in the Central Catalan Pyrenees during the Late Antiquity: The Case of the Vall Ferrera (3rd–6th century AD) (in French)**

Oscar Augé

**9:50 AM – 10:15 AM : Transformations in Iron Production and Blacksmithing at Miranduolo (7th–10th Century): Technological and Socio-Economic Perspectives**

Valenti Marco, La Salvia Vasco, Palmas Carla, Petřík Jan, Všianský Dalibor

**10:15 AM – 10:35 AM : Break**

Chairman: P. Nouvel

**10:35 AM – 11:00 AM : The Island of Elba and its Iron: Resources and Territory from the Etruscans to the Middle Ages**

Alessandro Corretti

**11:00 AM – 11:25 AM : Medieval Ironworking in the Pre-Alpine Bauges Massif: A Bloomery Furnace at Les Déserts (Savoie)**

Alain Mélo

---

**Role of Primary Production in Iron Economy and its Environment**

**11:25 AM – 11:50 AM : La Puisaye (West Burgundy), A Major Iron Production Area: Evolution and Technical Changes from the Iron Age to the Late Middle Ages (in French)**

Marion Berranger, Marc Leroy, Hervé Laurent, Olivier Girardclos

**11:50 AM - 12:15 PM : Palaeometallurgy in the land of the Osismii: the organisation of iron production areas in western Armorica from the Iron Age to the Roman period (in French)**

Cristina Gandini, Etienne Clouin, Emmanuelle Meunier, Cécile Le Carlier De Veslud

**12:15 PM – 2:00 PM : Lunch Break**

Chairman: F. Sarreste

**2:00 PM – 2:25 PM : Ferrons d'Armorique: Development and Structuring of Iron Economy in Brittany from the 5th to the 15th Century (in French)**

Etienne Clouin, Cécile Le Carlier De Veslud

**2:25 PM – 2:50 PM : A Major Medieval Iron Production Site in the Segré Syncline (Loire-Atlantique and Maine-et-Loire) (in French)**

Matthieu Yacger, Tifenn Marc, Etienne Clouin

**2:50 PM – 3:15 PM : Iron Production in the East of France and West of Switzerland during the Early Middle Ages (in French)**

Hervé Laurent, Alexandre Beaudet

**3:15 PM – 3:40 PM : Iron Ore Mines of the Central Jura Mountains: New Prospections and Analyses of a Mountainous Production Zone (in French)**

Valentin Chevassu, Théophile Sanseigne, Vincent Bichet

**3:40 PM – 4:10 PM : Break**

Chairman: H. Laurent

**4:10 PM – 4:35 PM : Chronology of Iron Metallurgy in the Bassar Region (Togo): The Potential of Archaeomagnetic Dating (in French)**

Giorgia Ricci, Caroline Robion-Brunner, Gwenaél Hervé, Emmanuelle Delqué-Kolic, Séverin Bakrobena Lebarama

**4:35 PM – 5:00 PM : Reconstructing Production Volumes in Reduction Workshops from Antiquity to the Middle Ages: A Comparative Approach Between the Production Areas of Puisaye and Morvan-Auxois (Burgundy, France) (in French)**

Margaux Herbrich, Marion Berranger, Marc Leroy

**5:00 PM – 5:25 PM : Iron in the Tarn during Ancient Times: Contributions from Geophysical Prospecting (in French)**

Vivien Mathé, Anne Filippini, Marie-Pierre Coustures

**7:00 PM : Closing Dinner (for participants only)**

---

## **Day 3: October 16th**

### **Contributions and Limitations of Current Methodologies Applied to the Study of Mines and Primary Production Workshops**

Chairman: G. Pagès

**9:00 AM – 9:25 AM : From Hammerscale to Ore: Towards a Paradigm Shift in Iron Production during the Early Iron Age**  
Jean Rodier

**9:25 AM – 9:50 AM : Geological Complex, Complex Geochemistry: Contributions and Limitations of Global Analysis of Iron Slags for the Chemical Characterization of Armorican Deposits**  
Cécile Le Carlier de Veslud, Etienne Clouin

**9:50 AM – 10:15 AM: Comparing Iron Smelting Techniques: Towards a Comprehensive Approach to Efficiency**

Mélissa Morel, Caroline Robion-Brunner, Chantal Radimilahy, Hélène Timpoko Kienon Kabore, Vincent Serneels

**10:15 AM – 10:35 AM : Break**

Chairman: C. Gandini

**10:35 AM – 10:55 AM : Bog Iron Ore Deposits and Iron Production Workspaces in Altered Landscapes: Geoarchaeological Approach for Identification of Past Iron Production Environments**  
Tena Karavodovic, Tomislav Brenko, Sibila Borojevi Šoštari

**10:55 AM – 11:20 AM : Forestry Trajectories and Proto-industries: The Case of Modern Charcoal Production in the Haut-Doubs (in French)**  
Ariane Lambart, David Gocel-Chatlte, Sylvie Bepoix, Olivier Girardclos, Sandrine Paradis-Grenouillet, Valentin Chevassu, Vincent Bichet

**11:20 AM – 11:55 AM : Approaching the Links Between Iron Production and Forest Economy through Dendro-anthracology: The Example of the Medieval Reduction Site at Champigneulles (54) (in French)**  
Rémy Jeannot, Marc Leroy, Olivier Girardclos

**11:55 AM – 12:15 AM : Rethinking the Forest Heritage of Metallurgy: Historical Ecology Survey in the Vicdessos and Siguer Valleys (Ariège) (in French)**  
Vanessa Py-Saragaglia, Sylvain Burri, Léonel Fouédjeu, Mélanie Saulnier, Alexandre Disser, Vincent Labbas, Jean-Paul Métailié

---

**12:15 PM – 2:00 PM : Lunch Break**

---

**2:00 PM – 5:00 PM : Thematic Workshop: "Open Science in Ironworking: Data Dissemination and Sharing" (in French)**

**Archaeological and Chemical Databases: Structuring and Interoperability. The Example of the CHIPS and FERMAPYR/FERAPO Databases**

Alexandre Disser, Gaspard Pagès

**The "Archaeometal-Armorican" Project: A Collaborative Environment for Studying Metallurgies in Western France**

Cécile Le Carlier de Veslud, Emmanuelle Meunier, Etienne Clouin, Christina Gandini, Olivier Troccaz

**SIDEROS: An Archaeological and Archaeometric Database for Ironworking**

Marion Berranger, Quentin Verriez, Yuji Kato, Vincent Sobritz, Thomas Huet

**Roundtable Discussion** co-chaired by:

Yuji Kato (Geomatician, MSHE), Quentin Verriez (UFC), Alexandre Disser (IRAMAT-LAPA), Thomas Huet (IRAMAT-LAPA), Marion Berranger (IRAMAT-LMC), F. Sarreste (Eveha), M. Thivet (Chrono-environnement)

**Analyse spatio-temporelle et technique des  
zones de production**

**Spatio-temporal and technical analysis of  
production areas**

# La production de fer ancienne en Suisse. Etat des connaissances / Ancient iron production in Switzerland. Current state of knowledge

Vicent Serneels \* <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Département de Géosciences, Université de Fribourg – Suisse

Sur le territoire de la Suisse actuelle, en raison de la topographie et du climat, la population a toujours été concentrée dans la zone du Plateau central dont le sous-sol offre très peu de ressources métalliques. L'approvisionnement en métaux a toujours été assuré par d'autres régions, proches ou lointaines. En ce qui concerne le fer en particulier, il y a des minerais dans les régions limitrophes : le Jura et les Alpes. Ils ne sont pas très abondants et les gisements les plus riches ne sont pas faciles à exploiter.

Au cours des 30 dernières années, des recherches intensives sur la majeure partie du territoire, ont permis de renouveler les connaissances archéologiques sur l'histoire de la sidérurgie (500 sites de production primaire localisés, 200 datations archéologiques et une cinquantaine d'études de forge). Les amas de scories reconnus sont petits (quelques tonnes / dizaines de tonnes) ou, plus rarement, moyens (quelques centaines / milliers de tonnes). Il n'y a aucun site de production en masse. On peut estimer que la masse totale des scories en Suisse se situe entre 40 et 80'000 tonnes.

Pour les âges du Fer et de l'époque romaine, les vestiges de production primaire sont pratiquement inexistants. Si on ne peut pas totalement exclure une production, on peut affirmer que celle-ci n'a pas été de grande ampleur.

La production primaire démarre à petite échelle et tardivement, au plus tôt à la fin de la période romaine (3-4e siècles CE). Par la suite, au cours du haut Moyen Age (500-1000 CE), elle est bien documentée pour les différentes parties Jura (Salève, Jura vaudois, Jura central, région bâloise, Fricktal et Schaffhouse) ainsi que pour quelques localités dans les Alpes. Elle s'amplifie au cours du Moyen Age avec un pic de production aux 13-14e siècles dans le Jura central (Delémont et vallées contigües). Il est vraisemblable que la production dans les régions proches n'a jamais été suffisante pour couvrir la consommation sur le Plateau suisse.

Abstract:

Due to the topography and climate of what is now Switzerland, the population has always been concentrated in the central plateau, where the subsoil offers very few metal resources. The supply of metals has always been provided by other regions, both near and far. With regard to iron in particular, there are ore deposits in the neighbouring regions of the Jura and the Alps. However, these are not very abundant and the richest deposits are not easy to exploit.

---

\*Intervenant

Over the last 30 years, intensive research across most of the country has renewed archaeological knowledge of the history of ironworking (500 primary production sites located, 200 archaeological dates and around 50 studies of forges). The known slag heaps are small (a few tonnes/tens of tonnes) or, more rarely, medium-sized (a few hundred/thousands of tonnes). There are no mass production sites. It can be estimated that the total mass of slag in Switzerland is between 40 and 80,000 tonnes.

For the Iron Age and Roman periods, there are virtually no remains of primary production. While production cannot be completely ruled out, it can be said that it was not on a large scale.

Primary production began on a small scale and late, at the earliest at the end of the Roman period (3rd-4th centuries CE). Subsequently, during the early Middle Ages (500-1000 CE), it is well documented for various parts of the Jura (Salève, Vaud Jura, central Jura, Basel region, Fricktal and Schaffhausen) as well as for a few localities in the Alps. It expanded during the Middle Ages, with production peaking in the 13th-14th centuries in the central Jura (Delémont and neighbouring valleys). It is likely that production in neighbouring regions was never sufficient to meet consumption in the Swiss Plateau.

# La sidérurgie ancienne en Belgique : un état des lieux multiscalaire et dernières nouvelles du front est / The ancient production of iron in Belgium: a multi-scale overview and the latest news from the eastern front

Heike Fock \* <sup>1</sup>, Gaspard Pagès \*

2

<sup>1</sup> Agence wallonne du Patrimoine-Service public de Wallonie – Belgique

<sup>2</sup> Institut Français du Proche-Orient (Ifpo) – Liban

La Wallonie en Belgique est connue pour son passé sidérurgique moderne et contemporain. Cette histoire s'ancre dans la longue durée, puisque, dès la Protohistoire, la zone a été productrice de fer par la réduction directe en bas fourneau. Durant l'Antiquité, cette activité s'est aussi développée pour produire des amas de déchets gigantesques qui ont " malheureusement " été utilisés comme minerai/fondant dans la métallurgie moderne. Proposer un état des lieux de nos connaissances sur la sidérurgie ancienne en Belgique passe par un bilan des découvertes connues à ce jour grâce aux recherches archéologiques menées dans la zone depuis plus d'un siècle. Cet état des lieux se fonde sur une démarche multiscalaire, pour appréhender l'espace sidérurgique à grande et petite échelle. Dans cette perspective cadre, c'est l'ensemble du territoire qui sera pris en considération dans un premier temps.

Dans un deuxième temps, l'accent sera mis sur la fouille inédite et récente du site de Baelen " Nereth ", le plus important des cinq ateliers de réduction antiques découverts à ce jour à l'extrême est de la Wallonie, en bordure septentrionale du Massif ardennais. Actifs durant la seconde moitié du 2e siècle, ces ateliers présentent une organisation similaire et une même évolution technologique qui voit notamment le remplacement des bas fourneaux individuels par des fours jumelés (disposés de part et d'autre d'une fosse de travail commune) et des cuves modelées dans un remblai à base d'argile kaolinique. Les indices en faveur d'une production secondaire (épuration et/ou forge) sur le site de " Nereth " doivent être confirmés par analyse. Le volume de fer produit au sein de ces ateliers dépassant clairement les besoins locaux, il sous-entend une exportation sous l'égide de l'administration publique romaine (Cité des Tongres).

Abstract:

Wallonia in Belgium is renowned for its modern and contemporary steelmaking past. This history is rooted in the long term, since the area has been producing iron since Protohistory through direct reduction in blast furnaces. During Antiquity, this activity also developed to pro-

---

\*Intervenant

duce gigantic piles of waste that were ‘unfortunately’ used as ore/foundry in modern metallurgy. To provide an overview of our knowledge of the ancient iron and steel industry in Belgium, we need to take stock of what has been discovered to date thanks to the archaeological research carried out in the area over the last century. This inventory is based on a multi-scalar approach to understanding the iron and steel industry on both a large and small scale. Initially, the entire area will be considered from this perspective.

Secondly, the focus will be on the new and recent excavation of Baelen ‘Nereth’, the largest of the five smelting sites discovered to date in the far east of Wallonia, on the northern edge of the Ardennes Massif. These smelting sites, which were active during the second half of the 2nd century, were similarly organised and underwent the same technical development, with individual furnaces being replaced by twin furnaces (arranged on either side of a common working pit) and vats modelled in a kaolin clay-based backfill. The evidence for secondary production (refining and/or forging) at the ‘Nereth’ site needs to be confirmed by slag analysis. The volume of iron produced in these workshops clearly exceeded local needs, suggesting that it was exported under the aegis of the Roman public administration (*civitas Tungrorum*).

# Technology, Landscape and Societal Context of Iron Production in Late Antiquity and the Early Middle Ages in the South of the Carpathian Basin

Tena Karavidovic \* <sup>1</sup>, Tajana Sekelj Ivančan <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of Archaeology – Croatia

Numerous iron production sites have been identified in the southwestern part of the Carpathian Basin, encompassing what is today northern Croatia and southern Hungary. The excavated sites are dated to a broad timeframe, ranging from the 4th/5th to the 10th century AD. The primary resource for iron production was bog iron ore - a sedimentary deposit that forms as continuous layers or lenses in lowland and wetland environments - which is present throughout the wider region. Several excavated sites located in the Podravina region (northwestern Croatia) were subjected to a comprehensive study of the archaeological field record, iron production waste (slag), structural remains (furnaces), and resources (ore and charcoal). The excavation areas were selected based on surface surveys and the results of geophysical research, with the aim of uncovering the entire context of iron production. The archaeological record revealed that these sites were conceived as iron production and processing workshops, with clear evidence of resource preparation (ore dressing and charcoal production), smelting, and primary smithing. Based on geoarchaeological and anthracological research carried out both in the region and near the sites, it is presumed that the availability of resources - namely ore and wood for charcoal - determined the selection of workshop locations. The results of a comprehensive analysis of archaeological finds indicate the evolution of technological choices and changes in the organisation of iron production over the production timeframe from the 4th/5th to the 8th/9th century. Although there is considerable similarity in technological solutions, furnace design, and the organisation of work activities over this extended period, significant changes are nonetheless evident on multiple levels. These can be linked to societal and economic preconditions and are primarily reflected in the differences in furnace design, semi-finished products, the scale of production, and the organisation of work processes. The research demonstrates that shifts in the economy of iron production directly reflect the broader economic and societal transformations occurring in southern Europe during the dynamic period of Late Antiquity and the Early Middle Ages.

---

\*Intervenant

# Early Iron Production in Germany

Guntram Gassmann \* <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Tübingen – Allemagne

Over 10 years ago, a compilation of all known Iron Age and Migration Period iron ore smelting sites in Germany was published by Gassmann and Schäfer. Different types of bloomery furnaces were presented and positioned in their spatial and temporal context. It was also possible to distinguish between different types of ore as sources for smelting. In the German Central Highlands, gangue ores were used in particular, including brown iron ores in the northern Black Forest and Siegerland, but also pie ores from the pre-Eocene land scapes of the Swabian-Franconian mountains. There are also bog ores from the North German lowlands and from the lowlands of the Upper Rhine Graben or the Danube lowlands in the Alpine foothills. The associated smelting furnace types were differentiated and characterized as far as possible. The majority are furnaces without slag tapping with differently shaped slag collecting pits and differentiated superstructures such as dome-shaped constructions or shaft furnaces. A distinction was also made between free-standing furnaces and built-in furnaces. Slag tapping furnaces were only in use during the Roman occupation and later in the early and High Middle Ages. The older mapping will be updated in the planned article and enriched with current research results. While the beginning of domestic iron production can still be located in the northern Black Forest, the final publication on this was published in 2023, new research has since been carried out on limonitic iron ore deposits, especially in the Siegerland region, which has provided many details on the large pear-shaped bloomery furnace types used there. Extensive literature studies by M. Zeiler also provide clues to rare sites of supposedly older small furnace types, such as those found in the northern Black Forest. Completely surprisingly, an almost completely preserved Iron Age iron production and processing region was found in the Taunus in southern Hesse in the Hämatit ore province. Here, the deputy state archaeologist S. Schade-Lindig located over 400 production facilities of a proto-industrial character. As a representative example, the author, in cooperation with the local monument preservation authorities, was able to archaeologically investigate a smelting site from the Late Latène period, which will be discussed separately. The evaluation has not yet been completed. Material analyses still do not exist.

---

\*Intervenant

# ”Melting pot” Eisenberg - an early Roman smelting site on the northern Upper Rhine

Arno Braun \* <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut f. Vor- und Frühgeschichtliche Archäologie der Universität des Saarlandes – Allemagne

The Roman settlement of Eisenberg (Donnersbergkr., Rhineland-Palatinate/D) was a large-scale iron production site within an extensive mining area and was probably its economic center. Activities seem to have started already between 40/30 BC and continued at least until early Flavian period. According to its extent so far, the site can be placed in a row with the major iron production regions of the northwestern Roman provinces. Against the chronological background the character of the site and its significance result from its geographical location. Eisenberg is situated in the northern part of the upper Rhine valley between the estuaries of the rivers Main and Neckar. The latter traditionally form natural communication and trade axes to the areas on the right bank of the Rhine. The distance from Eisenberg to Borbetomagus/Worms and the river is only about 27 kilometres. Furthermore the relative proximity to the military camps of Mogontiacum/Mainz and Noviomagus/Speyer, which were founded during the Augustan period, is of importance. These regional components are expressed in the structure of the smelting facilities and their technical equipment, which clearly show influences from the area of the former East Latène Cultures. In Eisenberg sunken-featured workshops were used for iron smelting, containing bloomery shaft furnaces in the interior of the pits or attached to their sides. To date, no technological parallels seem to exist anywhere west of the Rhine. However, workshops of this kind are well known from Bohemia, where they first appeared during the Late La Tène period. At any rate, most known sites of the same type relate to the Early Roman Iron Age. Probably as a result of the Germanic expansion into Bohemia, sunken-featured workshops spread towards the north, but also in a westerly and – though less far – a north-easterly direction. The Eisenberg findings seem to fit quite well into this broader picture of a mobility-related transfer of technology, particularly if the major importance of the regional ore district is also taken into account. This is also reflected in the spatial organisation of the different operational units in Eisenberg. Furthermore a part of the earliest local pottery shows similar cultural relations, underlined by an Augustan pottery kiln with rectangular ground plan, which can be compared directly to a Late La Tène kiln from the *oppidum* of Bratislava in Slovakia. Therefore, even pottery production may well have been determined by the same influences from the eastern Late La Tène sphere also visible in sunken-featured workshops with shaft furnaces. The evidence from Eisenberg suggests that people from this were physically present here. The local iron ore district surely functioned as an economic attractor pushed by the Roman authorities or, respectively, a growing Roman demand for iron in the freshly established province of Gaul before and during the Augustan campaigns into Germania. The large-scale iron production also emphasises the fact that economic developments were, by all probability, closely linked to processes of mobility and that foreigners may well have been integrated into newly emerging structures along the Rhine.

---

\*Intervenant

# The changing technology of early iron production in southern Britain, 700BC to AD1500

Timothy Young \* <sup>1</sup>

<sup>1</sup> GeoArch – Royaume-Uni

Southern Britain possessed a wide variety of iron resources suitable for small-scale industry with some capable of supporting larger-scale exploitation. The changing way in which those resources were utilised reflects patterns of human mobility and societal change more than it does in-situ technological innovation.

The Early and Middle Iron Age (700-100BC) is largely characterised by the use of non-slag tapping furnaces, commonly of very large size, with wood packed basal pits. Such a technology is widespread across Europe at this time. The Late Iron Age (100BC – AD43) saw the adoption of smaller furnaces, including derivatives of the earlier furnaces but also, in E England, by ‘sunken shaft’ furnaces with partial slag tapping. In part, this change may reflect a broader shift from communal activity into a greater role for smaller groups or individual craftspeople. The ‘sunken shaft’ was probably an introduction from outside Britain.

During the Roman period (AD43-410) furnaces were more diverse, and dominantly slag-tapping. Differentiating in-situ development from change imported from continental Europe is not always straightforward. Imported technologies were facilitated and encouraged by the movement of people, in particular to provide the industrial base to support the large military presence in Britain. Such formal structures decreased from the early 3rd century and the late Roman period is characterised by a more localised, smaller scale, of production.

Various Roman-style furnaces continued to be used into the early medieval period (AD410-1066), but with migration of peoples into Britain during this period there was also the introduction of different styles of furnace – including, probably, a short-lived use of Merovingian-style furnaces in England, the widespread reintroduction of the slagpit furnace (both wood- and cereal-packed) from areas outside the former Roman Empire (probably both from the east and west) and, eventually, the introduction of the ‘shaft-over-trench’ style of slag-tapping furnace. Patterns of furnace use within the kingdom of Wessex in the 9th century, a period of conflict with the Vikings, hint at the deliberate encouragement of iron smelters from different cultural backgrounds to boost iron production.

The ‘shaft-over-trench’ slag-tapping furnace remained the dominant furnace type from around AD900 through until approximately AD1300 – and even then, it was replaced by an evolutionary development of larger size. The scaling-up of furnaces at this period probably owes much to changes in the technology of bloom working – with the introduction of first the manually operated ‘oliver’ hammer and later the water-powered hammer. Water-power became applied

---

\*Intervenant

to bloomery iron making itself probably around AD1400 – but little is known about the details of the furnaces employed. Manually blown furnaces continued in use into the 16th century and probably beyond in some areas – but their design is also poorly known. These later medieval developments also accompanied, and were facilitated, by societal changes away from the feudal system into one which capital was important – changes that also facilitated the introduction of the blast furnace in the late 15th century.

# Primary processing of iron in Rome and Lazio in the municipal age

Giorgia Annoscia \* <sup>1</sup>, Vasco La Salvia \*

<sup>2</sup>, Francesca Zagari \*

3

<sup>1</sup> Sapienza, Università di Roma – Italie

<sup>2</sup> Università degli Studi di Chieti – Italie

<sup>3</sup> Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali – Italie

The contribution aims to reconstruct the supply and the early processing of iron in Rome and Lazio in the communal age. Through historical-archaeological sources and archaeometric analyses, the geographical and chronological development of the production areas and their environment will be investigated, highlighting the exchange networks, the way in which these production areas were integrated into the territories they occupied, the communication routes and the political and administrative borders.

From the 12th century A.D. there is evidence of trade agreements between the coastal municipalities of northern Lazio and Pisa for the supply of ore from the island of Elba, a large territorial context of a public nature, managed by the Municipality of Pisa after the dissolution of the *Marca di Tuscia*.

In 1137, Pisa imposed restrictions on the iron trade in Corneto and, between the 12th and 13th centuries, Pisan blacksmiths were allowed to set up seasonal furnaces along the coast, from the mouth of the Arno to Rome, to trade iron and obviate the shortage of fuel on the island. In the middle of the 12th century, the newly-born Roman municipality stipulated a first commercial agreement with Pisa, which seems to have mainly concerned hematite of Elba. Since 1165, Corneto and Terracina were the boundaries of the area where Rome was significantly able to send officers to defend its port interests.

Finds of Elban hematite characterise the northern coastal area of Lazio, where archaeometric investigations were carried out in Cencelle, the seat of a not fully autonomous administration within the Papal State, which became a municipality under the government of a *syndicus* in the 13th century and submitted first to the municipality of Viterbo (in 1220) and then to the neighboring municipality of Corneto (in 1307 and again in 1362). Even in the municipal age, some monasteries appear linked to public authority in the management of manufacturing activities. The Greek abbey of Santa Maria di Grottaferrata in the territory of the Castelli Romani stands out among them for ironworks. Between the 13th and 14th century, it owned important hydraulic ironworks where ore from the island of Elba were processed. The Grottaferrata ironworks at the end of the 14th century had a privileged relationship with the Roman municipality, where ironworking

---

\*Intervenant

appeared as a leading industry in the following century, the subject of a corporate reorganization after the permanent return to Rome of the pope from Avignon.

# Archaeology of Paleosiderurgy in the Basque Country: Latest advances and working hypotheses

Javier Franco Pérez \* <sup>1</sup>, David Larreina-García , Iosu Etxezarraga Ortuondo , Xabier Alberdi Lonbide

<sup>1</sup> Basque Country Mining Museum – Espagne

After more than 20 years of research, the archaeologists of the Basque Country Mining Museum have managed to position the Basque Country as one of the best documented traditionally productive areas of ancient iron in our European continent.

The continued activity of field-walking, geophysics, archaeological excavation, laboratory analyses of technical materials and experimental archaeology, allowed us to draw an exhaustive map of documented ironwork sites. Actually we know more than 350 archaeological metallurgical sites in our territory, making this type of site one of the most abundant from the historical period in the Basque Country. We know that this technology was developed in our territory by high qualified artisans over a period of about 2000 years (5th century BC – 14th century AD). We have documented too the complete chaîne opératoire and the economy model of exploitation during Late Middle Ages. In recent years, we have been researching a second type of furnace documented during the Late Iron Age, Late Antiquity and Early Middle Ages, to try to understand its evolution and characteristics, while avoiding offering a static image in a very long historical process. We propose now new hypotheses about the development of these technologies from a long-term historical perspective and its spatial or territorial organization. From a spatio-temporal perspective, we now present the first data on ancient roads and networks created for the pre-hydraulic iron industry that connected our Basque territory, and also make a spatial analysis of the diffusion of this technology over time.

Finally, we also want to highlight the substantial dissemination work addressed to non-academic audiences carried on during these years and developed together with the academic research.

---

\*Intervenant

# L'exploitation du fer dans les Pyrénées centrales catalanes tardo-antiques: Le cas de la Vall Ferrera (s. III-VI calNE) / The exploitation of iron during late antiquity in the central Catalan Pyrenees: The case of the Vall Ferrera (s. III-VI calNE).

Oscar Auge Martínez \* <sup>1</sup>

<sup>1</sup> archéologue autonome – Espagne

La Vall Ferrera est une vallée pyrénéenne située dans la commune d'Alins, au nord-est de la région catalane du Pallars Sobirà, dans le parc naturel de l'Alt Pirineu, le plus grand espace naturel protégé de Catalogne. Une importante industrie sidérurgique s'y est développée aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles, avec l'installation de trois forges, au fond de la vallée.

De 2001 à 2004, une équipe de chercheurs de l'Université autonome de Barcelone a documenté plusieurs crassiers dans la forêt de Virós, une espace boisé de plus de 2 000 ha, située au sud de cette commune.

La datation de certains d'entre eux grâce à divers sondages réalisés lors de leur localisation, s'inscrit dans une période allant du III<sup>e</sup> au VI/VIII<sup>e</sup> calNE, ce qui montre l'ancienneté de l'exploitation du fer à cet endroit.

Deux campagnes de fouilles archéologiques ont récemment été réalisées dans l'un de ces anciens ateliers sidérurgiques en 2022 et 2023. Ces travaux, soutenus et financés par le parc naturel, ont révélé les traces d'un bas foyer, deux petites fosses remplies de battitures, probablement associée à une première épuration (dégrossissage), et une douzaine de trous de poteaux qui délimitent le périmètre de l'atelier, interprétés comme les traces d'une toiture pour couvrir la zone de travail. Les échantillons collectés lors de l'intervention ont été datés au carbone 14 et correspondent aux Ve-VI<sup>e</sup> siècles calNE. Ainsi, il s'agit d'un petit ensemble sidérurgique de la période wisigothique, qui est actuellement considéré comme "la première forge de la Vall Ferrera", et par extension des Pyrénées catalanes.

Abstract:

Vall Ferrera is a Pyrenean valley in the municipality of Alins, in the northeast of the Catalan region of Pallars Sobirà, included in the Alt Pirineu Natural Park, the largest protected natural area in Catalonia. Between the 18th and 19th centuries, an important iron industry developed, with the establishment of up to three forges, located at the bottom of the valley.

---

\*Intervenant

Between 2001 and 2004, a research team from the Autonomous University of Barcelona documented several iron slag dumps in the area of the Virós forest, a large forest of more than 2,000 ha, located in the south of this municipality.

Based on several surveys carried out at the time of its location, some of these landfills were dated between the 3rd and 6th centuries CalNE, which demonstrated the antiquity of the exploitation of iron in this place.

Recently, between 2022 and 2023 two archaeological excavation campaigns have been carried out in one of these old bloomery workshops. The results of these interventions, promoted and financed by the natural park, have allowed us to document the remains of a low shaft furnace, two small circular buckets with wrought slag remains, probably associated with first debugging, and a dozen mast holes surrounding the perimeter of the workshop, which we have interpreted that they could serve to fit the wooden pillars that would support a possible cover that protected the work area. The C14 dates of the samples recovered during the intervention have shown that we are facing a small iron production complex from the 5th-6th centuries CalNE, that is, during the Visigoth period, which, for now, could be described as "the first forge of the Vall Ferrera", and by extension, of the Catalan Pyrenees.

# Transformations in Iron Production and Blacksmithing at Miranduolo (7th-10th Century): Technological and Socio-Economic Perspectives

Valenti Marco <sup>1</sup>, La Salvia Vasco \* <sup>2</sup>, Palmas Carla \*

<sup>3</sup>, Petřík Jan <sup>4</sup>, Všianský Dalibor <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi di Siena = University of Siena – Italie

<sup>2</sup> Università di Chieti = University of Chieti – Italie

<sup>3</sup> Università degli Studi di Roma "La Sapienza" = Sapienza University [Rome] – Italie

<sup>4</sup> Department of Geological Sciences [Brno] – République tchèque

The site of Miranduolo (Chiusdino, SI), extensively excavated by Prof. Marco Valenti and his team from the University of Siena, underwent significant transformations between the 7th and 10th centuries. From a mining and metallurgical settlement in the 7th century, it evolved into an organized agricultural village in the 8th century and between the 9th and 10th centuries. This study examines the evolution of iron production and blacksmithing in this ever-changing context, highlighting technological, economic, and social transformations. Through a detailed analysis of metallurgical workshops, production waste, and finished artifacts, the research explores changes in ironworking techniques, the organization of workspaces, and the socio-economic status of blacksmiths. Archaeometric analyses conducted on smelting (reduction) and forging (processing) slag provide insights into the efficiency of metal extraction in the 7th century, furnace temperatures, and workshop practices over time between the 8th and 9th centuries. The results indicate a transition from a relatively autonomous and technically skilled blacksmithing practice in the 7th and 8th centuries to a more centralized and hierarchical system in the 9th-10th centuries, in which production became increasingly tied to the control of the dominus. These findings contribute to a broader discussion on the role of blacksmiths in early medieval society and the impact of socio-political transformations.

---

\*Intervenant

# The island of Elba and its iron. Resources and territory from the Etruscans to the Middle Ages

Corretti Alessandro \* <sup>1</sup>, Marco Benvenuti , Franco Cambi

<sup>1</sup> Scuola Normale Superiore di Pisa (SNS) – Piazza dei Cavalieri 7 56126 PISA, Italie

(Marco Benvenuti, Franco Cambi, Alessandro Corretti)

The haematite mines on the Island of Elba were a strategic resource for the entire Tyrrhenian basin until the modern age. Markers (Tin, Tungsten) have been found that allow the identification of the Elban mineral and, in some cases, the reduction slag produced from it.

The mining activity and the location of the primary processing centres, sometimes even on the island of Elba itself, bear witness to exploitation methods that varied radically over time, especially in the Roman-Republican period and in the Middle Ages, with consequences for the environment and human settlement.

---

\*Intervenant

# Sidérurgie médiévale dans le massif préalpin des Bauges. Un bas fourneau aux Déserts (Savoie) / Medieval iron and steel industry in the Bauges pre-Alpine massif. A bloomery furnace in Les Déserts (Savoie)

Alain Mélo \* <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Environnements, Dynamiques et Territoires de Montagne – Université Savoie Mont Blanc, Centre National de la Recherche Scientifique, observatoire des sciences de l'univers de Grenoble – France

Le massif des Bauges, entre lac d'Annecy, cluse de Chambéry, vallée de l'Isère et cluse de Faverges (Savoie et Haute-Savoie) a été le siège d'une production sidérurgique avant l'implantation de hauts fourneaux " à la bergamasque " au XVIIe siècle.

En 2018, Robert Durand faisait état de la découverte d'une quinzaine de sites comprenant un ou plusieurs crassiers sur les montagnes du Peney (Saint-Jean-d'Arvey, Savoie) et du Nivolet (Les Déserts, Savoie). Une campagne de collecte de scories et de charbons de bois était conduite en 2019 afin de caractériser sommairement cette industrie et de la dater. Les datations obtenues confirmaient l'évaluation produite par l'observation des déchets : la sidérurgie primaire dans ce secteur sud des Bauges aurait commencé dès le milieu du IIIe siècle pour s'éteindre au début du XIIIe siècle.

Les artisans exploitaient les gisements de minerai de fer locaux (remplissages karstiques éocènes) et fabriquaient le charbon de bois dans les forêts accessibles sur place.

La cuve-cheminée d'un bas fourneau émergeait d'un tas de pierres au risque d'être endommagée. Une petite campagne de fouilles fut conduite en 2021. Elle confirma l'existence, en ce point de la forêt de Charvette dans la montagne du Nivolet, d'un atelier de réduction, plutôt bien conservé, et exploité en deux phases chronologiques : fin Xe-début XIIe, et mi-XIIe-début XIIIe, pendant la dernière période productive du district.

Dès avant et pendant le travail sur le terrain, Olivier Veissière a d'une part inséré l'atelier et son environnement (dont un autre atelier) dans une cartographie lidar, a d'autre part réalisé plusieurs relevés laser- et photo-grammétriques utiles aux analyses post-fouilles (archivage numérique 3D des phases de dégagement et du fond de fouille ; réalisation de coupes ; observations de détails ; etc.) ; il a également capté en vidéo différentes séquences pendant la fouille aux fins de valoriser cette recherche dans le cadre de la Maison du Parc (Châtelard-en-Bauges).

L'atelier se composait du bas fourneau massif à cuve étroite avec sa fosse d'évacuation de la scorie et des crassiers d'entassement ; des traces ténues mais patentes d'exploitation minière ont été observées dans les environs immédiats ; deux charbonnières très proches du site peuvent être rapportées à la seconde phase de fonctionnement du bas fourneau.

L'étude anthracologique, conduite par Sandrine Paradis-Grenouillet, a curieusement mis en évidence l'usage prédominant de charbons de résineux (sapin et sans doute épicéa – plutôt que

---

\*Intervenant

mélèze, ce dernier taxon n'ayant été introduit dans les Bauges qu'à l'extrême fin du XIXe siècle). Les mesures effectuées sur les charbons de bois proposent la restitution d'une forêt mature car les charbonniers ont exploité certes des fûts de diamètres compris entre 10 et 30 cm mais également des bois âgés, pouvant atteindre pour certains plus de 90 cernes, tant sapins, qu'épicéas ou hêtres. Coupes pendant la saison hivernale, stockage avant carbonisation, les pratiques de charbonnage étaient similaires à celles d'autres contrées.

Ce modeste mais explicite " district sidérurgique " bauju participait d'un essor généralisé des petits foyers de production sidérurgique qui remplacèrent progressivement les grands centres antiques européens dès les IIIe-IVe siècles. Une parenté chronologique et technique associe ici les Préalpes et le Jura.

La morphologie sociale de ces ateliers est connue par de rares mais précieux textes régionaux du XIIe siècle (Chartreuse et Belledonne) : des groupes de mineurs-sidérurgistes-agriculteurs installés en territoire régalien (domaine royal puis comtal). Le hameau au cœur du " district " s'appelle toujours Les Favre (commune des Déserts), renvoyant probablement au métier des anciens habitants voire des fondateurs de cette petite agglomération (faber > favre), comme le rappelle aussi le patronyme connu dans les Bauges depuis le XIIe siècle (1178, nom d'un convers de la chartreuse d'Aillon).

Il semble que ce mode de production se soit arrêté avec d'une part l'épanouissement des réseaux commerciaux (fer et objets manufacturés " lombards " passant au pied des Bauges dès le XIIIe siècle) et la diffusion d'une nouvelle technologie : la forge hydraulique ou " martinet " (ici venue d'Italie dès le XIIIe siècle par le même chemin). The Bauges massif, between Lake Annecy, the Cluse de Chambéry, the Isère Valley, and the Cluse de Faverges (Savoie and Haute-Savoie), was also home to iron and steel production before the known installation of "Bergamasque" blast furnaces in the 17th century. In 2018, Robert Durand reported the discovery of around fifteen sites comprising one or more slag heaps on the Peney (Saint-Jean-d'Arvey, Savoie) and Nivolet (Les Déserts, Savoie) mountains. A slag and charcoal collection campaign was conducted in 2019 to briefly characterize and date this industry. The dating data obtained confirmed the assessment produced by waste observation: primary iron and steelmaking in this southern sector of the Bauges region began in the mid-3rd century and ended in the early 13th century.

Craftsmen exploited local iron ore deposits (Eocene karst infills) and produced charcoal in the forests accessible on site. The crucible and chimney of a blast furnace emerged from a pile of stones, at risk of being damaged.

A small excavation campaign was conducted in 2021. It confirmed the existence, at this point in the Charvette forest in the Nivolet mountain range, of a fairly well-preserved smelting workshop, operated in two chronological phases: the late 10th-early 12th centuries, and the mid-12th-early 13th centuries, during the district's last productive period.

Before and during the fieldwork, Olivier Veissière inserted the workshop and its surroundings (including another workshop) into a lidar map, and also carried out several laser and photogrammetric surveys useful for post-excavation analyses (3D digital archiving of the clearance phases and the bottom of the excavation; making sections; observing details; etc.); he also captured various sequences on video during the excavation in order to promote this research within the framework of the Maison du Parc (Châtelard-en-Bauges). The workshop consisted of a massive narrow-shaft bloomery furnace with its slag disposal pit and slag heaps; faint but obvious traces of mining operations were observed in the immediate vicinity; two charcoal pits very close to the site can be attributed to the second working phase of the bloomery furnace.

The anthracological study, conducted by Sandrine Paradis-Grenouillet, curiously highlighted the predominant use of softwood charcoal (fir and probably spruce – rather than larch, the latter taxon having been introduced to the Bauges only at the very end of the 19th century). The measurements taken on the charcoal suggest the restoration of a mature forest because the charcoal makers certainly exploited trunks with diameters between 10 and 30 cm but also old wood, some of which could reach more than 90 rings, whether fir, spruce or beech. Cutting during the



**Place des productions primaires dans  
l'économie du fer**

**The place of bloomery production in the  
iron economy**

# La Puisaye (nord Bourgogne – France), une zone de production du fer majeure : évolution et changements techniques de l’âge du Fer au second Moyen Âge / Puisaye (Northern Burgundy – France), a Major Iron Production zone: Technological Evolution and Changes from the Iron Age to the Late Middle Ages

Marion Berranger <sup>\* 1</sup>, Marc Leroy <sup>2</sup>, Paul Merluzzo , Hervé Laurent <sup>3</sup>,  
Olivier Girardclos <sup>4</sup>

<sup>1</sup> IRAMAT - Laboratoire Métallurgies et Cultures – Institut de Recherche sur les Archéomatériaux, Institut de Recherche sur les Archéomatériaux : UMR7065 – France

<sup>2</sup> IRAMAT - Laboratoire Métallurgies et Cultures – Institut de Recherche sur les Archéomatériaux, Institut de Recherche sur les Archéomatériaux : UMR7065 – France

<sup>3</sup> Direction Régionale des Affaires Culturelles de Bourgogne-Franche-Comté – Ministère de la Culture et de la Communication – France

<sup>4</sup> Laboratoire Chrono-environnement - CNRS - UBFC (UMR 6249) – Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Franche-Comté, Université de Franche-Comté – France

Les recherches archéologiques menées dans le cadre d’un PCR et du projet TerriFer, soutenus par la DRAC et la région Bourgogne-Franche-Comté, font apparaître la Puisaye, région naturelle de bas plateaux s’étendant entre les vallées de la Loire et de l’Yonne, comme une importante zone de production de fer brut active depuis l’âge du Fer jusqu’à la fin du Moyen Âge (Berranger *et al.* 2023). Sur un espace de près de 2000 km<sup>2</sup>, plus de 2500 amas de scories issues du procédé direct de réduction du minerai sont à ce jour recensés (Piétak *et al.* 2012). L’étude de 110 d’entre eux (prospections de surface, sondages, coupes stratigraphiques, échantillonnages des déchets) et la réalisation de 67 datations par 14C ont permis de corréliser la typologie des sites avec les différentes périodes d’activité et de caractériser ces phases chronologiques par des types morphologiques de scories spécifiques, dont certaines présentent aussi des compositions chimiques et minéralogiques particulières. Ainsi, l’âge du Fer, la période antique, le premier et le second Moyen Âge peuvent être définis chacun par à un type ou par un assemblage de types de scories, illustrant des changements et des évolutions dans les techniques de production, en particulier dans les types de fourneaux utilisés et dans la conduite de l’opération métallurgique. Au cours de la période antique, qui se distingue par la présence d’amas de fort volume couvrant plusieurs hectares, accumulés sur plusieurs mètres de hauteur, la production de scories à texture vitreuse avec des teneurs en fer peu élevées témoigne de transformations profondes dans la maîtrise des processus opératoires et/ou d’une adaptation efficiente à la matière première utilisée. Ces particularités qui semblent caractériser la production des IIe - IVe s. ne se retrouvent pas à la période

---

\*Intervenant

suivante. Ainsi, la Puisaye se révèle être un terrain d'étude idéal pour comprendre et restituer les évolutions et les changements techniques qui structurent la longue période d'utilisation du procédé direct dans nos régions d'Europe occidentale, procédé qui apparaît beaucoup moins uniforme et stable qu'on ne l'imagine.

### **Abstract**

Archaeological research carried out within the framework of a PCR and the TerriFer project, supported by the DRAC and the Bourgogne-Franche-Comté region, reveal the Puisaye, a natural region of low plateaux stretching between the Loire and Yonne valleys, as a major raw iron production zone active from the Iron Age to the end of the Middle Ages (Berranger et al. 2023). Over an area of almost 2,000 km<sup>2</sup>, more than 2,500 slag heaps resulting from the smelting process have been identified to date (Piétak et al. 2012). The study of 110 of them (surface surveys, excavations, stratigraphic sections, waste sampling) and the carrying out of 67 radiocarbon dates have enabled us to correlate the typology of the sites with the different periods of activity and to characterize these chronological phases by specific morphological types of slag, some of which also present particular chemical and mineralogical compositions. Thus, the Iron Age, the antiquity, and the two phases of the Middle Ages can each be defined by a slag type or by an assemblage of slag types, illustrating changes and evolutions in production techniques, particularly in the types of furnaces used and in the conduct of the metallurgical operation. The production of glassy-textured slag with low iron content during the antiquity, which is characterized by the presence of high-volume heaps covering several hectares and accumulating to heights of several meters, bears witness to far-reaching changes in the mastery of operating processes and/or efficient adaptation to the raw material used. These particularities, which seem to characterize production in the 2nd-4th centuries, are not found in the following period. This makes Puisaye an ideal place to study and understand the evolutions and technical changes that structured the long period of smelting process in Western Europe, a process that appears far less uniform and stable than might be imagined.

# Paléométallurgie au pays des Osismes : l'organisation des zones de production sidérurgique dans l'ouest armoricain de l'âge du Fer à l'époque romaine / Palaeometallurgy in the land of the Osismii: the organisation of iron production areas in western Armorica from the Iron Age to the Roman period

Cristina Gandini \* <sup>1,2</sup>, Etienne Clouin <sup>3,4</sup>, Emmanuelle Meunier <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Centre de recherche bretonne et celtique (CRBC Brest) – Université de Brest, Institut Brestois des Sciences de l'Homme et de la Société, Institut Brestois des Sciences de l'Homme et de la Société, Institut Brestois des Sciences de l'Homme et de la Société – France

<sup>2</sup> Université de Bretagne Occidentale (UBO - UFR LSH) – Université de Brest – France

<sup>3</sup> Université de Rennes 2 (UR2) – Université de Rennes – France

<sup>4</sup> UMR 6566 - CReAAH, Archéosciences – CNRS, Université de Rennes – France

<sup>5</sup> Travaux et recherches archéologiques sur les cultures, les espaces et les sociétés – Université de Toulouse II Jean-Jaurès – France

Situé à l'extrémité occidentale de la péninsule armoricaine, le territoire osisme développe une activité sidérurgique structurée dès le Premier âge du Fer. Bien que la cartographie des ateliers de réduction reste encore incomplète, elle permet d'identifier plusieurs zones de production et de mettre en évidence des logiques d'organisation contrastées, telles qu'une cohabitation des activités agricoles et artisanales, ou à l'inverse une séparation entre les deux. Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine de cette répartition : les conditions de prospection, la disponibilité des ressources (minerais et bois), ou encore la qualité agronomique des sols. Le territoire osisme offre un terrain d'enquête intéressant pour interroger les dynamiques entre production artisanale et agriculture, de l'âge du Fer à l'Antiquité. Il soulève plusieurs questions sur les relations entre les sites métallurgiques et l'habitat : les ateliers étaient-ils installés en marge des terres cultivables, dans des zones boisées peu propices à l'agriculture ? Étaient-ils organisés en espaces spécialisés, indépendants de l'exploitation agricole ? Ou intégrés au sein des domaines ruraux, comme une activité complémentaire ? Les données archéologiques suggèrent une grande diversité de situations et une évolution des modalités d'exploitation entre l'âge du Fer et la fin de l'Antiquité. Cette communication s'appuie sur les résultats du projet Archéométal-armoricain, premier inventaire systématique des sites de réduction du fer en Bretagne. Elle propose une double approche : une analyse globale de la répartition des ateliers entre l'âge du Fer et la période romaine ; puis une étude plus fine sur des secteurs mieux documentés, afin de préciser les relations entre habitats et ateliers métallurgiques. Ainsi, à travers une lecture multiscalaire, l'objectif est de mieux comprendre l'organisation des zones de production et leur insertion dans le paysage agraire, tout

---

\*Intervenant

en interrogeant les limites de la documentation archéologique disponible.

#### Abstract:

Situated at the westernmost tip of the Armorican peninsula, the territory of the Osismii developed a structured ironworking activity as early as the Early Iron Age. Although the mapping of reduction workshops remains incomplete, it nonetheless allows for the identification of several production zones and highlights contrasting patterns of organisation, such as the coexistence of agricultural and craft activities, or conversely, a separation between the two. Several factors may explain this distribution: survey conditions, the availability of resources (such as ore and wood), or even the agronomic quality of the soils. The territory of the Osismii provides an interesting case study for exploring the dynamics between craft production and agriculture, from the Iron Age to Antiquity. It raises several questions about the relationship between metallurgical sites and settlements: were the workshops located on the fringes of arable land, in wooded areas less suitable for farming? Were they organised as specialised zones, independent of agricultural exploitation? Or were they integrated within rural estates, as a complementary activity? Archaeological evidence suggests a wide variety of configurations, as well as an evolution in exploitation strategies from the Iron Age through to Late Antiquity.

This paper is based on the results of the Archéométal-armoricain project, the first systematic inventory of iron reduction sites in Brittany. It adopts a twofold approach: a broad analysis of workshop distribution from the Iron Age to the Roman period; then, a more detailed study of better-documented areas, in order to clarify the relationships between settlements and metallurgical workshops. Through this multiscalar perspective, the aim is to gain a better understanding of the organisation of production zones and their integration into the agricultural landscape, while also questioning the limitations of the available archaeological record.

# Ferrons d'Armorique : développement et structuration de l'économie du fer en Bretagne du Ve au XVe siècle / Ironworks of Armorica: Development and Structuring of the Iron Economy in Brittany from the 5th to the 15th Century

Etienne Clouin \* <sup>1,2</sup>, Le Carlier De Veslud Cécile <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Université de Rennes 2 (UR2) – Université de Rennes – France

<sup>2</sup> UMR 6566 - CReAAH – Université de Rennes 1, CNRS : UMR6566 – France

Dix siècles n'auront pas suffi à épuiser les ressources minières bretonnes, malgré l'application consciencieuse des populations médiévales à explorer presque systématiquement les gisements ferrifères de la région. Du Finistère à ce qui deviendront les marches de l'Armorique, on rencontre des vestiges de ces exploitations anciennes, depuis quelques entreprises isolées jusqu'à des zones de concentration d'activités sidérurgiques intenses.

Les dernières décennies et son lot de prospections thématiques, de recherches universitaires, d'explorations d'amateurs passionnés et de découvertes dans le cadre d'opérations préventives, nous autorisent aujourd'hui à dresser une carte d'une large part de ces secteurs d'exploitation. La multiplication de sondages et la réalisation de plus en plus régulière de datations radiocarbone affinent, peu à peu, notre vision de l'évolution globale de l'activité à travers le territoire. Ces actions sont d'autant plus nécessaires aujourd'hui que la caractérisation de la métallurgie médiévale fait face à un problème d'attribution typologique des déchets sidérurgique. Ainsi, sur le fondement des premières datations effectuées, la plupart des petits gisements de scories écoulées semblaient pouvoir être attribués à des ateliers de réduction du haut Moyen Âge. Néanmoins, des fouilles récentes ont montré que des scories écoulées pouvaient également être le fruit de travaux de post-réduction, depuis l'âge du Fer jusqu'au Moyen Âge.

Malgré ces récents développements et au regard des données aujourd'hui acquises, il est possible de dresser un récit de la métallurgie du fer durant ce si long Moyen Âge. En effet, ces dernières années ont été riches en datations absolues sur l'ensemble du territoire, nous permettant également de réviser notre approche typologique. Ainsi, il est possible aujourd'hui de décrire une évolution chronologique de l'activité inégale à l'échelle de la péninsule. À l'ouest, les activités de réduction du minerai de fer ne sont plus reconnues après le IXe siècle, lorsque la production de métal à l'est, notamment au sud-est de l'Ille-et-Vilaine, semble être continue depuis le Ve jusqu'au XXe siècle.

Les conditions environnementales sont également largement variables selon les secteurs. Si l'étude

---

\*Intervenant

des contextes sur le temps long reste aujourd'hui encore compliquée, on constate toutefois, çà et là, des situations locales, voire micro-régionales, nous permettant de formuler quelques hypothèses quant aux stratégies d'exploitation du milieu naturel (ressources minières ou boisées, relations avec les réseaux hydrographiques) et aux rapports entretenus par l'artisanat avec les occupations humaines (des espaces élitaires, agglomérations, habitats isolés).

*Abstract:*

Ten Centuries were not enough to deplete bretons mineral resources, despite the conscientious application of medieval populations to explore almost systematically the ferrous deposits of the region. From Finistère to what will become the Armorican Marches, we meet remains of these ancient exploitations, from some isolated initiatives to concentrated and intense metallurgical activities areas.

The last few decades have seen a host of thematic surveys, academic research, enthusiastic amateur explorations and recent preventive survey's discoveries. These findings have enabled us to draw up a map of a large part of the former iron mining areas. The increase in the number of test pits and the recurrent application of radiocarbon dating are gradually refining our vision of the overall development of activity across the area. These initiatives are all the more necessary now that the characterisation of medieval metallurgy is facing a problem of typological attribution of iron smelting wastes. Thus, on the basis of the first dating carried out, most of the small deposits of tap slags seemed to be attributable to smelting workshops from the early Middle Ages. However, recent excavations have shown that tap slag could also be the result of refining of forging work, from the Iron Age through to the Middle Ages.

Despite these recent developments, and in the light of the data currently available, it is still possible to put together an overview of iron metallurgy during this long Medieval era. A series of new radiocarbonic data have been collected in recent years throughout the region, enabling us to revise our typological approach. As a result, we can now describe an uneven chronological development of craftsmanship within the peninsula. In the west, iron ore smelting activities are no longer recognised after the 9th century, while metal production in the east, particularly in the south-east of Ille-et-Vilaine, appears to have been continuous from the 5th to the 20th century. Environmental conditions also vary widely from one sector to another. Although the study of contexts over the long term is still complicated, we can nevertheless observe local and even micro-regional situations, enabling us to formulate a number of hypotheses about strategies for exploiting the natural environment (mining or woodland resources, relations of the deposits with river systems) or the relationships between craftsmanship and human occupations (elite areas, clustered habitats, isolated dwellings).

# Une production sidérurgique médiévale d'ampleur sur le synclinal de Segré (Loire-Atlantique et Maine-et-Loire) / Large-scale medieval iron production on the Segré syncline (Loire-Atlantique and Maine-et-Loire)

Matthieu Yacger \* <sup>1</sup>, Tifenn Marc \*

, Etienne Clouin <sup>2,3</sup>

<sup>1</sup> Service Archéologie de Loire-Atlantique – UMR6566 - CReAAH – France

<sup>2</sup> Université de Rennes 2 (UR2) – Université de Rennes – France

<sup>3</sup> UMR 6566 - CReAAH, Archéosciences – CNRS, Université de Rennes – France

Renseignées depuis le XIXe s., les exploitations sidérurgiques anciennes dans le centre du Massif armoricain s'étendent de la Bretagne actuelle jusqu'à sa limite orientale en Maine-et-Loire. Le secteur du synclinal de Segré correspond à une vallée paléozoïque née lors du second épisode hercynien qui s'étire du nord-ouest du Maine-et-Loire jusqu'à la frontière Loire-Atlantique/Ille-et-Vilaine (Janjou 1998).

Les prospections minières du XIXe s. ont reconnu ces traces anciennes sur des gisements de fer contenus dans le Membre inférieur des Grès armoricains (Davy 1880, 1913). Plus récemment, des prospections archéologiques ont confirmé la présence de vestiges liés à cette activité. Elles ont porté sur les forêts d'Ombrée pour le Maine-et-Loire (Dauffy 1996-1998), de Teillay (Vivet 2014) et d'Araize (Meuret 1989) pour la Loire-Atlantique, la Mayenne et l'Ille-et-Vilaine. Ce sont principalement des amas de scories, aires de charbonnage et sites d'extraction qui ont été identifiés. Les opérations archéologiques sont toutefois restées rares et imprécises dans ces secteurs, alors que les zones prospectées dans les départements limitrophes laissaient entrevoir un vrai potentiel scientifique (Daré et coll. 2013, Vivet 2014, Sarreste 2007, 2012, 2017, Corre 2019, 2022-2023). La formation du synclinal de Segré était ainsi considérée comme une zone de production de fer potentielle pour les époques antique et médiévale, sans preuve scientifique formelle (Le Carlier de Veslud 2019, Leroy et Cabboi 2019).

Le programme de prospection initié depuis 2022 vise à répondre à ces incertitudes en se concentrant sur la datation et la caractérisation des vestiges sidérurgiques. Il est réalisé en collaboration avec Étienne Clouin (doctorant Université de Rennes 2 – UMR 6566 CReAAH) et contribue à la base de données ArchéoMétal-armoricain (UMR 6566 CReAAH). Dans ce cadre, 48 nouveaux indices de sites ont été enregistrés avec les 24 entités archéologiques connues sur une base de

---

\*Intervenant

données géoréférencées dédiée (Yacger 2009, Marc et Yacger 2023). Des prospections de terrain basées sur la vérification de ces indices et la télédétection de sites via clichés aériens et images LiDAR ont été effectuées. À partir de ces données, 43 ferriers ont été caractérisés sur le terrain et par l'étude de leurs scories. Plusieurs morphotypes ont pu être proposés et comparés aux 12 datations radiocarbone effectuées à partir de charbons prélevés à la surface des amas et dans les scories. En excluant les distinctions relevant de la conservation taphonomique des ferriers, plusieurs groupes ont émergé par comparaison de caractéristiques : dimensions, densité et nature des sédiments constitutifs des amas ; morphologie et fragmentation des scories ; identification des étapes de la production du fer.

Ce travail a permis le géoréférencement de 103 ferriers dont 36 inédits, 31 zones d'extraction et 82 plateformes de charbonnières (Yacger et Marc dir., 2025). Les datations obtenues laissent entrevoir une activité de réduction médiévale, débutant au premier Moyen Âge à Rougé (Loire-Atlantique) et prenant une dimension de grande ampleur à partir du XIIIe s. (Loire-Atlantique et Maine-et-Loire). Cette expansion de la production apparaît dans les sources comme liée au pouvoir politique, particulièrement à la seigneurie de Châteaubriant et probablement à celle de Pouancé (Meuret 2007).

Abstract:

Documented since the 19th century, ancient iron production sites in the centre of the Armorican Massif extend from present-day Brittany to its eastern limit in Maine-et-Loire. The syncline of Segré area is a Paleozoic valley born during the second Hercynian episode which stretches from the north-west of Maine-et-Loire to the Loire-Atlantique/Ille-et-Vilaine border (Janjou 1998).

Nineteenth century prospects identified these archaeological remains above iron deposits contained in the lower member of the Grès armoricain (Armorican sandstone; Davy 1880, 1913). More recent archaeological surveys also confirmed the presence of such remains. They focused on the forests of Ombrée for Maine-et-Loire (Dauffy 1996-1998), Teillay (Vivet 2014) and Araize (Meuret 1989) for Loire-Atlantique, Mayenne and Ille-et-Vilaine. Mainly slag piles, charcoal piles platforms and extraction sites have been identified. However, archaeological operations remained scarce and imprecise in these sectors, while surveys in the neighbouring departments suggested a real scientific potential: Daré et al. 2013, Vivet 2014, Sarreste 2007, 2012, 2017, Corre 2019, 2022-2023. The Segré syncline formation was thus considered a potential iron production area for the Roman and medieval periods, but without formal scientific proof (Le Carlier de Veslud 2019, Leroy and Cabboi 2019).

The archaeological surveying program initiated in 2022 aims to address these uncertainties by focusing on dating and characterizing these remains. It is carried out in collaboration with Étienne Clouin (PhD student University of Rennes 2 – UMR 6566 CReAAH) and contributes to the ArchéoMétal-armoricain database (UMR 6566 CReAAH). In this context, 48 new evidences were recorded adding to the 24 already-known archaeological entities on a dedicated georeferenced database (Yacger 2009, Marc and Yacger 2023). Field surveys dedicated to verifying these suspicions and remote sensing of sites via aerial and LiDAR images were carried out. From this datas, 43 slag piles were described and characterized by the study of their slags. Several morphotypes have been proposed and compared to the 12 radiocarbon dates obtained from charcoal samples extracted from the surface of the piles and from the slags. Excluding the taphonomic conservation of slag piles, several groups have emerged by comparing characteristics: dimensions; density and nature of the sediments constituting the heaps; morphology and fragmentation of slags; identification of the stages of iron production.

This work enabled the georeferencing and description of 103 slag piles including 36 new ones, 31 extraction areas and 82 charcoal platforms (Yacger and Marc dir., 2025). Resulting dating

suggest a medieval iron ore reduction activity, beginning in the early Middle Ages in Rougé (Loire-Atlantique) and expanding on a large-scale from the 13th century onwards in both départements. This expansion of production appears in the archives linked to political power, particularly to the seigneurie of Châteaubriant and probably to that of Pouancé (Meuret 2007).

# Le dynamisme de la production de fer brut pendant le haut Moyen Âge dans l'est de la France et l'ouest de la Suisse / The dynamism of raw iron production during the early Middle Ages in eastern France and western Switzerland

Hervé Laurent \* <sup>1</sup>, Alexandre Beaudet \*

2

<sup>1</sup> DRAC BFC – Ministère de la Culture et de la Communication – France

<sup>2</sup> Université Laval – Canada

En 1973, P.-L. Pelet livre le premier des trois volumes de " Fer Charbon Acier dans le Pays de Vaud ". Cet ouvrage fondateur traitant de la fabrication du fer brut par le procédé direct dans un petit secteur du massif du Jura contient des résultats d'analyses radiocarbone qui inaugurent la longue série de dates accumulées au cours des décennies suivantes dans les cantons de Berne, du Jura et de Vaud en Suisse et dans les régions Grand Est et Bourgogne Franche-Comté en France. Totalement inattendu au départ, le haut Moyen Âge (tout particulièrement la période mérovingienne) y fait preuve d'un dynamisme aujourd'hui reconnu sur l'ensemble de ce vaste espace où la production se répartit entre des zones de production intense et, dans une moindre mesure, des ateliers isolés.

Ces concentrations de zones sidérurgiques posent de sérieuses questions sur les dynamiques de l'organisation de la production pour tout le premier Moyen Âge, notamment dans la manière dont elles s'insèrent dans les rapports fonciers et les systèmes de domanialité relatifs à ces espaces. À ce titre, les travaux de Gérard Chouquer sur la Bourgogne offrent un éclairage fort pertinent sur la distribution des fisci. Par exemple, la zone de production de Berthelange ne semble pas relever du fisc, mais plutôt des autorités comtales et épiscopales, alors qu'ailleurs, en Lombardie et en Bavière d'importants districts sidérurgiques étaient bien contrôlés par les fisci ou monastères impériaux, comme l'ont démontré Maria Elena Cortese et Mathias Hensch. Les résultats de l'étude des rapports fonciers dans lesquels s'insèrent les zones de production sidérurgique appellent donc à considérer les dynamiques de domanialité sur les droits miniers. Nous explorons ainsi deux hypothèses, celle de monopoles royaux concédés à des fidèles et celle d'une pluralité des formes dont l'emboîtement hiérarchique demeure imparfait. Pour explorer ces questions, il est nécessaire d'élargir l'aire géographique considérée à l'ensemble de l'Europe. L'analyse des quelque vingt attestations de droits miniers datant du premier Moyen Âge milite pour la seconde interprétation. En effet, si la prévalence des intérêts fiscaux est manifeste, et ce,

---

\*Intervenant

depuis le VI<sup>e</sup> siècle, les VIII<sup>e</sup>-IX<sup>e</sup> siècles offrent des témoignages indéniables de droits tenus par des particuliers ou encore par l'aristocratie, sans que l'on puisse déceler des traces de concessions fiscales.

Au terme de ces regards croisés, il ressort des dynamiques variées qui contredisent l'image misérabiliste d'une production du fer localisée et effectuée à temps partiel par des artisans-paysans, mais aussi qui nuancent l'image centralisatrice héritée de l'historiographie sur l'économie domaniale.

Abstract:

In 1973, P.-L. Pelet published the first of three volumes of *Fer Charbon Acier dans le Pays de Vaud* (Iron, Coal and Steel in the Vaud Region). This seminal work on the production of raw iron using the direct process in a small area of the Jura mountains contains the results of radiocarbon analyses that marked the beginning of a long series of dates accumulated over the following decades in the cantons of Bern, Jura and Vaud in Switzerland and in the Grand Est and Bourgogne Franche-Comté regions of France. Completely unexpected at the outset, the early Middle Ages (particularly the Merovingian period) reveal a dynamism that is now recognised throughout this vast area, where production is divided between areas of intense production and, to a lesser extent, isolated workshops.

These concentrations of ironworking areas raise serious questions about the dynamics of production organisation throughout the early Middle Ages, particularly in terms of how they fit into the land tenure and domain systems relating to these areas. In this regard, Gérard Chouquer's work on Burgundy offers highly relevant insights into the distribution of fiscal authorities. For example, the Berthelange production area does not appear to have been under the control of the fisc, but rather of the count and episcopal authorities, whereas elsewhere, in Lombardy and Bavaria, large ironworking districts were indeed controlled by the fisc or imperial monasteries, as demonstrated by Maria Elena Cortese and Mathias Hensch. The results of the study of land tenure relationships in areas of steel production therefore call for consideration of the dynamics of state ownership of mining rights. We thus explore two hypotheses: that of royal monopolies granted to loyal subjects, and that of a plurality of forms whose hierarchical interlocking remains imperfect. To explore these questions, it is necessary to broaden the geographical area under consideration to include the whole of Europe. An analysis of some twenty attestations of mining rights dating from the early Middle Ages supports the second interpretation. Indeed, while the prevalence of fiscal interests is evident from the 6th century onwards, the 8th and 9th centuries offer undeniable evidence of rights held by individuals or even by the aristocracy, without any trace of fiscal concessions.

At the end of these exchanges, a variety of dynamics emerge that contradict the pessimistic image of local iron production carried out part-time by artisan farmers, but also nuance the centralising image inherited from historiography on the manorial economy.

# Les mines de fer du haut Jura central : nouvelles prospections et analyses sur une zone de production montagnarde

Valentin Chevassu \* <sup>1,2</sup>, Théophile Sanseigne \*

<sup>3</sup>, Vincent Bichet \*

<sup>4</sup>, Christophe Durlot <sup>5</sup>, Charlotte Garcia , Joseph Gauthier <sup>6</sup>, Olivier  
Girardclos <sup>4</sup>, Bastien Jakob <sup>7</sup>, Ariane Lambart <sup>3,8</sup>

<sup>1</sup> UMR 6249 Chrono-Environnement – Université Franche Comté de Besançon – France

<sup>2</sup> InSitu Archéologie – Suisse

<sup>3</sup> Laboratoire Chrono-environnement (UMR 6249) – Centre National de la Recherche Scientifique,  
Université de Franche-Comté – France

<sup>4</sup> Laboratoire Chrono-environnement - CNRS - UBFC (UMR 6249) – Centre National de la Recherche  
Scientifique, Université de Franche-Comté, Université de Franche-Comté – France

<sup>5</sup> Biogéosciences [Dijon] (BGS) – Centre National de la Recherche Scientifique : UMR6282, Université  
de Bourgogne – France

<sup>6</sup> Laboratoire Chrono-environnement - CNRS - UBFC (UMR 6249) – Centre National de la Recherche  
Scientifique : UMR6249, Université de Franche-Comté, Centre National de la Recherche Scientifique –  
France

<sup>7</sup> Parc et musée d'archéologie Laténium – 2068 Hauterive, Suisse

<sup>8</sup> Études et valorisations archéologiques – Èveha, Études et valorisations archéologiques – France

La haute-chaîne du Jura comporte diverses ressources en fer, principalement grâce au minéral oolithique exploité par mines et minières dans les calcaires du Valanginien. Cette exploitation a surtout fait l'objet de recherches historiques concentrées sur l'alimentation des hauts-fourneaux des XVe-XIXe siècles. Des activités de réduction antérieures ont été documentées par l'archéologie dans le canton suisse du Jura ou dans le Jura central français, mais l'évolution de ce district minier de moyenne altitude reste encore largement à appréhender. Dans le haut Jura central français et suisse (NE, VD ; Doubs, Jura), plusieurs récents programmes de prospection appuyés sur le dépouillement des relevés LiDAR ont permis de réévaluer l'importance et la chronologie des vestiges liés à cette exploitation.

Un travail de prospection thématique est tout d'abord venu compléter l'inventaire des structures minières repérées dans la bibliographie, sur le terrain ou à travers les données LiDAR. Des visites de terrain ont permis de confirmer la topographie de ces structures et d'échantillonner les minerais exploités, dont certains ont fait l'objet d'une étude pétrographique. Ces travaux ont révélé des zones d'extraction inédites, dont quelques-unes ciblent un minerai sidérolithique qui n'avait jusqu'ici jamais été étudié.

---

\*Intervenant

Les procédés d'extraction ont été abordés grâce à l'exploration et au relevé de structures de mines et minières. Deux galeries de mines situées aux Longevilles-Mont-d'Or et à Oye-et-Pallet ont ainsi fait l'objet de numérisation 3D. L'une d'entre elles a pu être datée grâce l'analyse dendrochronologique d'éléments de boisage. L'étude d'une mine non datée localisée aux Hôpitaux-Vieux a de même permis une attribution chronologique et une description des creusements dans le niveau ferrugineux.

Les analyses paléoenvironnementales effectuées dans la région permettent enfin de cerner l'impact de la minéralurgie et de la métallurgie sur la forêt jurassienne, en lien ou en concurrence avec de nombreuses autres activités d'exploitation des reliefs. La production de charbon destiné à la métallurgie peut en particulier être appréhendée grâce aux analyses anthracologiques en cours sur les innombrables plates-formes de charbonnage qui avoisinent les districts miniers.

**Apports et limites des méthodologies actuelles  
appliquées à l'étude des mines et des ateliers de  
production primaire**

**Contributions and limitations of current  
methodologies applied to the study of mines and  
smelting workshops**

# Le Fer dans le Tarn aux périodes anciennes : apport des prospections géophysiques / Iron in the Tarn in ancient times: the contribution of geophysical surveys

Vivien Mathé \* <sup>1</sup>, Anne Filippini <sup>2,3</sup>, Marie-Pierre Coustures <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Littoral ENvironnement et Sociétés [La Rochelle] – CNRS : UMR7266, Université de La Rochelle – France

<sup>2</sup> Travaux et recherches archéologiques sur les cultures, les espaces et les sociétés – École des Hautes Études en Sciences Sociales, Université Toulouse - Jean Jaurès, Ministère de la Culture et de la Communication, Institut national de recherches archéologiques préventives, Centre National de la Recherche Scientifique – France

<sup>3</sup> Eveha – entreprise privé – France

Depuis une quinzaine d'années, le programme de prospection thématique " Le Fer dans le Tarn aux périodes anciennes " s'attache à recenser, cartographier et dater la production des ateliers sidérurgiques anciens implantés dans la zone de relief métallifère de l'est du département du Tarn. Dans le secteur de Roziès (communes d'Ambialet et du Fraysse), des prospections pédestres ont permis de localiser des dizaines de sites dans le lit et les berges d'un cours d'eau. Deux d'entre eux, apparus comme les plus prometteurs, ont fait l'objet de prospections géophysiques. L'objectif était de repérer un présumé four de réduction et de cartographier l'étendue des dépôts liés à l'activité métallurgique.

Ce sont principalement deux méthodes géophysiques qui ont été utilisées pour localiser les vestiges liés à la production de fer : la prospection électromagnétique de type *Slingram* et la prospection magnétique. Ces deux méthodes, très complémentaires, sont facilement mises en œuvre sur un terrain plat et dégagé. Ce n'était cependant pas le cas ici : il a fallu avoir recours à des protocoles de mesure adaptés à une vallée étroite et encaissée. Il a également fallu s'adapter à des espaces accessibles très morcelés et sous couvert forestier.

Malgré ces difficultés, les résultats ont été particulièrement satisfaisants. Une anomalie majeure fut repérée sur un premier site prospecté en 2019 sur une surface d'environ 180 m<sup>2</sup>. La source de l'anomalie, un four aux parois vitrifiées, fut identifiée par sondage en 2023. Sur le second site cartographié sur une surface de plus de 2000 m<sup>2</sup>, les prospections révélèrent une douzaine d'anomalies dont deux majeures. L'une de ces anomalies, sondée en 2022, correspond à un ferrier associé à un fourneau. L'autre, de plus grandes dimensions, n'a pas été sondée pour le moment mais se révèle très prometteuse.

A l'issue de ces investigations, on constate que les prospections géophysiques peuvent constituer un atout pour l'étude des sites de production de fer. Cela nécessite toutefois d'utiliser des méthodes complémentaires et d'adapter les protocoles d'acquisition des mesures au contexte

---

\*Intervenant

géologique et topographique de chaque site.

#### Abstract:

For the past fifteen years, the "Iron in the Tarn in ancient times" thematic prospecting program has been working to identify, map and date the production of ancient iron and steel workshops in the metalliferous terrain of the eastern Tarn department. In the Roziès area (communes of Ambialet and Le Fraysse), pedestrian surveys have located dozens of sites in the bed and banks of a stream. Two of these, considered to be the most promising, were the subject of geophysical surveys. The aim was to locate a presumed reduction furnace and map the extent of deposits associated with metallurgical activity.

Two main geophysical methods were used to locate the remains of iron production: Slingram-type electromagnetic prospecting and magnetic prospecting. These two highly complementary methods are easy to use on flat, open ground. This is not the case here: we had to resort to measurement protocols adapted to a narrow, incised valley. We also had to adapt to highly fragmented and wooded access areas.

Despite these difficulties, the results were particularly satisfactory. A major anomaly was identified at a first site prospected in 2019 over an area of around 180 m<sup>2</sup>. The source of the anomaly, a furnace with vitrified walls, was identified by sounding in 2023. At the second site, mapped over an area of more than 2,000 m<sup>2</sup>, prospecting revealed a dozen anomalies, including two major ones. One of these anomalies, surveyed in 2022, corresponds to a ferrier associated with a furnace. The other, of larger dimensions, has not yet been probed, but looks very promising. At the end of these investigations, we can see that geophysical prospecting can be an asset in the study of iron production sites. However, this requires the use of complementary methods and the adaptation of measurement acquisition protocols to the geological and topographical context of each site.

# Reconstituer les volumes de production des ateliers de réduction, de l'Antiquité au Moyen Âge. Une approche comparative des zones de production de Puisaye et du Morvan-Auxois (Bourgogne, France) / Reconstructing the Production Volumes of Smelting Workshops from Antiquity to the Middle Ages: A Comparative Approach to the Production Zones of Puisaye and Morvan-Auxois (Burgundy, France)

Margaux Herbrich \* <sup>1,2</sup>, Marion Berranger <sup>2</sup>, Marc Leroy <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Archéologie, Terre, Histoire, Sociétés [Dijon] – Université de Bourgogne – France

<sup>2</sup> IRAMAT - Laboratoire Métallurgies et Cultures – Institut de Recherche sur les Archéomatériaux, Institut de Recherche sur les Archéomatériaux : UMR7065 – France

Cette présentation abordera plusieurs aspects des résultats d'une thèse de doctorat portant sur l'analyse et la modélisation de l'organisation des activités métallurgiques dans le nord-est de la France, dans le cadre du projet région *TerriFer*. L'objectif principal de ce travail est de proposer une caractérisation multi-méthodes et diachronique des territoires où se concentrent les sites de production du fer en Bourgogne-Franche-Comté, les travaux en cours mettant en évidence la continuité des activités depuis l'âge du Fer jusqu'au Moyen Âge.

Cette étude comparative porte sur deux zones de production situées en Bourgogne (*La Puisaye* et le *Morvan-Auxois*), qui se distinguent par leur chronologie, leur accès aux matières premières, la concentration des sites et les volumes de scories accumulées. La présentation se concentrera sur les apports des acquisitions LiDAR à la reconstruction de l'organisation spatiale des ateliers par la modélisation des amas de scories en 3D pour calculer leurs volumes par traitement informatique d'un nuage de points. Le protocole développé dans le cadre de la thèse présente l'avantage de s'effectuer entièrement à partir de données en libre accès (Couverture LiDAR HD de l'IGN, Géoservices) et à travers des logiciels en open source (QGIS, CloudCompare, Blender et MeshLab). Cette approche abordera également les limites de cette méthode, notamment lorsque le LiDAR se révèle peu pertinent, en raison de la faible élévation conservée de certains amas de scories.

---

\*Intervenant

À terme, l'objectif est de développer une approche quantitative pour évaluer l'intensité de la production dans ces ateliers en estimant les quantités de métal produites et échangées. La méthode reposera sur l'association des calculs de volume des amas, de leur concentration en déchets et du rendement théorique d'une opération de réduction du minerai de fer défini à partir du dosage des principaux éléments chimiques et du calcul des bilans matières. Ces données seront ensuite mises en perspective pour chaque atelier étudié, en tenant compte de sa période de fonctionnement.

À travers l'étude d'une sélection de sites parmi les mieux documentés en Puisaye et dans le Morvan, ce travail vise à démontrer le potentiel d'une approche interdisciplinaire pour mieux comprendre l'organisation spatio-temporelle des techniques de production métallurgique, leur évolution et leurs dynamiques techniques et économiques.

## **Abstract**

This presentation will focus on some aspects of the results of a doctoral thesis concerning the analysis and modelisation of the organization of smelting activities in northeastern France, as part of the regional project *TerriFer*. The main objective of this work is to propose a multi-method characterization of the territories in which concentrations of smelting sites are located. The approach adopted for the Bourgogne-Franche-Comté region has the advantage of enabling diachronic comparisons between several production areas (previous work has shown the continuity of activities from the Iron Age to the Middle Ages).

This comparative study will enable us to compare two production areas situated in Burgundy (*The Puisaye* and the *Morvan-Auxois*) that differ in terms of chronology, access to raw materials, concentration of sites and volumes of slag heaps. This presentation will focus particularly on the contributions of LiDAR acquisitions, enabling the reconstruction of the spatial organization of workshops and the 3D modeling of slag heaps to calculate their volumes through the computational processing of point clouds. The protocol developed as part of this thesis has the advantage of being entirely based on open-access data (HD LiDAR coverage from IGN, Geoservices) and using open-source software (QGIS, CloudCompare, Blender, and MeshLab).

Ultimately, the goal is to develop a quantitative approach to assess the intensity of production in these workshops by estimating the quantities of metal produced and exchanged. The method will be based on combining volume calculations of the slag heaps, their waste concentration, and the theoretical yield of a reduction operation (obtained from material balances based on the analysis of Si, Al, Fe, Mn, Ca, K, and Ti elements). These data will then be contextualized for each workshop, considering its period of operation.

Through the study of a selection of the best-documented sites in Puisaye and Morvan, this work aims to demonstrate the potential of an interdisciplinary approach to contribute to a deeper understanding of the spatio-temporal evolution of smelting techniques, their organization and their economic dynamics.

# The Chronology of Iron Metallurgy in the Bassar Region (Togo): The Potential of Archaeomagnetic Dating

Giorgia Ricci \* <sup>1,2</sup>, Caroline Robion-Brunner <sup>3</sup>, Gwenaël Hervé <sup>2</sup>,  
Emmanuelle Delqué-Koli   <sup>4</sup>, Séverin Bakrobena Lebarama <sup>5</sup>

<sup>1</sup> Travaux et recherches archéologiques sur les cultures, les espaces et les sociétés –   cole des Hautes études en Sciences Sociales, Universit   Toulouse - Jean Jaurès, Ministère de la Culture et de la Communication, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre National de la Recherche Scientifique : UMR5608 – France

<sup>2</sup> Climat et Magnétisme – Laboratoire des Sciences du Climat et de l’Environnement [Gif-sur-Yvette] – France

<sup>3</sup> Travaux et recherches archéologiques sur les cultures, les espaces et les sociétés – Centre National de la Recherche Scientifique – France

<sup>4</sup> Laboratoire de mesure du carbone 14 – Laboratoire des Sciences du Climat et de l’Environnement [Gif-sur-Yvette] – France

<sup>5</sup> Universit   de Lomé [Togo] – Togo

The Bassar region in northern Togo hosted a major iron production center between the 13th and 20th centuries CE. Although this activity marked the region’s history, its chronology remains unclear, particularly between the 17th and 20th centuries, due to limitations associated with the plateau effect in the radiocarbon calibration curve. To overcome these obstacles, archaeomagnetic dating constitutes a promising alternative by directly recording the geomagnetic field during the last heating of fired clay materials, such as smelting furnaces. Rarely used in African contexts, this method presents strong potential for refining chronologies.

Our study is based on three iron smelting sites at Bandjeli (Tchogma 1, Bitamkpambe, and Tabale), where 23 smelting furnaces were analyzed. Oriented samples were collected *in situ* from the walls or bases of the furnaces (6 to 14 per structure) and subjected to thermal demagnetization to determine the direction of thermoremanent magnetization acquired during the last heating. Among these structures, 13 directly yielded well-grouped directions. The other structures presented dispersed results due to wall movements after abandonment of the structures. Correction of these tilts allowed four additional mean directions to be obtained.

Archaeomagnetic dating carried out using the global geomagnetic model HistKalmag (Schaner et al. 2023) provides precise age estimates ranging from the 17th to the mid-20th century, with error margins of 25 to 85 years at a 95% confidence level. These results allow the limitations of radiocarbon dating to be circumvented and demonstrate that archaeomagnetism is a powerful tool for reconstructing the chronology of iron-working activities in West Africa. This approach thus opens new perspectives for understanding the evolution of techniques and societies.

---

\*Intervenant

winter season, storage before carbonization, charcoal-making practices were similar to those of other regions.

This modest but explicit Bauju "steel district" was part of a generalized boom in small steel production centers that gradually replaced the large ancient European centers from the 3rd to the 4th centuries. A

chronological and technical relationship here links the Prealps and the Jura. The social morphology of these workshops is known from rare but precious regional texts from the 12th century (Chartreuse and Belledonne): groups of miners-steelworkers-farmers settled in sovereign territory (royal then county domain). The hamlet at the heart of the "district" is still called Les Favre (commune of Déserts), probably referring to the profession of the former inhabitants or even the founders of this small agglomeration (faber > favre), as also recalled by the surname known in the Bauges since the 12th century (1178, name of a lay brother of the Chartreuse d'Aillon).

It seems that this mode of production stopped with, on the one hand, the development of commercial networks (iron and manufactured objects from Lombardy passing through the foot of the Bauges from the 13th century), and on the second hand the spread of a new technology: the hydraulic forge or "martinet" (here coming from Italy from the 13th century by the same route).

# From Hammerscale to Ore: Towards a Paradigm Shift in Iron Production during the Early Iron Age

Jean Rodier \* <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Département des Géosciences, Université de Fribourg – Suisse

The question of the origin and circulation of iron during the Early Iron Age remains central to understanding the social and economic structures of this period. Existing models suggest a decentralized production system involving the exploitation of various types of ore. However, new elemental and isotopic geochemical data (Re-Os), including analyses of hammerscale, bi-pyramidal ingots, and ore, lead us to reconsider this model. Here, we propose a new perspective: a largely dominant production based on a single, specific type of ore, which appears to correspond to a paleo-lateritic formation known as "sidérolithique." This production may well have been controlled by the ruling elite, whose influence was particularly strong between the Hallstatt period and the beginning of the La Tène period, thereby reinforcing their power and the centralization of wealth.

---

\*Intervenant

# Geological complex, complex geochemistry: contributions and limitations of the global analysis of iron slags for the chemical characterisation of Armorican deposits

Cécile Le Carlier De Veslud <sup>\*</sup> <sup>1</sup>, Etienne Clouin <sup>2</sup>

<sup>1</sup> UMR 6566 - CReAAH (Laboratoire Archéosciences) – Université de Rennes 1, CNRS : UMR6566,  
Université de Rennes 1 – France

<sup>2</sup> université rennes 2 – Université Rennes 2 - Haute Bretagne, Place du recteur Henri Le Moal, CS  
24307, 35043, Rennes cedex - France, Université Rennes 2 - Haute Bretagne – France

The Armorican Massif, like many ancient crystalline basement regions, is remarkably rich in mineral resources. Iron is one of the most important of these. The area between Finistère, Normandy and Pays de la Loire is the second richest metropolitan region after Lorraine, estimated at between 800 million and 2 billion tonnes when iron ore was still being mined. The Armorican Massif has a wide variety of formations, linked to numerous tectonic, sedimentary, hydrothermal and volcanic episodes, as well as meteoric alteration of the bedrock. The multiplicity of contexts in which these deposits were formed means that there are just as many specific geochemical characteristics.

Although the chemical distinction between Armorican sites and those in the Paris Basin is relatively clear, recent studies tend to show that the distinction between deposits on a regional scale is more complex. For example, ores mined from Tertiary alteration deposits, present over a large part of the region and feeding on various underlying primary resources (Brioverian, Ordovician, Silurian ores, etc.), do not seem to be distinguishable. This raises serious doubts about the possibility of distinguishing several former production sectors actively exploiting this type of mineralisation throughout the region. In other cases, it is the coexistence over a few kilometres, or even a few hundred metres, of several mineralised formations, all potentially exploited, that makes the identification of sources tricky. In these areas, the potential mixing of minerals during the same operations blurs the geochemical signals. Taken together, these observations limit future possibilities for comparing the chemical signatures of production areas with those measured in manufactured objects.

These observations force us to rethink some methods and approaches. Firstly, we need to build up a larger reference base than we currently have, so that we have enough data to identify trends. This requires a rigorous selection of the archaeological samples analysed, essentially slags, which is more likely to provide an accurate picture of former mining operations.

This also requires high-quality, certified analyses to be carried out, measuring as many elements as possible. From a methodological point of view, some chemical elements previously discarded in certain statistical treatments (because of their behaviour during reduction or the fact that they may not have come from the ore), must be reintegrated into the data manipulations. This is the

---

<sup>\*</sup>Intervenant

case, for example, with elements that may come from the smelting of furnace walls. They can be used to differentiate between sectors with identical chemical signatures when a limited number of chemical elements are considered, as in the case of workshops exploiting tertiary alteration deposits.

# Comparing iron smelting techniques: toward a comprehensive approach to efficiency

Mélissa Morel \* <sup>1</sup>, Caroline Robion-Brunner <sup>2</sup>, Chantal Radimilahy <sup>3</sup>,  
Hélène Timpoko Kienon Kabore <sup>4</sup>, Vincent Serneels <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Fribourg – Suisse

<sup>2</sup> Travaux et recherches archéologiques sur les cultures, les espaces et les sociétés – École des Hautes Études en Sciences Sociales, Université Toulouse - Jean Jaurès, Ministère de la Culture et de la Communication, Institut national de recherches archéologiques préventives, Centre National de la Recherche Scientifique – France

<sup>3</sup> Université d'Antananarivo – Madagascar

<sup>4</sup> Université Félix Houphouët-Boigny [Abidjan, Côte d'Ivoire] – Côte d'Ivoire

Comparing iron smelting techniques is still a challenge in the study of the history of technology, as it provides insights into the succession of technical traditions over time. Such comparisons could help explain why some techniques persisted while others disappeared, and shed light on the mechanisms driving technological transfers or shifts toward large-scale production. Various comparative approaches have been proposed in previous studies, most of which focus on furnace morphology and associated technical features. Others attempt to assess the efficiency of iron smelting by ranking techniques based on metallurgical performance. However, these assessments rely on modern, productivity-driven conceptions of efficiency that do not necessarily reflect the realities of past iron production, particularly in Africa, where technical traditions were deeply embedded in ritual and socio-cultural systems.

To move beyond these limitations, we propose a new and more holistic comparative approach that accounts for the broader socio-cultural context in which iron smelting techniques were practiced. We argue that efficiency should not be reduced to purely technical performance but should also encompass economic and social dimensions. A comprehensive understanding of iron smelting practices requires a framework that integrates these three aspects of efficiency: technical, economic, and social.

To illustrate this approach, we will compare two iron smelting traditions that differ in scale, organization, and production objectives. The first, MDG01, was used by the *Rasikajy* in north-eastern Madagascar between the 11th and 15th centuries CE. This technique, based on simple bowl furnaces dug directly into the sand, was practiced by non-specialized craftsmen producing small amounts of iron when imported metal was insufficient to meet local needs. The second, KAN3, corresponds to a mass production in northwestern Ivory Coast between the 17th and 19th centuries CE. This technique relied on massive furnaces designed for large-scale production, with an optimized process from ore extraction to final output.

These two case studies alone do not fully capture the complexity of efficiency in iron smelting. To broaden this perspective, we will extend our discussion to additional African and European examples, exploring technological solutions developed within different ironworking traditions.

---

\*Intervenant

We will examine the use of manganese additions and unconventional air supply systems as examples of adaptive strategies. We are still refining our approach to efficiency to develop a robust framework for assessing technological systems. Ultimately, our goal is to develop a framework that can be applied not only to iron metallurgy but also to other technological systems.

**La production de fer brut dans son  
environnement**

**Bloomery production in its environnement**

# Bog Iron Ore Deposits and Iron Production Workspaces In Altered Landscapes – Geoarchaeological Approach for Identification of Past Iron Production Environments

Tena Karavidovic \* <sup>1</sup>, Tomislav Brenko <sup>2</sup>, Sibila Borojević Šošćarić <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Archaeology, Zagreb – Croatia

<sup>2</sup> Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Zagreb – Croatia

Bog iron ores were exploited for iron extraction across Europe from prehistoric times to the early modern period. In the southern Carpathian Basin, specifically in the upper alluvial plain of the Drava in northern Croatia, more than 150 archaeological sites exhibit surface evidence of iron production activities. Provenance analyses of slag and ore from excavated sites indicate that regionally occurring bog iron ores were utilised for iron extraction during Late Antiquity and the Early Middle Ages.

Bog iron ores are renewable, sedimentary deposits that form as continuous layers or lenses in low-land and wetland environments. Their formation is favoured by alluvial sandy, loamy, or clayey soils characterised by variable redox potentials and a continuous flow of shallow, iron-rich groundwater ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Investigating these ore deposits and their properties enhances our understanding of the natural conditions that influenced past production strategies and resource management. However, the in-depth study of historical bog iron ore deposits is challenging due to potential exhaustion or degradation in the past. Regeneration or development of ore deposits is further exacerbated by land reclamation efforts and associated environmental impacts. As a result, reconstructing the environmental settings of past iron production-encompassing workspaces and exploited ore deposits-remains a complex task.

This study adopts a geoarchaeological approach, integrating multiple methods to reconstruct the environmental contexts of historical iron production. Initial methodologies included systematic field surveys, remote sensing techniques (LiDAR, satellite imagery, and predictive modelling), and an investigation into the formation mechanisms of bog iron ores within the region. These approaches were combined with the spatial localisation of archaeological sites associated with primary iron production. Based on the collected data, a case study area-Kalinovac-Hrastova greda-was selected to define parameters suitable for predictive modelling of potential mining areas and the spatial delineation of iron production zones. The case study research focuses on analysing topsoil characteristics to distinguish pedological markers associated with bog iron ore formation from anthropogenic markers linked to iron production activities. The objective was pursued through a comprehensive analysis of 67 topsoil samples, systematically arranged in a square grid across the study area. The samples underwent mineralogical (XRD), geochemical (pXRF), granulometric, and soil pH analyses. Multivariate statistical and spatial analyses were employed to evaluate the factors influencing topsoil properties. The results indicate: 1) the spatial delineation of bog iron ore occurrences and iron production sites, 2) the identification of

---

\*Intervenant

primary markers (Fe, As, P, Mn, Ba, Th, and goethite) and secondary markers (Ni, Cu, Zn, Hg, Pb) associated with bog iron ore occurrences, 3) a positive trend in the distribution of primary markers, reflecting the developmental potential of bog iron ores at distinct micro-locations, 4) diagnostic markers for iron production sites, including the influence of ferrous slag (Fe, Pb, Zn), technical ceramics, and residues from wood ash/charcoal (P, Ca, K, Mg, Sr, Zn, Pb, as well as calcite and amphibole minerals), 5) long-term alterations in topsoil pH influenced by past iron production archaeological record.

# Trajectoires sylvicoles et proto-industries : le cas du charbonnage moderne dans le Haut-Doubs / Silvicultural trajectories and proto-industries: the case of modern charcoal production in the Haut-Doubs region

Ariane Lambart \* <sup>1,2</sup>, David Gocel-Chalté <sup>1,3</sup>, Olivier Girardclos <sup>1</sup>, Valentin Chevassu <sup>1,4</sup>, Vincent Bichet <sup>1</sup>, Sylvie Bepoix <sup>1</sup>, Sandrine Paradis-Grenouillet <sup>2,5</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Chrono-Environnement – Laboratoire Chrono-environnement - UFC (UMR 6249) – France

<sup>2</sup> EVEHA (Etudes et valorisations archéologiques) – Auncune – France

<sup>3</sup> Agence Nationale pour la Gestion des Déchets Radioactifs – Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique, ministère de la transition écologique et solidaire et du ministère de la cohésion des territoires – France

<sup>4</sup> InSitu Archéologie – Suisse

<sup>5</sup> Laboratoire de Géographie Physique et Environnementale – Institut Sciences de l'Homme et de la Société, Centre National de la Recherche Scientifique, Université Clermont Auvergne – France

Dans le Haut-Doubs, l'exploitation du fer est attestée dès la période mérovingienne mais ne prendra véritablement son essor qu'au cours des XVe et XVIIe siècles. Entre le XVe et le XIXe siècle, le développement d'une importante activité métallurgique par procédé indirect, entre autres, dans le secteur de Rochejean, Jougne, Mouthe, et Vallorbe soulève la question de la production du charbon de bois ; ce dernier constituant une ressource essentielle afin d'alimenter les hauts-fourneaux et les forges de la région. La production de charbon a pu également assurer les besoins domestiques et être exporté vers la Suisse. Par ailleurs, dans le même secteur, plusieurs autres activités liées aux industries du feu et dépendantes de la ressource en bois sont à mentionner : fours à chaux, fours à poix, verreries.

Depuis plusieurs décennies, de nombreuses études ont démontré l'intérêt d'étudier les sites de production de charbon de bois afin de comprendre la manière dont ils ont transformé et façonné les paysages forestiers au cours des siècles. L'étude dendro-anthracologique de plusieurs plateformes de charbonnage réparties dans le Haut-Doubs permet de questionner premièrement : le choix des essences employées selon les secteurs de production et les périodes ; et deuxièmement : de discuter de la taille des bois exploitées afin d'obtenir des indices sur le type de conduite des peuplements forestiers.

Les analyses préliminaires révèlent une prédominance du hêtre dans la fabrication du charbon, mais des variations apparaissent selon les sites. Les charbonnières situées au sommet du Mont d'Or présentent une plus large diversité d'essences tandis que les plateformes situées actuellement

---

\*Intervenant

en pré-bois présentent une proportion plus élevée d'épicéa par rapport à celles situées en forêts fermées. Ces résultats préliminaires permettent également de questionner les dynamiques entre exploitation sylvicole et pâturage local.

Cette communication constitue une occasion d'interroger les pratiques sylvicoles en lien avec les activités métallurgiques et de tracer les possibles transformations des sylvo-faciès pour potentiellement répondre aux besoins spécifiques des activités métallurgiques.

English:

In the Haut-Doubs area, iron mining has been documented since the Merovingian period, continuing and intensifying during the 16th and 17th centuries. Between the 15th and 19th centuries, the development of significant metallurgical activity using indirect processes, particularly in the Rochejean, Jougne, Mouthe, and Vallorbe areas, raises the question of charcoal production, as charcoal was an essential resource for fueling the region's blast furnaces and forges. Charcoal production also met domestic needs and was exported to Switzerland. In addition, several other activities related to the fire industries and dependent on wood resources are worth mentioning in the same area: lime kilns, pitch kilns, and glassworks.

For several decades, numerous studies have demonstrated the value of studying charcoal production sites in order to understand how they have transformed and shaped forest landscapes over the centuries. The dendro-anthracological study of several charcoal production platforms in the Haut-Doubs region raises two questions: first, the choice of tree species used according to production sectors and periods; and second, the size of the wood exploited in order to obtain clues about the type of forest management practices.

Preliminary analyses reveal a predominance of beech in charcoal production, but variations appear depending on the site. Charcoal kilns located at the summit of Mont d'Or show a greater diversity of species, while platforms currently located in pre-woodland areas have a higher proportion of spruce compared to those located in closed forests. These preliminary results also raise questions about the dynamics between forestry and local grazing.

This communication provides an opportunity to examine forestry practices in relation to metallurgical activities and to trace the possible transformations of sylvo-faciès to potentially meet the specific needs of metallurgical activities.

# Appréhender les liens entre production sidérurgique et économie forestière par la dendro-anthracologie : l'exemple du site de réduction médiéval de Champigneulles (54) / Using dendro-anthracology to understand the links between iron production and forestry economy: the case of the Champigneulles medieval smelting site (54)

Remy Jeannot \* <sup>1,2,3</sup>, Marc Leroy , Olivier Girarclos

<sup>1</sup> Institut national de recherches archéologiques préventives - Centre de recherches archéologiques de Dijon – INRAP – France

<sup>2</sup> IRAMAT - Laboratoire Métallurgies et Cultures – LMC IRAMAT UMR7065 CNRS – France

<sup>3</sup> Laboratoire Chrono-environnement (UMR 6249) – UMR 6249 Chronoenvironnement – France

La production sidérurgique, particulièrement dans ses premières étapes, nécessite de grandes quantités de combustible. Ce constat pose de nombreuses questions sur les relations entre activités de réduction du fer et économies forestières historiques, concernant notamment la disponibilité des ressources, l'impact de la production sur son environnement, voire les adaptations des systèmes forestiers à la pression du charbonnage et les éventuelles pratiques sylvicoles mises en place pour y répondre.

Les dernières années ont vu le développement de plusieurs études visant à mieux comprendre ces interactions, notamment s'appuyant sur les méthodes de la dendro-anthracologie utilisées sur sites archéologiques. En liant identifications taxonomiques, mesures réalisées sur les charbons (distance à la moelle, largeur des cernes) et approches expérimentales, il est possible d'appréhender les pratiques de sélection des essences charbonnées, les calibres de bois exploités, voire la forme et les dynamiques de croissance des peuplements forestiers.

La communication vise à présenter les méthodes et les apports de l'étude dendro-anthracologique mise en œuvre sur un site de réduction médiéval (XIII<sup>e</sup> et XIV<sup>e</sup> s.), fouillé en 2013 au lieu-dit Noirval-Bonnefontaine, dans le Val Saint-Barthélémy à Champigneulles (Meurthe-et-Moselle, France). Le corpus de près d'un millier de charbons, répartis sur plus d'une vingtaine de contextes et quasi-exclusivement composé de hêtre, a pu faire l'objet d'un panel de mesures systématiques ; ces données ont été interrogées puis interprétées par comparaison avec des corpus établis sur peuplements vivants.

---

\*Intervenant

Le site, qui présente plusieurs phases d'utilisation, a aussi bénéficié d'une étude palynologique permettant d'évaluer les transformations de l'environnement proche du site sur le long terme ; il a ainsi été possible de mettre en perspective les éléments apportés par l'étude des charbons avec ces données, menant à une vision diachronique des transformations de la forêt en lien avec l'activité sidérurgique.

Abstract:

Iron production, particularly in its early stages, requires large quantities of fuel. This raises a number of questions about the relationship between smelting activities and historical forest economies, especially in terms of resource availability, the impact of iron production on the environment, and the adaptations of forestry systems to the pressure of charcoal production and any silvicultural practices put in place in response.

Recent years have seen the development of a number of studies aimed at gaining a better understanding of these interactions, based in particular on dendro-anthracological methods used on archaeological sites. By linking taxonomic identifications, measurements taken on charcoal (distance to the pith, ring width) and experimental approaches, it is possible to understand the selection practices for exploited species, the calibres of wood used and even the shape and growth dynamics of forest stands.

The aim of this paper is to present the methods and results of the dendro-anthracological study carried out on a medieval reduction site (13th and 14th centuries), excavated in 2013 at Noirval-Bonnefontaine, in the Val Saint-Barthélémy in Champigneulle (Meurthe-et-Moselle, France). The corpus of almost a thousand charcoals, spread over more than twenty contexts and almost exclusively composed of beech, was the subject of a panel of systematic measurements; these data were queried and then interpreted by comparison with corpora established on living trees.

The site, which shows several phases of use, also benefited from a palynological study to assess the transformation of the site's immediate environment over time; it was thus possible to put the information provided by the charcoal study into perspective with this data, leading to a diachronic view of the transformations of the forest in relation to the iron production.

# Repenser l'héritage forestier de la métallurgie : enquête d'écologie historique dans les vallées de Vicdessos et Siguer (Ariège) / Rethinking the Forest Legacy of Metallurgy: A Historical Ecology Inquiry in the Valleys of Vicdessos and Siguer (Ariège)

Vanessa Py-Saragaglia \* <sup>1</sup>, Sylvain Burri <sup>2</sup>, Léonel Fouédjeu , Mélanie  
Saulnier <sup>3</sup>, Alexandre Disser <sup>4</sup>, Vincent Labbas <sup>5,6</sup>, Jean-Paul Métailié <sup>3</sup>

<sup>1</sup> IRAMAT UMR7065 – CNRS, Université de Bourgogne Franche-Comté (UBFC)-UTBM – France

<sup>2</sup> TRACES UMR 5608 – CNRS, Université de Toulouse II Jean-Jaurès – France

<sup>3</sup> GEODE UMR5602 – CNRS, Université de Toulouse II Jean-Jaurès – France

<sup>4</sup> IRAMAT-LAPA UMR7065 – CNRS, UO, Université de Bourgogne Franche-Comté (UBFC)-UTBM,  
UPS – France

<sup>5</sup> Liège University – Belgique

<sup>6</sup> KIK-IRPA B-1000 – Belgique

L'Ariège est l'une des principales régions sidérurgiques des Pyrénées françaises où le procédé direct s'est maintenu bien plus longtemps que dans le reste du territoire national. Les gisements de fer les plus importants se concentrent en Haute-Ariège (HA) et dans les Pyrénées-Orientales (PO). Tandis que l'économie des PO semble avoir été relativement diversifiée, celle de la HA a été largement dominée par la métallurgie au bois, jusqu'à son déclin au XIXe siècle. Les prélèvements de bois nécessaires à la production de charbon, combustible essentiel des moulins et des forges, se sont superposés aux autres usages sylvicoles et domestiques, exerçant une pression croissante sur les forêts médiévales et modernes. Cette dynamique a nourri le récit classique d'une déforestation généralisée des Pyrénées, imputée en grande partie au charbonnage. Une enquête d'écologie historique conduite dans les anciens consulats de Vicdessos et de Siguer, fondée sur des approches croisées (histoire, archéologie, paléoécologie et écologie forestière), révèle au contraire des trajectoires plus complexes. L'activité sidérurgique y apparaît irrégulière, parfois marginale, et elle a pu, dans certains contextes, jouer un rôle de levier pour la préservation du bois. Cette étude met en évidence des trajectoires forestières différenciées entre les deux vallées, en lien avec les régimes de gestion et les politiques locales. Elle montre également qu'au XVIIIe siècle, les forêts restaient relativement bien pourvues, alors même que l'approvisionnement en charbon s'orientait déjà vers d'autres territoires. À rebours des idées reçues, c'est l'essor démographique des XVIIIe et XIXe siècles - avec l'intensification de l'élevage, l'expansion des terres agricoles et la hausse des besoins domestiques en bois - qui constitue le principal moteur de la déforestation qui a conduit au minimum forestier du XIXe siècle. L'héritage écologique de la métallurgie apparaît ainsi plus ambivalent : à l'origine de peuplements forestiers profondément

---

\*Intervenant

transformés, il se traduit aujourd'hui par une mosaïque de structures dont la capacité d'accueil de la biodiversité reste très variable.

Abstract:

Ariège is one of the main ironworking regions of the French Pyrenees, where the direct reduction (bloomery) process was practised for much longer than in the other parts of France. The largest iron-ore deposits are concentrated in Haute-Ariège (HA) and Pyrénées-Orientales (PO). While the PO economy appears to have been relatively diversified, the HA economy was dominated by wood-fuelled metallurgy until its decline in the nineteenth-century. Wood harvesting for charcoal, an essential fuel for furnaces and forges, overlapped with other silvo-pastoral and domestic uses, putting increasing pressure on medieval and early-modern forests. This dynamic fuelled the widely held belief that deforestation was widespread in the Pyrenees, and was largely due to charcoal burning.

However, a historical-ecology investigation conducted in the former consulates of Vicdessos and Siguer, drawing on cross-disciplinary approaches (archives, archaeology, palaeoecology and forest ecology), reveals instead more complex trajectories. Ironmaking activity appears to have been irregular and, at times, marginal. In certain contexts, it may even have acted as a lever for conserving wood resources. The study highlights different forest trajectories in the two valleys, which are linked to management regimes, production intensities and local policies. It also shows that montane forest remained relatively well stocked in the seventeenth century, even as the supply of charcoal diversified its sources. Contrary to popular belief, it was the demographic expansion and intensification of livestock raising in the eighteenth and nineteenth centuries, together with the expansion of farmland and rising domestic demand for wood, that constituted the principal driver of deforestation, leading to the forest minimum of the nineteenth-century.

Thus, the ecological legacy of metallurgy thus appears more ambivalent: while it produced profoundly transformed forest stands, today it has resulted in a mosaic of structures whose capacity to support biodiversity remains highly variable.



# **POSTERS**

# Economie du fer en Bourgogne Franche-Comté pendant l'antiquité : espaces de production et réseaux d'échange / The Iron Economy in Bourgogne–Franche-Comté during Antiquity: Production Areas and Exchange Networks

Valentina Valbi <sup>\*</sup> , Marion Berranger , Marc Leroy , Enrique Vega <sup>1</sup> ,  
Philippe Dillmann

<sup>1</sup> Laboratoire Archéomatériaux et Prévision de l'Altération – CNRS : UMR7065 – France

La zone occupée par l'actuelle Bourgogne-Franche-Comté a certainement joué un rôle de premier plan dans l'économie du fer des sociétés anciennes, comme en témoignent les grands districts sidérurgiques connus. Parmi ceux-ci la Puisaye apparaît comme un centre de production majeur au vu des 2500 amas de déchets de réduction recensés et de la longue durée d'exploitation qui remonte aux premiers âges du Fer et est attestée jusqu'au Moyen âge.

L'objectif du projet TerriFer est de préciser l'importance de la production sidérurgique de manière diachronique, en restituant les flux dans la circulation des matériaux ferreux à travers des analyses de provenance. L'approche est basée sur la définition de la signature chimique des zones d'exploitation (chimie des scories collectées dans les ateliers de réduction), qui est ensuite comparée avec celle des inclusions de scories (IS) piégées dans la matrice métallique des objets en fer. Le grand nombre d'observations et d'éléments chimiques dosés nécessite une approche statistique des données visant à comparer la composition chimique des objets entre eux pour ensuite les confronter à des espaces de production de référence. L'approche proposée combine analyse en composante principale (ACP) et classification ascendante hiérarchique (CAH).

Un corpus de plus de 100 objets cohérent d'un point de vue fonctionnel (demi-produits, chutes de travail, clous) et chronologique a été sélectionné. Ces objets proviennent de sites archéologiques majeurs de la région (Bibracte, Alésia, Autun, Beaune, Sens, Mathay-Mandeure...) ayant pu jouer le rôle de centres économiques. L'ensemble de ces objets en fer constitue un corpus d'ampleur inédite pour appréhender la circulation des métaux à l'échelle régionale.

Sur la base de ces travaux il est à présent possible de restituer de manière plus précise la circulation des matériaux et ainsi les flux d'échanges aux échelles régionale et extra-régionale.

Abstract:

The area occupied by present-day Bourgogne–Franche-Comté certainly played a major role in the iron economy of ancient societies, as evidenced by the large known ironworking districts. Among

---

<sup>\*</sup>Intervenant

them, Puisaye stands out as a major production center, with some 2,500 recorded slag heaps and a long exploitation history that began in the Early Iron Age and continued until the Middle Ages.

The objective of the TerriFer project is to refine our understanding of iron production through a diachronic perspective, by reconstructing the circulation of ferrous materials using provenance analyses. The approach is based on defining the chemical signatures of exploitation areas (through the chemistry of slags collected in smelting workshops), which are then compared with those of slag inclusions (SI) trapped in the metallic matrix of iron objects. The large number of observations and chemical elements analyzed requires a statistical treatment of the data, aimed at comparing the chemical composition of objects with one another and subsequently with reference production areas. The proposed method combines principal component analysis (PCA) and hierarchical cluster analysis (HCA).

A corpus of more than 100 objects-consistent both functionally (semi-finished products, working scraps, nails) and chronologically-was selected. These objects come from major archaeological sites in the region (Bibracte, Alésia, Autun, Beaune, Sens, Mathay-Mandeure, etc.), which may have functioned as economic centers. Taken together, this iron corpus represents an unprecedented dataset for examining the circulation of metals on a regional scale.

On the basis of this work, it is now possible to reconstruct more precisely the circulation of materials and thus the exchange flows at both regional and extra-regional scales.

# Les Côtes de Moselle : un espace de production à forte identité technique / Les Côtes de Moselle : a production area with a strong technical identity

Marc Leroy \* <sup>1</sup>, Paul Merluzzo \*

, Alexandre Disser \*

<sup>1</sup> Laboratoire de Métallurgies et Cultures Institut de Recherches sur les Archéomatériaux - IRAMAT  
(UMR 5060) Musée de l'Histoire du Fer / Laboratoire d'archéologie des métaux (LMC) – CNRS :  
UMR5060 – 1, avenue du général de Gaulle 54140 Jarville-La-Malgrange, France

Alors qu'il semblait admis que le minerai de fer oolithique de Lorraine (Aalénien) n'avait pu être utilisé en sidérurgie ancienne en raison de sa faible teneur en fer (30 % en moyenne) et de sa composition calcique et phosphoreuse, quatre décennies de recherches archéologiques ont permis de démontrer que la *minette* avait non seulement été employée dans le procédé direct avant le 15<sup>e</sup> siècle, mais que cette utilisation était presque exclusive depuis au moins le 5<sup>e</sup> siècle dans toute la Lorraine centrale et septentrionale, alors même que dans cette aire géographique (les plateaux des Côtes de Moselle) un minerai de fer plus riche, appelé *minerai de fer fort*, était tout autant accessible. L'étude archéométrique des scories a démontré que la composition calcique du minerai permettait paradoxalement des rendements en fer substantiel (supérieurs à 50 %), malgré la faible teneur initiale du minerai, moyennant des températures de fonctionnement assez élevées (supérieures à 1350°C).

Tous les sites d'atelier découverts sont datés de la période médiévale. Plusieurs d'entre eux ont fait l'objet de fouilles archéologiques. Les fourneaux mis au jour montrent de fortes similitudes morphologiques et techniques. La restitution que l'on peut faire des conditions de leur fonctionnement répond à des choix opérationnels identiques. Tout évoque un fond technique commun à cette aire géographique qui s'étend sur 100 km du sud au nord depuis la zone de confluence Moselle-Meurthe (bassin de Nancy) jusqu'au bassin de l'Alzette (Grand-Duché de Luxembourg). Son identité se définit à la fois par l'emploi d'un même type de minerai, la *minette lorraine*, fortement marquée par ses caractéristiques de composition chimique et par la maîtrise des conditions opératoires qui lui sont appliquées pour la transformer en fer métallique. Ce fond commun définit ainsi une même aire de savoir-faire techniques.

Au sein de ce fond technique bien caractérisé, des innovations ou des tentatives d'innovation ne sont toutefois pas absentes comme le montre l'un des fourneaux découverts sur un des ateliers de la fin du Moyen Âge, mais dont il reste à saisir la signification.

---

\*Intervenant

Par ailleurs, la signature chimique très particulière de cet espace de production permet de pister la diffusion des produits ferreux, dont on a pu observer qu'ils alimentaient les principaux marchés du fer de l'espace lorrain. Toutes ces données nouvelles réécrivent l'histoire des premiers développements de la sidérurgie lorraine et pour les derniers siècles du Moyen Âge éclairent les informations qui figurent dans les sources textuelles.

#### Abstract :

While it seemed to be accepted that the oolitic iron ore of Lorraine (Aalenian) could not have been used in the bloomery process because of its low iron content (30% on average) and its calcium and phosphorus composition, four decades of archaeological researches have shown that this ore, called "minette", had not only been used in the direct process before the 15th century, but that this use was almost exclusive since at least the 5th century in all central and northern Lorraine, even though in this geographical area (the plateaus of the Côtes de Moselle) a richer iron ore, called "minerai de fer fort", was equally accessible. The archaeometric study of smelting slag showed that the calcium composition of the ore paradoxically allowed substantial iron yields (more than 50%), despite the low initial ore content, at fairly high operating temperatures (greater than 1350°C).

All the workshop sites discovered are dated from the medieval period. Several of them have been the subject of archaeological excavations. The furnaces discovered show strong morphological and technical similarities. The restitution that can be made of their operating conditions responds to identical operational choices. Everything points to a technical background common to this geographical area which spans for 100 km from south to north, from the confluence zone Moselle-Meurthe (basin of Nancy) to the basin of Alzette (Grand Duchy of Luxembourg). This identity is defined both by the use of the same type of ore, the "minette Lorraine", strongly marked by its chemical composition characteristics and by the control of the operating conditions applied to transform it into metallic iron. All these elements define a common area of technical know-how.

Within this well-characterized technical background, innovations or attempts at innovation are not absent as shown by one of the furnaces discovered in one of the workshops of the late Middle Ages, but whose meaning remains yet to be grasped.

In addition, the very specific chemical signature of this production area allows us to track the diffusion of ferrous products, which were observed to provide the main iron markets of the Lorraine region. All these new data rewrite the history of the first developments of the iron industry in Lorraine and for the last centuries of the Middle Ages illuminate the information contained in textual sources.

# Premières données sur les espaces de production de fer brut en Alsace et dans le massif vosgien, de l'Antiquité au Second Moyen Âge / Initial data on raw iron production areas in Alsace and Vosges mountains, from Antiquity to the Late Middle Ages

François Magar \* <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Université de Haute-Alsace (UHA) Mulhouse - Colmar – CRESAT – France

Dans l'histoire de l'Alsace, la métallurgie du fer occupe une place non négligeable, en particulier dans le nord de la région où les maîtres de forges De Dietrich ont fondé leurs premiers établissements à la fin du XVII<sup>e</sup> siècle. La persistance et le développement des entreprises métallurgiques et de construction mécanique ont engendré une véritable culture populaire autour de la sidérurgie. Malgré cela, les activités des périodes antérieures à l'Ancien Régime restent très mal connues. Quelques indices ténus attestent pourtant de l'existence d'activités de réduction directe dans le massif vosgien depuis les années 1990 et les travaux miniers d'exploitation du fer y sont omniprésents. Cette connaissance lacunaire a motivé la conduite d'une thèse en archéologie, afin d'identifier les activités de production de fer brut antérieures à la Guerre de Trente Ans et de les replacer dans le contexte élargi des autres espaces de production. Ces recherches ont abouti à l'établissement d'une chronologie et d'une première caractérisation des différents types de sites, dessinant l'existence d'activités dès le haut Empire, d'une phase bien représentée entre l'Antiquité tardive et l'Epoque mérovingienne et d'une production encore mal connue au Second Moyen Âge. Nous nous proposons de présenter ces résultats sous forme d'un poster, afin de lancer la discussion avec nos lecteurs.

Abstract:

Iron metallurgy plays a significant role in the history of Alsace, particularly in the north of the region where the De Dietrich ironmasters established their first works at the end of the 17th century. The persistence and development of metallurgical and mechanical engineering companies gave rise to a popular tradition centred on steelmaking. Despite this, very little is known about activities prior to the Ancien Régime. However, there are a few faint indications of direct reduction activities in the Vosges mountains since the 1990s, and iron mining is omnipresent there. This lack of knowledge prompted an archaeological thesis to be undertaken in order to identify raw iron production activities prior to the Thirty Years' War and place them in the broader context of other production areas. This research has resulted in the establishment of a chronology and an initial characterisation of the different types of sites, revealing the existence

---

\*Intervenant

of activities from the early Empire onwards, a well-represented phase between late Antiquity and the Merovingian period, and production that is still poorly understood in the late Middle Ages. We propose to present these results in the form of a poster, in order to initiate discussion with our readers.

# Synthèse d'une recherche sur la ventilation naturelle appliquée à la réduction du minerai de fer.

Christophe Colliou \* <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Chercheur indépendant – Sans laboratoire – France

Les travaux sur la réduction directe se sont considérablement développés depuis le début des années 2000. Des questions se sont posées sur le fonctionnement des fours et notamment sur les différentes méthodes plausibles pour amener de l'air dans un bas fourneau. Parmi les propositions envisagées, une idée semblait séduisante : une auto-alimentation en comburant du foyer, sans recourir à un moyen extérieur, mécanique ou autre. Cet article se veut la synthèse d'une dizaine d'années d'expérimentation sur ce thème de la ventilation naturelle. Nous abordons ici les découvertes réalisées lors des essais de divers fours employant ce principe, les conditions nécessaires pour produire du métal et l'importance de la matière première pour la construction de la structure. Il traite également la question de la gestion de la scorie de réduction, ainsi que l'aspect réutilisable de ce type de bas fourneau.

---

\*Intervenant

# Recherche de sites de réduction directe en utilisant la prospection aérienne.

Christophe Colliou \* <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Chercheur indépendant – Sans laboratoire – France

Cet article est tiré d'une recherche universitaire sur la métallurgie ancienne par procédé direct dans le pays de Bray en Haute-Normandie. Lors de ces travaux, nous avons observé de façon récurrente la présence de grandes taches sombres dans les champs labourés qui recèlent des scories. Elles sont diversement marquées et ne présentent pas d'alignement. La couleur différente de la terre est due à une concentration importante de poussière de charbon de bois. Or, ce dernier est le combustible obligé pour la réduction du minerai de fer. Durant les passages sur le terrain, nous avons constaté que ces étendues noirâtres sont souvent invisibles quand on parcourt à pied les sillons, mais qu'elles apparaissent à l'examen depuis un point haut. Pour vérifier si une relation existe entre ces regroupements de charbonnières et l'activité métallurgique, nous avons recherché sur des clichés aériens anciens de l'IGN des champs labourés où ressortent des rassemblements de cercles noirs non alignés. Nous avons mené des prospections pédestres sur 62 parcelles et avons retrouvé des scories de réduction dans 43 cas. Ce résultat atteste du bien-fondé de cette méthode, qui utilise les concentrations de traces sombres pour localiser de façon indirecte des sites de production de fer. Cette étude s'est poursuivie en employant les ressources de Google Earth, les images aériennes d'archives disponibles sur Géoportail, des survols en ULM et dernièrement le recours aux drones. Pour le pays de Bray et ses alentours, cette approche s'est révélée particulièrement fructueuse. Il en ressort un corpus de plus de 400 zones potentiellement liées à l'activité métallurgique et géologiquement pertinentes.

---

\*Intervenant

# Le LiDAR par drone en archéologie : pourquoi, quand et comment ? Bilan opérationnel et méthodologique des levés effectués dans le cadre du projet TerriFer / Drone-based LiDAR in Archaeology: Why, When, and How? Operational and Methodological Assessment of Surveys Conducted within the TerriFer Project

Matthieu Thivet \* <sup>1</sup>, Quentin Verriez \*

<sup>1</sup>, Emmanuel Hamon <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire Chrono-environnement (UMR 6249) – Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Franche-Comté – France

Entre 2022 et 2024, le projet TerriFer a été le théâtre opérationnel d’une importante mission de levé LiDAR aéroportée par drone sur des sites sidérurgiques de Bourgogne-Franche-Comté. Au total, ce sont une trentaine de vols qui ont été effectués, pour une surface totale couvrant plus de 520 hectares. Pourtant, cette surface reste très largement inférieure à la couverture totale des sites sidérurgiques connus et étudiés en BFC. Nous proposons de faire le point sur les problématiques et les choix stratégiques que nous avons opérés durant les deux années du projet, notamment :

- les motivations sur le choix du matériel (drone et capteur) ?
- l’identification des zones de vol : quels compromis entre le potentiel archéologique, l’accès à l’espace aérien et la nature du couvert végétal ;
- la mise en œuvre d’une mission LiDAR aéroportée par drone en archéologie : licences et autorisations, personnel mobilisé, plan de vol (repérage, création), acheminement du matériel ;
- les aspects méthodologiques et facteurs environnementaux à prendre en compte pour le bon déroulement d’une mission.

Abstract:

---

\*Intervenant

Between 2022 and 2024, the TerriFer project served as the operational framework for an extensive drone-based airborne LiDAR survey of ironworking sites in Bourgogne–Franche-Comté. In total, around thirty flights were carried out, covering an area of more than 520 hectares. However, this surface remains far below the total extent of known and studied ironworking sites in the region.

We propose to review the issues and strategic choices made over the two years of the project, in particular:

the motivations behind the choice of equipment (drone and sensor);

the identification of flight zones: compromises between archaeological potential, access to airspace, and vegetation cover;

the implementation of a drone-based airborne LiDAR mission in archaeology: licenses and permits, mobilized personnel, flight planning (scouting, creation), and equipment transport;

the methodological aspects and environmental factors to be considered for the smooth running of a mission.

# Des sites (sidérurgiques) dans les nuages (de point) : Méthodologie et premiers résultats du traitement des données LiDAR du projet TerriFer / Ironworking sites in the (point) clouds: Methodology and preliminary results of LiDAR data processing within the TerriFer project

Quentin Verriez \* <sup>1</sup>, Margaux Herbrich \*

<sup>2</sup>, Matthieu Thivet \*

1

<sup>1</sup> Laboratoire Chrono-environnement (UMR 6249) – Centre National de la Recherche Scientifique, Université de Franche-Comté – France

<sup>2</sup> IRAMAT - Laboratoire Métallurgies et Cultures – Institut de Recherche sur les Archéomatériaux, Institut de Recherche sur les Archéomatériaux : UMR7065 – France

Le projet TerriFer a été l’occasion de rassembler des données LiDAR acquises à la fois par drone (30 vols) et par avion (LiDAR HD IGN, LiDAR Morvan). L’objectif d’une telle collecte était double : levé avec précision des sites sidérurgiques connus mais difficilement accessibles sous couvert forestier ; fournir une source de données inédite pour la reconnaissance de vestiges archéologiques inconnus. Si la technologie LiDAR permet en effet d’effectuer des mesures topographiques précises dans des zones protégées par la végétation, elle produit en contrepartie des lots de données particulièrement volumineux, qui implique des traitements très chronophages avec d’importantes capacités de calcul informatique. Sachant que le cadre d’étude chronologique et géographique du projet comprenait des milliers de sites archéologiques, il était impossible d’envisager un traitement des données LiDAR optimisé au cas par cas. Tout l’enjeu du projet TerriFer a donc été de mettre en œuvre des routines de traitement applicable sur des lots volumineux, étendu et comprenant des contextes variés, afin de proposer les visualisations les plus précises et adaptées à une exploitation archéologique de qualité.

Abstract:

The TerriFer project provided the opportunity to bring together LiDAR datasets acquired both by drone (30 flights) and by aircraft (IGN HD LiDAR). The aim of this acquisition was twofold: to obtain high-precision surveys of known ironworking sites that are otherwise difficult to access under dense forest cover, and to provide a novel dataset for the detection of previously unrecorded

---

\*Intervenant

archaeological features. While LiDAR technology allows for highly accurate topographic measurements in areas concealed by vegetation, it also generates very large datasets that require time-consuming processing and substantial computing capacity. Given that the chronological and geographical scope of the project encompassed several thousand archaeological sites, it was not feasible to apply site-specific, case-by-case LiDAR processing strategies. The central challenge of the TerriFer project was therefore to develop standardized processing routines applicable to large and diverse datasets, in order to produce the most accurate and archaeologically relevant visualizations possible.

# Des vestiges de production de Fer à Suaux (16), détectés lors d'un diagnostic archéologique / Remains of iron production in Suaux (16), detected during an archaeological diagnosis

Maxime Pasquel \* <sup>1</sup>

<sup>1</sup> INRAP – LMC IRAMAT UMR7065 CNRS – France

Le diagnostic réalisé à Suaux (16), en amont de la mise en 2x2 voie de la RN 141, a livré des vestiges de production de fer à la limite entre Limousin et Charente. Les éléments détectés correspondent à des restes de plusieurs bas-fourneaux de différents modules, des amas de scories de réduction (ferrières arasées, et rejets épars), et des rejets de parois de fours entre autres. La présence de nodules de minerai a aussi été constatée à plusieurs endroits de l'opération, et des vestiges semblent correspondre à des structures d'extractions. Cette zone géographique, de contact entre la bordure nord-ouest du Massif Central et le bassin sédimentaire charentais est connue pour ses potentialités en ressources minières (particulièrement en fer). On retrouve ces gisements dans les formations sédimentaires d'âge Tertiaire. A cette époque (de 60 M d'années à nos jours), le territoire de cette région est resté presque intégralement émergé et soumis à une longue période d'altération souvent en climat chaud. Ce contexte géologique a engendré la formation de nombreuses concentrations en fer (sous forme de pisolites et de latérites par exemple). L'exploitation de ces gisements a été proposée au vu des nombreux ferriers connus dans différents secteurs, mais ces éléments n'ont quasiment pas été abordés par l'archéologie et les vestiges détectés durant ce diagnostic ont donc un fort intérêt pour participer à la caractérisation des productions et leurs chronologies. Parmi les vestiges de bas-fourneaux identifiés, on note la présence de différents modules avec des exemples de gabarit plutôt petits, pouvant évoquer les structures rencontrées classiquement durant la protohistoire et/ou l'antiquité, mais également des exemples plus gros avec des cuves d'un diamètre de plus de 1 m, pouvant correspondre plus vraisemblablement à des phases antiques/médiévales et/ou modernes.

Le diagnostic s'étant terminé à la fin juin 2025, les données sont toutes fraîches et manquent de précisions au moment de rédiger ce résumé. Toutefois, d'ici la tenue du colloque en octobre, nous disposerons des retours des observations archéologiques, spatiales et paléométallurgiques ainsi que des analyses chronologiques (Céramique et C14) qui permettront d'aller plus loin dans la présentation des résultats.

Abstract:

The diagnostic survey conducted at Suaux (Charente, department 16), undertaken prior to the

---

\*Intervenant

upgrade of RN141 to a dual carriageway, uncovered evidence of iron production at the boundary between the Limousin and Charente regions. The identified features include remains of several bloomeries (small-scale smelting furnaces) of various sizes, heaps of reduction slag (levelled iron-working dumps and dispersed discharge), and fragments of furnace linings, among other finds. Nodules of iron ore were also recorded at several locations within the project area, and some remains appear to relate to extraction structures.

This geographic zone-at the junction of the northwest edge of the Massif Central and the Charente sedimentary basin-is known for its mineral potential, particularly iron, with these deposits occurring in Tertiary-aged sedimentary formations. During this period (from approximately 60 million years ago to the present), the region remained almost entirely above sea level and underwent prolonged weathering under generally warm climatic conditions. These geological contexts led to the development of numerous iron concentrations, such as pisolites and laterites.

The exploitation of these deposits has been suggested based on the many known iron slag sites in various sectors, yet they have been minimally addressed by archaeology. Therefore, the remains uncovered during this survey are of high significance for understanding production techniques and their chronology. Among the identified bloomery remains, various sizes were noted: some small-scale examples reminiscent of structures typically encountered during the Protohistoric and/or Ancient periods, and larger examples featuring furnaces over 1m in diameter, likely corresponding to Antique, Medieval, and/or Modern phases.

As the diagnostic completed at the end of June 2025, the data remain fresh and lack precision at the time of this summary. However, by the time of the conference in October, we expect to integrate the results from archaeological, spatial, and archaeometallurgical observations, along with chronological analyses (ceramics and radiocarbon dating), allowing a more in-depth presentation of the find

# Metallurgy and Mining in Early Medieval Tuscany: The Case of Miranduolo in the 7th Century

Valenti Marco <sup>1</sup>, La Salvia Vasco \* <sup>2</sup>, Palmas Carla \*

<sup>3</sup>, Petřík Jan <sup>4</sup>

<sup>1</sup> Università degli Studi di Siena = University of Siena – Italie

<sup>2</sup> Università di Chieti = University of Chieti – Italie

<sup>3</sup> Università degli Studi di Roma "La Sapienza" = Sapienza University [Rome] – Italie

<sup>4</sup> Department of Geological Sciences [Brno] – République tchèque

During the 7th century, the site of Miranduolo (Chiusdino, Siena) represents a significant case of an early medieval mining and ironworking settlement, closely linked to the exploitation of local iron resources. Archaeological analysis has revealed a strong connection between the occupation of the site and the presence of mixed sulfide and iron hydroxide mineralizations, which were exploited through a complex and specialized production organization. Stratigraphic and archaeometric evidence demonstrates the use of ore reduction techniques based on slag pit furnaces, with no external tapping of slag. The study of reduction slags, conducted through morphological, microstructural, and chemical analysis, confirms the use of local raw materials and a stable and continuous iron production. These findings contribute to outlining a detailed picture of the economic and technological dynamics of the mining community of Miranduolo, highlighting the strategic role of extractive and metallurgical activities in the organization of labor and the structuring of the early medieval socio-economic landscape.

---

\*Intervenant

# D'où provient le fer d'Autricum ? / Where does Autricum iron come from?

Pascal Gibut \* 1

<sup>1</sup> Ville de Chartres et Chartres Métropole - Direction de l'Archéologie – Ville de Chartres et Chartres Métropole - Direction de l'Archéologie – France

Chartres a connu ces dix dernières années (2012-2022) des opérations d'archéologie préventive (secteurs du Pôle gare dans la vallée des Vauroux et de la rue du Quatorze juillet) qui ont révélé un important patrimoine sur les pratiques de forges dans l'antiquité.

La question de la place du fer dans la cité carnute, abordée dès 1985 avec les découvertes sur le site du " passage Barbou " puis en 1997 sur le site au 53 rue Saint-Brice, redevient une question prégnante devant les volumes de déchets de métallurgie du fer récemment mis au jour (plus de deux tonnes de déchets comprenant scories, battitures et fragments de parois ou tuyères de fours).

Or le secteur carnute n'est pas réputé pour être un district minier comme peuvent en posséder les Cénomans dans la Sarthe, les Eburovices en Normandie, les Sénons dans l'Yonne ou les Bituriges Cubes dans l'Indre et le Cher, pour ne citer que les plus proches.

Alors d'où provient tout ce métal travaillé dans les forges Chartraines ? Telle est la question.

Dans un rayon de 60 km autour de Chartres, la confrontation des indices collectés par l'archéologie préventive avec les différentes ressources connues permettra peut-être d'orienter la réponse essentielle pour la connaissance de l'économie antique et de ses circuits commerciaux.

Ce travail de recherche doit donc s'attacher à mettre en évidence la provenance de ce métal en s'intéressant d'abord aux potentiels de l'espace le plus proche, l'espace nord-carnute. Son étendue a nécessité le montage d'un Programme Collectif de Recherche (PCR) où collaborent conjointement avec le Service archéologique de Chartres métropole, le Service archéologie préventive du Conseil départemental d'Eure-et-Loir et l'Inrap, opérateurs les plus actifs sur ce secteur pour lequel Chartres Métropole intervient seulement en partie centrale.

## Abstract

Over the past ten years (2012-2022), Chartres has undergone preventive archaeology operations (in the areas of the Pôle Gare in the Vallée des Vauroux and Rue du Quatorze juillet) which have revealed significant evidence of ancient ironworks.

The question of the place of iron in the Carnute city, already addressed in 1985 with the discoveries about the site of the "Passage Barbou" and then in 1997 with the site of 53 rue Saint-Brice, becomes a pressing question again in the face of the volumes of iron metallurgy waste recently

---

\*Intervenant

unearthed (more than two tons of waste including slag, scale and fragments of furnace walls or tuyeres).

However, the Carnute sector is not known for being a mining district, unlike the Cénomans in Sarthe, the Ebuovices in Normandy, the Sénons in Yonne or the Bituriges Cubes in Indre and Cher (to name only the closest).

So where did all the metal processed in Chartres' forges come from? That is the question.

Within a 60 km radius around Chartres, the confrontation of the clues collected by preventive archaeology with the various known resources may give us hints as to better understand the ancient economy and its commercial circuits.

This research work must therefore focus on highlighting the origin of this metal by first looking at the potentials of the nearest area - the north-carnute area. Its scope required the setting up of a Collective Research Programme (PCR) in which the Archaeological Service of Chartres Métropole, the Preventive Archaeology Service of the Departmental Council of Eure-et-Loir and INRAP work collaboratively. They are the most active operators in the sector over which Chartres Métropole only intervenes in the central part.

Identification, échantillonnage et  
caractérisation d'ateliers de réduction du  
second âge du fer, en contexte de diagnostic  
archéologique - Les opérations du parc  
agrivoltaïque de Saint-Flovier (Indre-et-Loire),  
2024. / Identification, sampling and  
characterisation of Second Iron Age iron  
smelting workshops, in the context of  
archaeological diagnosis - The operations of  
the Saint-Flovier agrivoltaic park  
(Indre-et-Loire), 2024.

Laureline Cinçon \* <sup>1</sup>, Céline Landreau <sup>1</sup>, Jean-Marie Laruez \*

<sup>1</sup>, Florian Sarreste \*

2,3

<sup>1</sup> Service de l'Archéologie du département d'Indre-et-Loire – Département d'Indre-et-Loire – France

<sup>2</sup> Hellénisation et romanisation dans le monde antique – Université de Poitiers, Université de Poitiers :  
UR15071 – France

<sup>3</sup> EVEHA (Etudes et valorisations archéologiques) – Auneau – France

Un projet d'aménagement d'une centrale agri-photovoltaïque concernant la commune de Saint-Flovier, située au sud-est de la Touraine, a conduit à l'émission de trois prescriptions de diagnostic archéologique par le Service Régional de l'Archéologie, sur une superficie totale d'environ 50 ha. Les trois phases de terrain, d'une surface respective de 17 ha (Z1), 9,8 ha (Z2) et 24 ha (Z3), se sont succédées entre le printemps et l'automne 2024.

Des indices d'une activité sidérurgique (ferriers, toponymes) sont mentionnés de longue date dans ce secteur, situé aux confins des cités des peuples Turons et Bituriges, mais aucune intervention récente n'avait permis jusque-là de caractériser cette activité. D'un point de vue historique, on rappellera également la mention de Jules César, signalant la présence d'importantes mines de fer chez les Bituriges.

---

\*Intervenant

Suite aux observations réalisées lors de la première phase d'intervention, une attention toute particulière a été portée à la détection et à la caractérisation des indices en lien avec une activité sidérurgique. A cette fin, des prospections pédestres systématiques à vue ont été mises en œuvre. Elles ont permis de localiser en surface des concentrations très nettes de déchets et de fragments de parois. Dans un second temps, des prospections archéo-magnétiques ont été réalisées sur ces zones (entreprise AGC), afin d'adapter au mieux la stratégie pour les étapes ultérieures du diagnostic. Ces prospections ont permis de mettre en évidence plusieurs dipôles magnétiques suggérant la présence de différentes structures de combustions (au moins 6) et d'aménagements périphériques, répartis sur les différentes emprises.

Des ouvertures mécaniques ont été réalisées au niveau de trois dipôles magnétiques, attestant de la présence de bas fourneaux à scorie piégée et usage multiple. Les caractéristiques techniques – très homogènes - de ces structures, les déchets sidérurgiques recueillis, ainsi que les datations radiocarbone réalisées sur des charbons de bois sélectionnés, ont permis d'attribuer cette activité au 2nd âge du Fer (La Tène moyenne / La Tène finale). Les tranchées réalisées tout autour confirment l'absence de tout autre aménagements contemporain dans les 50 ha explorés.

Les découvertes réalisées à Saint-Flovier constituent un apport important à la connaissance des modalités d'exploitation du fer en Touraine à l'âge du Fer, et plus globalement dans le Centre de la Gaule. Les données recueillies lors de ces travaux permettent également d'enrichir la documentation relatives aux ateliers de cette période, qui restent encore mal connus à l'échelle nationale.

## **Abstract**

A project to develop an agri-photovoltaic power plant in the municipality of Saint-Flovier, in south-eastern Touraine, led to three archaeological diagnostic, covering a total area of around 50 ha. Several evidences of iron-making activities (iron smelting sites and place names) has long been mentioned in this sector, located on the borders of the *civitates* of the Turones and Bituriges, but no recent work had made it possible to characterise this activity. In historical terms, Julius Caesar also mentioned the presence of large iron mines among the Bituriges. Following the observations made during the first phase of the project, particular attention was paid to detecting and characterising evidence of iron production : systematic field surveys ; archaeo-magnetic surveys (AGC company) ; and mechanical openings. These ones attesting to the presence of at least three iron smelting workshop by bloomery process. Three slag-pit furnaces has been unearthed. They are equipped with a waste extraction pit that allows for reuse.. The highly homogenous technical characteristics of these structures, the siderurgical waste collected, and the radiocarbon dating carried out on selected charcoal, have enabled us to attribute this activity to the 2nd Iron Age (Middle / Final La Tène).

# État de la recherche sur l'artisanat des alliages ferreux dans la moitié sud de la péninsule Ibérique (du IIIe siècle av. notre ère au XIIIe siècle de notre ère) / The state of research into the crafting of ferrous alloys in the southern half of the Iberian Peninsula (3rd century BC to 13th century AD)

Adam Gagneux \* <sup>1</sup>

<sup>1</sup> ARCHEORIENT - Environnements et sociétés de l'Orient ancien – Université Lumière -Lyon 2,  
Université Lumière - Lyon 2 – France

La moitié méridionale de la péninsule ibérique, au sud du système central et de la cordillère ibérique, est particulièrement riche en minerai de fer avec plusieurs districts minéralogiques d'importance comme dans la Sierra Morena, la Sierra Menera ou la Faixa Piritosa. Cependant nous constatons un manque de travaux récents de synthèse sur le sujet de la métallurgie du fer. Les études historiographiques dans la zone ne sont pas diachroniques (Hernández-Casas, 2022 ; Rico, 2005), elles ne permettent donc pas de se rendre compte des importantes disparités des connaissances actuelles sur cet artisanat entre les différentes périodes historiques de la péninsule. Quel est l'état de santé de la paléométallurgie historique du fer dans la moitié sud de la péninsule ibérique ? Pour répondre à cette interrogation, cette communication aura pour objectif de faire un état de la recherche historique et archéologique de l'artisanat du fer du début de la conquête romaine jusqu'au XIIIe siècle de notre ère.

Des recherches pluridisciplinaires sur la métallurgie régionale ont été menées, notamment sur la période ibéro-romaine (Domergue, 1987 & 1990), cependant, pour le Moyen Âge, les rares études synthétiques à notre disposition se concentrent sur les sources textuelles et omettent le volet archéologique (Karlsson, 2000 & 2001). On observe également de grandes disparités documentaires au sein de cet espace. Certaines régions ont bénéficié de quelques études, généralement isolées, comme l'Alentejo et l'Algarve dans la moitié sud du Portugal et dans la province voisine de Huelva en Espagne (Catarino 2008 ; Grangé et Vilhena, 2008 & 2009 ; Pérez Macias, 2008 & 2024 ; Matos *et al.*, 2011) ainsi que l'est de l'Andalousie (Bertrand et Sánchez Viciano, 2008 ; Martín Civantos, 2011). D'autres régions comme l'Estrémadure et la Castille-la-Manche sont bien moins travaillées malgré quelques études archéologiques aux marges de la Castille-la-Manche, à la frontière avec l'Aragon comme dans la Sierra Menera (Fabre *et al.*, 2012 ; Villagordo Ros *et al.*, 2014).

On remarque également dans l'ensemble de la zone géographique un manque d'études prenant en compte l'intégralité de la chaîne opératoire du fer, de l'extraction du minerai à la distribution

---

\*Intervenant

et à la consommation des objets ce qui ne permet pas d'avoir une vision économique claire sur le sujet. C'est par ailleurs dans ce cadre que ma thèse s'insère avec une étude conjointe des activités d'extraction, de réduction et de post-réduction sur plusieurs sites islamiques en Estrémadure et en Castille-la-Manche. Ce bilan des connaissances actuelles permettra de mettre en avant les limites de la discipline dans la région mais aussi d'identifier ses points forts et ses possibles axes de recherches scientifiques.

Abstract:

The southern half of the Iberian Peninsula, to the south of the Central System and the Iberian mountain range, is particularly rich in iron ore, with several important mineralogical districts such as the Sierra Morena, Sierra Menera and Faixa Piritosa. However, there has been a lack of recent synthesis works on the subject of iron metallurgy. Historiographical studies in the area are not diachronic (Hernández-Casas, 2022; Rico, 2005), so they do not make it possible to appreciate the major disparities in current knowledge of this craft between the different historical periods of the Peninsula. What is the state of health of historic iron palaeometallurgy in the southern half of the Iberian Peninsula? To answer this question, the aim of this paper will be to review historical and archaeological research into ironworking from the beginning of the Roman conquest to the thirteenth century AD.

Multi-disciplinary research into regional metallurgy has been carried out, particularly for the Ibero-Roman period (Domergue, 1987 & 1990), but for the Middle Ages, the few synthetic studies available concentrate themselves on textual sources and omit the archaeological aspects (Karlsson, 2000 & 2001). There are also major disparities in the documentation within this area. Some regions, such as the Alentejo and Algarve in the southern half of Portugal and the neighbouring province of Huelva in Spain (Catarino 2008; Grangé and Vilhena, 2008 & 2009; Pérez Macias, 2008 & 2024; Matos et al., 2011) and eastern Andalusia (Bertrand and Sánchez Viciana, 2008; Martín Civantos, 2011), have benefited from a few, generally isolated studies. Other regions, such as Extremadura and Castilla-La Mancha, have received much less attention, despite some archaeological studies on the margins of Castilla-La Mancha, on the border with Aragon in the Sierra Menera (Fabre et al., 2012; Villagordo Ros et al., 2014).

There is also a lack of studies covering the entire iron production chain, from ore extraction to the distribution and consumption of objects, which means that we do not have a clear economic view of the subject. It is in this context that my thesis is being carried out, with a joint study of extraction, reduction and post-reduction activities at several Islamic sites in Extremadura and Castilla-La Mancha. This review of current knowledge will highlight the limits of the discipline in the region, but also identify its strengths and possible directions for scientific investigations.

# Liste des participants

- Alessandro Corretti
- Auge MartÍnez Oscar
- Bauvais Sylvain
- Beaudet Alexandre
- Belhade Lena
- Beyrie Argitxu
- Bonnenfant Jérémy
- Braun Arno
- Chevassu Valentin
- Cinçon Laureline
- Clouin Etienne
- Crausaz Aurélie
- Della Casa Philippe
- Dieudonné-Glad Nadine
- Dillmann Philippe
- Ducatel Nathanaël
- Dufay-Garel Yann
- Filippini Anne
- Franco Pérez Javier
- Gandini Cristina
- Gibut Pascal
- Guinet Eléonore
- Heal Tobias
- Herbrich Margaux
- Hubert Michel

- Jagou Benjamin
- Jeannot Remy
- Karavidovic Tena
- Kato Yuji
- L'héritier Maxime
- Lacroix Solène
- Lambart Ariane
- Laruaz Jean-Marie
- Laurent Hervé
- Laurent Sylvie
- Le Carlier De Veslud Cécile
- Magar François
- Maitte Jeanne
- Mathé Vivien
- Mélo Alain
- Morel Mélissa
- Pagès Gaspard
- Pasquel Maxime
- Perret Sébastien
- Py-Saragaglia Vanessa
- Ricci Giorgia
- Sanseigne Théophile
- Sarreste Florian
- Serneels Vicent
- Tifenn Marc
- Thivet Matthieu
- Valbi Valentina
- Venault Stéphane
- Verriez Quentin
- Yacger Matthieu
- Young Tim