

Zeitschrift: Cahiers d'archéologie romande
Herausgeber: Bibliothèque Historique Vaudoise
Band: 88 (2001)

Artikel: Recherches archéologiques sur le district sidérurgique du Jura central suisse
Autor: Eschenlohr, Ludwig
Rubrik: Résumé = Zusammenfassung = Riassunto = Abstract
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-836114>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 08.03.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

RÉSUMÉ

La recherche présentée dans cet ouvrage aborde l'étude de l'ancienne industrie du fer dans le *Jura central suisse* par une approche pluridisciplinaire (archéologie, anthracologie, palynologie, sédimentologie, chimie, physique, économie, toponymie, sociologie, géographie et histoire). Faisant suite à la fouille de l'atelier mérovingien de *Boécourt, Les Boulies* (Eschenlohr et Serneels 1991), elle porte sur l'ensemble du district sidérurgique dont cet atelier constitue un cas particulier et comble ainsi une lacune évidente qui existait dans cette région à ce sujet depuis les travaux menés par A. Quiquerez au 19^e siècle. Plus de 300 vestiges archéologiques liés à la production de fer ont été repérés au sein de ce qui s'avère être le plus important district sidérurgique médiéval de l'Europe occidentale. Près de 240 relevés topographiques, ainsi que le calcul volumétrique des déchets de 150 sites permettent d'évaluer l'importance économique de cette activité artisanale, qui perdure dans le Jura au-delà du début de l'ère industrielle.

La partie introductive fixe le cadre géographique, justifie la présentation des données par secteurs (au nombre de sept), retrace l'approche méthodologique et décrit l'état de la recherche (chapitre 1). Couvrant une surface de près de 800 km², les recherches menées dans le district sidérurgique jurassien sont fondées sur la prospection, sans que celle-ci ait donné lieu à des fouilles exhaustives sur un site particulier. La localisation de plus de 300 ferriers au cours de cinq d'années d'investigations sur le terrain a été rendue possible grâce au concours d'une équipe dynamique de personnes bénévoles, qui a appuyé l'auteur de l'étude, ainsi que sur la base de documents rassemblés par des prédécesseurs éclairés, notamment A. Quiquerez, adjoint de l'ingénieur des mines du Jura durant la seconde moitié du 19^e siècle, et passionné par l'histoire de cette région.

La quantité et la qualité des ressources naturelles disponibles sont à l'origine du rôle important qu'a joué le district jurassien dans le domaine de la sidérurgie ancienne, du moins durant la période médiévale. Les analyses chimiques du minerai, ainsi que l'étude anthracologique permettent d'entrer dans le vif du sujet (chapitre 2). Comme l'exploitation quasi exclusive d'un seul type de minerai (sidérolithique) est désormais attestée, l'auteur tente de distinguer différentes zones productives à partir de l'analyse de cette matière première. Ce premier examen trouvera un développement dans l'importante étude – actuellement en cours – du hameau mérovingien de Develier-Courtételle (Eschenlohr et al. 1999).

Sur une centaine de sites, la détermination des charbons de bois – complétée par des colonnes palynologiques – a mis en évidence les combustibles choisis par les artisans du Moyen Age, ainsi que l'impact de leurs activités sur le paysage : de façon absolue, le hêtre constitue l'essence largement dominante, suivie de loin par le sapin et dix-sept autres arbres ou arbustes. La présentation détaillée des sites par zones conclut à une sélection volontaire des essences en fonction des ressources naturelles et des impératifs découlant des différentes techniques mises en œuvre. Les relevés polliniques réalisés aux

Franches-Montagnes démontrent clairement l'impact perceptible de l'activité sidérurgique sur le couvert forestier, et ceci depuis le Haut Moyen Age, au-delà des zones primaires de production et de transformation du fer à cette époque (vallée de Delémont, Val Terbi et Grand-Val).

Le chapitre 3 présente brièvement, d'un point de vue technologique, les différents types de vestiges connus dans le *Jura central suisse*, dès les débuts de la méthode directe jusqu'au dernier haut fourneau (de seconde fusion), encore en service à ce jour à Choindez.

Les informations synthétiques ont été tirées du volumineux catalogue présenté en fin de volume ; quelques exemples caractéristiques permettent d'appréhender rapidement les principales caractéristiques de ce district (chapitre 4). La définition d'un type de ferrier à bas fourneau central présente une nouveauté, liée au très bon état de conservation de ces vestiges médiévaux. Six cartes géographiques visualisent les localités à forte concentration de vestiges sidérurgiques.

Les divers apports interdisciplinaires sont ensuite exposés (chapitre 5). Sur la base d'une centaine de sites datés par C14, plusieurs grandes phases de production se distinguent, notamment la période principale (troisième quart du 13^e siècle) qui concerne essentiellement la Courtine de Bellelay et ses alentours. Tout en soulignant l'importance de la sidérurgie aux différentes époques, ces données permettent également de proposer, sous certaines réserves, une datation approximative de certains types de scories. La prospection magnétique de quelques sites révèle la configuration exacte d'ateliers de production, et vérifie par là les observations faites en surface, sans fouille exhaustive ; elle détermine aussi les zones sensibles au sein même des grands complexes sidérurgiques du Grand-Val.

Un important corpus d'analyses chimiques de minerai et de scories, complété par l'étude de quelques pièces métalliques, donne un nouvel éclairage sur l'évolution technologique du procédé de réduction directe à partir de la fin de l'Empire romain. Il confirme l'existence d'une catégorie de déchets scorifiés qui semble particulière au district jurassien et qui comporte des valeurs en oxydes de fer supérieures à celles du minerai régional. L'étude métallographique tend à démontrer que la production d'acier a connu une longue tradition locale. À l'aide des calculs volumétriques de déchets, on peut affirmer que le volume moyen des ferriers jurassiens – à l'exclusion explicite des grands complexes tels que celui de Corcelles – oscille entre 100 et 150 m³. Il est possible de différencier les sites du Haut Moyen Age dont le volume est généralement inférieur à 50 m³ de ceux du Moyen Age dont le volume moyen est supérieur à 150 m³. L'étude toponymique, quant à elle, semble révéler que l'ancienne industrie du fer a été peu à peu supplantée, dans la mémoire collective, par d'autres activités plus récentes (production de chaux et de verre).

L'Age du Fer et l'époque gallo-romaine ne sont – pour l'instant – connus qu'à travers des vestiges témoignant de la postproduction (chapitre 6). En revanche, comparée à l'importance des ferriers durant tout le Moyen Age, la faible quantité d'ateliers

de forgeage appartenant à cette époque est frappante ; mais il s'agit là encore probablement que d'un état de la recherche. Les indices récoltés à *Boécourt*, *Les Boulies* laissent supposer que la première étape technologique d'épuration de l'éponge se déroulait encore sur le lieu de sa production, dans le bas fourneau ou dans ses alentours immédiats.

Enfin, le contexte historique de la sidérurgie jurassienne reçoit un nouvel éclairage grâce à l'ensemble des données inédites rassemblées dans cette thèse (chapitres 7 et 8). Toutes les informations convergent pour démontrer que la plus grande partie des activités liées à la sidérurgie se déroulait au Haut Moyen Age sur les terres de l'abbaye de Moutier-Grandval. Ce monastère semble avoir coordonné presque à lui seul l'exploitation du minerai de fer : on en veut pour preuve la grande concentration de ferriers, ainsi que l'existence de complexes sidérurgiques dans le Grand-Val, dont les dimensions sont sans comparaison en Suisse. L'ancienne industrie du fer connaît toutefois son réel essor dans le Jura durant la période du Plein Moyen Age : presque un tiers de tous les sites datés provient d'un secteur de 80 km², localisé aux abords des Franches-Montagnes et dans le Petit-Val, et se concentre sur un laps de temps assez restreint (environ 150 ans). Il est fort probable que le contrôle et la gestion de cette production d'une ampleur considérable, tout en étant encore basée sur une méthode «archaïque», incombaient à l'abbaye de Bellelay. Son organisation était très élaborée, et aucune autre région en Europe occidentale n'a connu pareille activité sidérurgique selon la méthode directe, durant cette période. D'autres entités de production existaient en parallèle à ce grand centre productif de la Courtine de Bellelay : l'abbaye de Lucelle, qui employait une technologie plus avancée (avec force hydraulique), vraisemblablement importée ; la vallée de Delémont, sous l'égide plus ou moins directe du prince évêque de Bâle, dont la production s'est orientée peu à peu vers cette nouvelle technologie ; et enfin la Prévôté de Saint-Ursanne, dont les ateliers montrent une organisation spatiale particulière – chaque domaine agricole comporte une installation sidérurgique.

Durant la période médiévale, on distingue dans le district jurassien trois principaux types de fourneaux : un bas fourneau avec soufflerie (dont les détails ne sont pas connus), de dimensions nettement supérieures à celles de son prédécesseur du Haut Moyen ge, comme l'indiquent notamment les relevés

topographiques des fourneaux datant de cette période ; un bas fourneau à tirage naturel, avec cheminée inclinée, probablement supérieur en hauteur au modèle du Haut Moyen ge (d'un point de vue archéologique, c'est le modèle le mieux connu pour cette période) ; et enfin, une ferrière à soufflerie actionnée par la force hydraulique, dont l'aspect morphologique est uniquement connu par une illustration d'A. Quiquerez.

Dans le district jurassien, la transition entre le bas fourneau et le haut fourneau, qui s'échelonne sur quelque six siècles, semble attester que la technologie a évolué à une vitesse et selon des stades très variables suivant les régions, les propriétaires, la tradition et les impulsions venues d'ailleurs.

En conclusion, il convient de souligner que la notion de district sidérurgique est tout à fait appropriée à la partie centrale de l'aire géographique que constitue le *Jura central suisse* durant la période du Haut Moyen Age. La signification de cette appellation au cours du Moyen Age doit cependant être nuancée : selon notre analyse, essentiellement basée sur une quantité impressionnante de données archéologiques, on se trouve en effet en présence de plusieurs entités productives exploitées pour le compte de propriétaires différents dans une zone géographique assez restreinte, laquelle correspond à une principauté, donc à une entité politique. Le lien commun à ces différentes zones de production semble être surtout – peut-être même uniquement – l'exploitation de la même matière première dans ladite entité.

Il appartiendra à de futures recherches d'aborder les différents aspects évoqués dans les perspectives de ce travail : la caractérisation des noyaux productifs, basée sur des critères objectifs ; une corrélation plus poussée des données archéologiques avec les sources historiques ; la présentation d'un modèle socio-économique, notamment en ce qui concerne la circulation des produits et les voies de communication. En outre, il importe de récolter encore des informations supplémentaires (à l'aide de fouilles exhaustives de sites choisis), afin de pouvoir coordonner les différentes phases chronologiques, historiques et technologiques, et de postuler une continuité ou émergence sous quelque forme que ce soit.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Forschungsprojekt, welches hier dargestellt wird, handelt von der frühen Eisenerzverhüttung im zentralen Schweizer Jura. Das Thema wird interdisziplinär angegangen und umfasst die Bereiche Archäologie, Holzkohlenanalyse, Pollenanalyse, Sedimentologie, Chemie, Physik, Ökonomie, Flurnamenkunde, Soziologie, Geographie und Geschichte. Die Arbeit schliesst an die Ausgrabung des frühmittelalterlichen Werkplatzes von *Boécourt, Les Boulies* an (Eschenlohr et Serneels 1991). Sie betrifft den gesamten Verhüttungsbezirk, in welchem jener Werkplatz ein Fallbeispiel darstellt und schliesst so eine seit den Arbeiten von A. Quiquerez im 19. Jh. in dieser Region zu diesem Thema bestehende Forschungslücke. Mehr als 300 archäologische Fundstellen mit Bezug zur Eisenherstellung wurden innerhalb dieses wohl wichtigsten Verhüttungsbezirkes im Mittelalter in Westeuropa lokalisiert. Ungefähr 240 topographische Aufnahmen sowie die Berechnung der Abfallmenge an 150 Fundplätzen erlauben es, die wirtschaftliche Bedeutung dieser handwerklichen Aktivität, welche im Jura bis über den Beginn des Industriezeitalters hinaus anhält, abzuschätzen.

In der Einführung wird das Arbeitsgebiet und seine geographische Unterteilung in sieben Sektoren dargelegt, der methodologische Ansatz erläutert und der Forschungsstand beschrieben (Kapitel 1). Die Untersuchungen am jurassischen Verhüttungsbezirk mit einer Fläche von etwa 800 km², basieren fast ausschliesslich auf Geländebegehungen. Kein Fundplatz wurde vollumfänglich ausgegraben. Der Autor dieser Studie wurde im während fünf Jahren durch ein dynamisches Team von freiwilligen Helfern bei den Geländeuntersuchungen unterstützt und konnte so mehr als 300 Verhüttungsplätze lokalisieren. Die von aufgeklärten Vorgängern gesammelte Dokumentation bildet eine wertvolle, zusätzliche Grundlage, insbesondere diejenige von A. Quiquerez, der stellvertretender Bergbauinspektor im Jura in der zweiten Hälfte des 19. Jh. war und den die Geschichte dieser Region begeisterte.

Die bedeutende Rolle, welche der jurassische Hüttenbezirk zumindest im Laufe des Mittelalters spielte, hat ihren Ursprung in der Menge und der Qualität der natürlichen Ressourcen. Anhand chemischer Analysen des Erzes und von Holzkohlenbestimmungen werden die Grundmaterialien auf diesem Gebiet bestimmt (Kapitel 2). Es kann nachgewiesen werden, dass fast ausschliesslich der Abbau auf ein einziges Erz, nämlich Bohnerz, betrieben wird. Der Autor versucht dann anhand von Analysen dieses Rohstoffes verschiedene Produktionsgebiete zu unterscheiden. Diese ersten Erwägungen werden in der Untersuchung des bedeutenden frühmittelalterlichen Weilers von Develier-Courtételle, welche noch im Gange ist, weiter ausgearbeitet werden (Eschenlohr et al. 1999).

Die Artenbestimmung der Holzkohlen von über hundert Fundplätzen, ergänzt durch zwei Pollendiagramme, zeigt die von den Handwerkern des Mittelalters gewählten Brennstoffe auf und weist auf die Auswirkung ihrer Aktivitäten auf die Landschaft hin. Als Brennmaterial überwiegt Buchenholz völ-

lig; mit grossem Abstand folgen Tannenholz und siebzehn andere Baum- oder Straucharten. Die Ergebnisse der Holzartenbestimmung werden detailliert nach Zone vorgestellt; dementsprechend kann nun auf eine bewusste Auswahl der Holzarten je nach natürlichen Ressourcen und den Ansprüchen der angewandten Technik geschlossen werden. Die in den Freibergen durchgeführten Pollenanalysen weisen die spürbare Auswirkung der Verhüttungsaktivität auf den Waldbestand nach. Die Auswirkungen sind ab dem Frühmittelalter spürbar, sogar ausserhalb der Eisenproduktions- und Verarbeitungsgebiete jener Zeit (Delsbergerbecken, Val Terbi und Münstertal).

Das Kapitel 3 stellt konzentriert und aus technischer Sicht die verschiedenen im zentralen Schweizer Jura bekannten Befundtypen der Verhüttungstechnologie vor, vom Beginn der direkten Verhüttung bis zum letzten Hochofen mit zweitem Schmelzen, der in Choindex heute noch in Betrieb steht.

Aus dem umfangreichen Katalog, welcher das Ende des Buches bildet, sind in Kapitel 4 Informationen synthetisch zusammengefasst worden. Typische Beispiele von Verhüttungsplätzen ermöglichen es, schnell die wichtigsten Eigenschaften des Bezirkes zu erfassen. Der sehr gute Erhaltungszustand der mittelalterlichen Befunde erlaubt es, als Neuheit eine Schlackenhalde mit zentralem Rennofen zu definieren. Sechs geographische Karten dokumentieren die Gemeinden mit der stärksten Befunddichte.

In Kapitel 5 folgen die verschiedenen interdisziplinären Beiträge. Anhand von mehr als hundert C14 datierten Fundstellen lassen sich mehrere grosse Produktionsphasen unterscheiden, mit einer Hauptphase im dritten Viertel des 13. Jh., welche vor allem die Courtine von Bellelay und Umgebung betrifft. Diese Daten ermöglichen es, mit gewissen Einschränkungen, eine ungefähre Datierung von bestimmten Schlackentypen vorzuschlagen. Sie unterstreichen gleichzeitig auch die Bedeutung der Eisenindustrie während der verschiedenen Epochen. Die magnetische Prospektion von einigen Plätzen lässt die genaue Anlage dieser Eisenherstellungsplätze erkennen und vertieft so ohne eine ausgedehnte Grabung die an der Oberfläche gemachten Beobachtungen. Diese Methode hat es auch ermöglicht, die aussagekräftigen Zonen der grossen Verhüttungskomplexe im Grand-Val zu bestimmen.

Eine grosse Anzahl chemischer Analysen von Erzen und Schlacken, vervollständigt durch die Untersuchung von einigen Metallstücken, wirft ein neues Licht auf die technologische Entwicklung des direkten Verhüttungsverfahrens ab dem Ende der römischen Epoche. So existiert etwa eine dem jurassischen Bezirk eigene Schlackenkatégorie, welche höhere Eisenoxydwerte aufweist als die regionalen Erze. Die metallographische Untersuchung weist auf eine Tradition in der Stahlherstellung hin. Anhand der Berechnungen des Abfallvolumens lässt sich ein Mittelwert zwischen 100 und 150 m³ für die jurassischen Schlackenplätze postulieren – unter ausdrücklichem Ausschluss der grossen Komplexe von Corcelles. Für frühmittelalterliche Werkplätze liegt das mittlere Volumen in der Regel unter 50 m³, für mittelalterliche steigt es auf über 150 m³ an.

Die Flurnamenforschung scheint auf ein langsames Verdrängen der frühen Eisenindustrie aus dem Kollektivgedächtnis durch andere, neuzeitlichere Aktivitäten hinzuweisen (Kalk- und Glasherstellung).

Die Eisenzeit und die römische Epoche sind bis heute nur durch Verarbeitungsbefunde belegt (Kapitel 6). Im Gegensatz dazu fällt im Mittelalter die geringe Anzahl von Schmieden im Vergleich zu den Verhüttungsplätzen auf. Dies ist vermutlich eine Frage des Forschungsstandes. Die in *Boécourt, Les Boulies* gesammelten Hinweise machen es wahrscheinlich, dass die erste Reinigung des Eisenschwammes noch am Herstellungsort, nämlich im Rennofen oder seiner unmittelbaren Umgebung vor sich geht.

Das historische Umfeld der jurassischen Eisenindustrie wird dank der Zusammenschau der unveröffentlichten Daten, welche in dieser Dissertation vereinigt wurden, neu beleuchtet (Kapitel 7 und 8). Alle vorhandenen Informationen weisen darauf hin, dass sich im Frühmittelalter die mit der Eisenindustrie verbundenen Aktivitäten grösstenteils auf Gütern der Abtei Münster-Grandval abgespielt haben. Dieses Kloster hat vermutlich fast allein den Erzabbau beherrscht: als Beweis können die Anhäufung von Verhüttungsplätzen, sowie die Existenz von Verhüttungskomplexen im Münstertal, die ohne Vergleich in der übrigen Schweiz sind, angeführt werden. Die frühe Eisenindustrie erlebt jedoch ihren wirklichen Durchbruch während des Hochmittelalters: fast ein Drittel der datierten Plätze findet sich auf 80 km² Fläche, am östlichen Rand der Freiberge und im Petit-Val, und konzentriert sich auf eine enge Zeitspanne von etwa 150 Jahren. Die Verwaltung dieser sehr bedeutenden, auf einem «archaischen» Verfahren beruhenden Produktion, erfolgte sehr wahrscheinlich durch die Abtei Bellelay. Die Organisation war hoch entwickelt: zu dieser Zeit kannte keine andere Region Westeuropas eine vergleichbare Verhüttungsaktivität, die noch auf dem direkten Verfahren beruhte. Gleichzeitig dazu bestehen andere Produktionseinheiten: das Kloster von Lützel verwendet eine fortgeschrittenere und vermutlich importierte Technologie (unter Verwendung von Wasserkraft). Im Delsbergerbecken entwickelt sich die Produktion unter der mehr oder weniger direkten Kontrolle des Fürstbischofs von Basel stetig zur neuen Technologie des Hochofens hin, während die Werkplätze der Probstei von Sankt Ursanne eine einzigartige räumliche Anordnung aufweisen – jedes Gehöft hat einen Verhüttungsplatz.

Man unterscheidet im Laufe des Mittelalters im jurassischen Bezirk drei Ofenhaupttypen: ein im Detail unbekannter

Rennofen mit Gebläse, dessen Ausmasse diejenigen seines Vorgängers aus dem Frühmittelalter deutlich übertreffen, dies lässt sich etwa aufgrund der topographischen Aufnahmen der mittelalterlichen Öfen annehmen; ein weiterer Typ ist ein Rennofen mit natürlichem Wind und geneigtem Kamin, der vermutlich höher ist als das frühmittelalterliche Modell (vom archäologischen Standpunkt aus ist dies der am besten bekannte Ofentyp des Mittelalters); und schliesslich gibt es noch einen Ofen, dessen Gebläse mit Wasserkraft betrieben wurde und dessen Aussehen nur durch eine Abbildung von A. Quiquerez bekannt ist.

Im jurassischen Bezirk spielt sich der Übergang vom Renn- zum Hochofen in einem Zeitraum von sechs Jahrhunderten ab. Die technologische Entwicklung erfolgt mit unterschiedlicher Geschwindigkeit und in verschiedenen Stufen, je nach Region, Besitzverhältnissen, Tradition und auswärtigen Einflüssen.

Zum Abschluss muss betont werden, dass der Begriff Verhüttungsbezirk während des Frühmittelalters durchaus an den zentralen Teil des geographischen Raumes des zentralen Schweizer Juras angepasst ist. Während des restlichen Mittelalters muss die Bedeutung dieser Bezeichnung jedoch differenziert werden: die vorliegende Untersuchung, welche sich vor allem auf eine bedeutende Anzahl von archäologischen Quellen abstützt, lässt eher auf das Vorhandensein von mehreren Produktionseinheiten schliessen, die für verschiedene Besitzer tätig waren und dies in einem geographisch sehr eingeschränkten Raum, welcher einem Fürstentum, also einer politischen Einheit, entspricht. Der Abbau des gleichen Rohstoffes in der Region scheint das hauptsächliche, vielleicht sogar einzige, Bindeglied dieser verschiedenen Produktionszonen zu sein.

Verschiedene Aspekte, welche in den Perspektiven angetönt wurden, sind in zukünftigen Forschungen anzugehen: die Bestimmung von Produktionszentren, gestützt auf sachliche Unterscheidungsmerkmale; eine verstärkte Korrelation zwischen archäologischen Daten und historischen Quellen; das Erarbeiten eines sozioökonomischen Modells, insbesondere was den Produktehandel und die Transportwege betrifft. Überdies bedarf es der Sammlung von zusätzlichen Informationen mittels vollständiger Ausgrabungen von ausgewählten Plätzen, damit die verschiedenen zeitlichen, herrschaftlichen und technologischen Phasen zur Übereinstimmung gebracht und über Kontinuität oder Bruch debattiert werden kann.

RIASSUNTO

La ricerca proposta in quest'opera tratta lo studio dell'antica industria del ferro nel Giura centrale svizzero da un punto di vista pluridisciplinare (archeologia, antracologia, palinologia, sedimentologia, chimica, fisica, economia, toponimia, sociologia, geografia e storia).

Scaturita dallo scavo del sito di produzione di ferro merovingio di *Boécourt, Les Boulies* (Eschenlohr et Serneels 1991), essa copre tutto il distretto siderurgico di cui questo sito costituisce un caso particolare, venendo così a colmare la lacuna esistente in questa regione dai lavori condotti da A. Quiquerez nel XIX secolo. Più di 300 siti archeologici collegati alla produzione del ferro sono stati identificati all'interno di quello che si rivela essere il più importante distretto siderurgico medievale dell'Europa occidentale. All'incirca 240 rilievi topografici, così come il calcolo volumetrico dei rifiuti di 150 siti, permettono di valutare l'importanza economica di questa attività artigianale che perdura nel Giura al di là dell'inizio dell'era industriale.

La parte introduttiva definisce la situazione geografica, argomenta la scelta di una presentazione dei dati per settore (in totale sette), ritrae il procedimento metodologico e descrive lo stato della ricerca (capitolo 1). Interessando una superficie di circa 800km², le ricerche condotte nel distretto siderurgico giurassiano sono basate sulla prospezione, mai sfociata però in uno scavo esauriente. La localizzazione di più di 300 depositi di scorie nel corso di cinque anni di indagini sul terreno è stata resa possibile grazie alla collaborazione di un gruppo dinamico di volontari che ha saputo sostenere l'autore di questo studio, ma anche ad una base documentale riunita dai predecessori chiaroveggenti, in particolare A. Quiquerez, assistente dell'ingegnere delle miniere del Giura durante la seconda metà del XIX secolo ed appassionato di storia locale.

La quantità e la qualità delle risorse naturali disponibili sono all'origine dell'importante ruolo svolto dal distretto giurassiano nel campo della siderurgia antica, per lo meno durante l'epoca medievale. Le analisi chimiche del minerale, così come l'antracologia, permettono di entrare nel vivo del soggetto (capitolo 2). Essendo ormai certificato lo sfruttamento quasi esclusivo di un solo tipo di minerale (il siderolitico), l'autore tenta di distinguere differenti zone produttive a partire dall'analisi di questa materia prima. Questo primo esame troverà ulteriore sviluppo nell'importante studio, attualmente in corso, dell'agglomerazione rurale merovingia di Develier-Courtételle (Eschenlohr et al. 1999).

In un centinaio di siti, la determinazione dei carboni di legno, completata da delle colonne palinologiche, ha messo in evidenza i combustibili scelti dagli artigiani del Medioevo, come pure l'impatto delle attività di questi sul paesaggio: in maniera assoluta, il faggio è di gran lunga la specie dominante, seguita lontanamente dall'abete e da altri diciassette alberi o arbusti. La presentazione dettagliata dei siti per settore porta ad una selezione volontaria delle specie in funzione delle risorse naturali e degli imperativi dettati dalle differenti tecniche messe in opera. I rilievi palinologici realizzati nelle Franches-Montagnes mostrano chiaramente l'impatto percettibile dell'attività side-

urgica sul coperto forestale a partire dall'Altomedioevo, al di là delle zone di produzione e di trasformazione del ferro durante quest'epoca (Vallata di Delémont, Val Terbi e Grand-Val).

Il capitolo 3 presenta brevemente, da un punto di vista tecnologico, i differenti tipi di siti conosciuti nel Giura centrale svizzero, dagli esordi del metodo diretto sino all'ultimo altoforno tuttora in servizio à Choindez.

Le informazioni sintetiche sono estratte dal voluminoso catalogo presentato in fondo al volume; alcuni esempi caratteristici permettono di assimilare rapidamente le principali peculiarità di questo distretto (capitolo 4). La definizione di un tipo di deposito di scorie munito di forno centrale rappresenta una novità legata all'ottimo stato di conservazione di questi siti medievali. Sei carte geografiche permettono di visualizzare le località ricche di testimonianze siderurgiche.

Vengono in seguito esposti i diversi contributi interdisciplinari (capitolo 5). Sulla base di un centinaio di siti datati al C14, si possono distinguere diverse grandi fasi di produzione, in particolare il periodo principale (terzo quarto del XIII secolo) che concerne essenzialmente la Courtine di Bellay e i dintorni. Oltre che a sottolineare l'importanza della siderurgia durante le differenti epoche, questi dati permettono di proporre, sebbene con alcune riserve, una datazione approssimativa di certi tipi di scorie. La prospezione magnetica di alcuni siti rivela l'esatta configurazione dei siti di produzione, portando così ad una verifica delle osservazioni fatte in superficie, senza alcuno scavo esauriente; essa determina pure le zone sensibili nei grandi complessi siderurgici del Grand-Val.

Un importante corpus di analisi chimiche di minerale e di scorie, completato dallo studio di alcuni reperti metallici, permette di vedere sotto una nuova luce l'evoluzione tecnologica del processo di riduzione diretta a partire dalla fine dell'Impero romano. Esso conferma l'esistenza di una categoria di scorie che sembra essere caratteristica del distretto giurassiano e che comporta dei valori di ossido di ferro superiori a quelli del minerale regionale. Lo studio metallografico tende a dimostrare che la produzione di acciaio ha conosciuto una lunga tradizione locale. In base ai calcoli volumetrici dei rifiuti si può affermare che il volume medio dei depositi di scorie giurassiani - all'esclusione dei grandi complessi quali quello di Corcelles - oscilla tra 100 e 150m³. E' possibile differenziare i siti dell'Altomedioevo, il cui volume è generalmente inferiore a 50m³, da quelli del Bassomedioevo, il cui volume medio è superiore a 150m³. Dal canto suo, lo studio toponomastico sembra rivelare che l'antica industria del ferro è stata a poco a poco soppiantata, nella memoria collettiva, da altre attività più recenti (produzione di calce e di vetro).

L'Età del Ferro e l'epoca gallo-romana sono per ora conosciute unicamente attraverso i materiali legati alla forgia (capitolo 6). Per contro, paragonata all'importanza dei depositi di scorie durante tutto il Medioevo, la debole quantità di forge appartenenti a quest'epoca è sorprendente; ma ciò sembra una volta di più essere tributario dello stato della ricerca. Gli indizi rac-

colti a *Boécourt*, *Les Boulies* lasciano supporre che la prima tappa tecnologica di depurazione del blumo (spugna di ferro) si svolgeva ancora sul luogo della sua produzione, nel bassofuoco o in prossimità.

Infine, il contesto storico della siderurgia giurassiana riceve nuova luce grazie all'insieme dei dati inediti raccolti in questa tesi (capitoli 7 e 8). Tutte le informazioni convergono nel dimostrare che la maggior parte delle attività legate alla siderurgia si svolgeva, nell'Altomedioevo, sulle terre dell'abbazia di Moutier-Grandval. Questo monastero sembra abbia coordinato praticamente da solo lo sfruttamento del minerale di ferro: prova ne è la grande concentrazione di depositi di scorie, come pure l'esistenza di complessi siderurgici nel Grand-Val, le cui dimensioni non trovano paragone in Svizzera. L'antica industria del ferro conosce malgrado tutto il suo reale sviluppo nel Giura durante il pieno periodo medievale: quasi un terzo di tutti i siti datati provengono da un'area di 80km², localizzata nelle vicinanze delle Franches-Montagnes e nel Petit-Val, e si concentra in un lasso di tempo abbastanza ristretto (circa 150 anni). E molto probabile che il controllo e la gestione di quest'ampia produzione, anche se ancora basata su un metodo "arcaico", incombevano all'abbazia di Bellay. La sua organizzazione era molto elaborata e nessun'altra regione in Europa occidentale ha conosciuto una paragonabile attività siderurgica fondata sul metodo diretto durante questo periodo. Altre unità di produzione esistevano parallelamente a questo grande centro produttivo della Courtine di Bellay: l'abbazia di Lucelle, che impiegava una tecnologia più avanzata (con la forza idrica), verosimilmente importata; la Vallata di Delémont, sotto l'egidio più o meno diretto del principe-vescovo di Basilea, la cui produzione si è orientata a poco a poco verso questa nuova tecnologia; infine la Prevostura di Saint-Ursanne, i cui impianti presentano un'organizzazione spaziale particolare – ogni proprietà agricola comporta un'installazione siderurgica.

Durante il periodo medievale, nel distretto giurassiano si possono distinguere tre tipi di forni: un bassofuoco con mantice (i cui dettagli sono sconosciuti), di dimensioni nettamente superiori a quelle del suo predecessore dell'Altomedioevo, come lo indicano i rilievi topografici dei forni datati di questo periodo; un bassofuoco a ventilazione naturale, con camino

inclinato, probabilmente più alto del modello dell'Altomedioevo (dal punto di vista archeologico trattasi del modello meglio conosciuto per questo periodo). Infine una ferriera con mantice azionato dalla forza idraulica, il cui aspetto morfologico è conosciuto essenzialmente attraverso un'illustrazione di A. Quiquerez.

Nel distretto del Giura, la transizione fra bassofuoco e altoforno, che si effettua in un arco di sei secoli, sembra dimostrare che la tecnologia ha evoluto continuamente e conformemente a degli stadi variabili secondo la regione, i proprietari, la tradizione e gli impulsi esterni.

In conclusione, bisogna sottolineare che la nozione di distretto siderurgico è appropriata alla parte centrale dell'area geografica occupata dal Giura centrale svizzero durante il periodo dell'Altomedioevo. Il significato di questa denominazione nel corso del Basso Medio Evo deve però essere relativizzata: secondo la nostra analisi, basata essenzialmente su una quantità impressionante di dati archeologici, ci si trova in effetti in presenza di più entità produttive sfruttate per conto di proprietari diversi in un'area geografica relativamente ristretta, la quale corrisponde ad un principato, dunque ad un'entità politica. Il punto comune di queste differenti zone di produzione sembra essere soprattutto – forse addirittura unicamente – lo sfruttamento della stessa materia prima all'interno di questa entità.

Sarà compito delle ricerche future considerare i diversi aspetti evocati nelle prospettive di questo lavoro: la caratterizzazione dei centri produttivi, basata su criteri oggettivi; una correlazione più completa dei dati archeologici con le fonti storiche; la presentazione di un modello socio-economico, in particolare per quanto concerne la circolazione dei prodotti e le vie di comunicazione. Inoltre è necessario raccogliere delle informazioni supplementari (con l'aiuto di scavi esaurienti di siti scelti), per coordinare le differenti fasi cronologiche, storiche e tecnologiche, e postulare una continuità oppure una qualsiasi forma di emergenza.

Traduzione Maruska Federici-Schenardi

ABSTRACT

The research project presented here comprises the multidisciplinary study of ancient iron production in the Central Jura region of Switzerland. Apart from the archaeological approach, anthracological, palynological, sedimentological, chemical, physical, economical, toponymical, sociological, geographical and historical analyses were used to gain a better understanding of the subject. Inspired by the excavation of the merovingian workshop discovered at *Boécourt, Les Boulies* (Eschenlohr and Serneels 1991), the project embraces the complete iron-working district within which that site is located. It thus fills an obvious gap in our knowledge of this region, a gap which has opened since A. Quiquerez first investigated this subject in the 19th century. More than 300 archaeological sites were discovered within this iron-working district, making it apparently the most important of its kind in Western Europe. 240 topographical surveys and volumetric calculations of 140 identified slag-heaps rendered the evaluation of the economic importance of this pre-industrial activity possible. It declined only well after the onset of the industrial age.

The introduction (chap. 1) describes the geographic setting, explains why the data is presented by sector (numbering 7), presents the methodology employed in this study and describes the knowledge-base available at its outset. A region of almost 800km² was covered, using mostly field-walking to locate the sites. No extensive excavations were undertaken. Over 300 slag-heaps were discovered during five years of field-work. Without the assistance given to the author by a dynamic group of volunteers and the existence of a documentary base, assembled by A. Quiquerez, assistant mine engineer and fervent antiquary active in the 19th century, and other enlightened predecessors this would not have been possible.

The quantity and quality of the available natural resources were the primary cause of the important role played by the Jura iron-working district during the medieval period. The analyses of ore chemistry and charcoal types presented in chapter 2 allow us to get to the heart of the matter. As it could be demonstrated that only one type of ore was used (siderolitic), the author attempts to distinguish between different production zones on the basis of the analysis of this raw material. This research avenue will be further explored as a part of the Develier-Courtételle merovingian hamlet project, a large multidisciplinary study currently under way (Eschenlohr et al. 1999).

The determination of charcoal samples from a hundred sites – completed by the examination of a series of palynological columns – has revealed what combustibles were used by the medieval iron workers and in what way this activity impacted on the surrounding environment. Beech was by far the preferred firewood, followed by pine and seventeen other tree and bush species. The detailed presentation of the sites zone by zone demonstrates that species were deliberately selected, reflecting both the available natural resources and the different tasks that were to be accomplished. Pollen samples taken in the Franches-Montagnes clearly document the impact of

iron-working activity on the forest cover from the early medieval period onwards, and this at some distance from the contemporary primary iron production and transformation areas (Vallée de Delémont, Val Terbi and Grand-Val).

In chapter 3, a brief technological overview of the type of features found in the Swiss Central Jura region is given, from the beginning of the direct method to the last blast furnace (by second smelting), still in use at Choindez.

Summarised information, extracted from the voluminous catalogue presented at the end of the volume, is used in chapter 4 to convey the principal characteristics of this district by using several typical examples. The definition of a type of slag-heaps with a central bloomery furnace is a novelty, whose discovery was due to the very good state of preservation of such medieval structures. Six maps display the areas containing important concentrations of iron-working features.

The results of various interdisciplinary approaches are presented in chapter 5. The C-14 dating of about a hundred sites has led to the recognition of several extensive phases of production, the principal one (3rd quarter of the 13th century) being mostly restricted to the Courtine de Bellelay and its surroundings. These results do not only underline the importance of iron-working during the different periods, but also allow us to propose (with some reservations) relative dates for certain types of slag. Magnetic surveys of several sites revealed the exact configuration of these production workshops and were able to confirm observations made by surface surveying and without extensive excavations. Particularly interesting zones within the larger iron-working complexes of Grandval could also be identified with this method.

An important body of chemical analyses of ores and slag, completed by the detailed examination of several metallic pieces, was able to reveal much about the technological evolution of the direct reduction process from the end of the roman period onwards. The existence of a distinct slag-type, known only from the Jura region and characterised by iron oxide values superior to those of the ore, could be demonstrated. The metallographic study shows that steel production has a long local history. Through volumetric calculations, the extent of the Jura slag-heaps (with the exception of the larger complexes such as Corcelles) can be shown to vary on average between 100 and 150m³. The early medieval sites are generally distinguished by their smaller size, rarely exceeding 50m³, while the later medieval sites often have volumes surpassing 150m³. The toponymical study indicates that the ancient iron production was gradually supplanted in the collective memory by more recent activities (lime and glass manufacture).

The iron age and roman periods are, for the moment, only represented by post-reduction remains (chapter 6). The relatively small number of medieval forges, compared to the importance of the contemporary slag-heaps, is surprising; this may however only be a product of the current state of research. Observations made at *Boécourt, Les Boulies*, would seem to indicate that the first technological stage of bloom refining

took place within the production workshop, inside the bloomery furnace or in its immediate proximity.

The historical context of the Jurassic iron production has been considerably illuminated by the discoveries presented in this thesis (chapters 7 and 8). Various research avenues converge to demonstrate that iron-working was particularly concentrated on the lands belonging to the monastery of Moutier-Grandval during the early medieval period. At this time, this establishment seems to have largely co-ordinated regional iron-ore exploitation, as the remarkable concentration of slag-heaps and the size of the early medieval iron-working complexes in the Grand-Val area, by far the largest in Switzerland, would indicate. However, the true apex of Jurassic ancient iron production is only reached during the Middle Ages: almost a third of all dated sites were found in a sector covering some 80km², bordering on the Franches-Montagnes and including the Petit-Val. This period of high activity was only of a relatively short duration (ca. 150 years). It is very likely that the control and management of this large-scale production, which still used rather "archaic" means, lay in the hands of the monastery of Bellelay. The organisation of this production was elaborate and no other region of Western Europe seems to have known an equally extensive use of the direct reduction method during this period. Several smaller contemporary production centres were observed in the Jura: the monastery of Lucelle, which used a more advanced and probably imported technology (with hydraulic power); the Vallée de Delémont, more or less under the aegis of the prince-bishop of Basle, where this new technology was gradually introduced; and finally the provostship of Saint-Ursanne, where the workshops were organised in a particular way, each agricultural estate possessing one installation.

Three principal types of furnace are present in the Jura district during the Middle Ages: a bloomery furnace with forced-air system (we do not know the details of its construction) that is substantially larger than its early medieval predecessors, as has been shown by the topographic mapping of several such struc-

tures; a bloomery furnace with natural blowing and a probably inclined chimney (archaeologically better known than the other contemporary types); and finally a furnace with forced-air system driven by hydraulic power, which we know primarily from a drawing made by A. Quiquerez.

Within the Jura district, the transition from bloomery furnace to blast furnace, spread over some six centuries, seems to indicate that technology evolved with varying speed according to region, owner, tradition and external impulses.

It is in conclusion wholly justified to refer to the central part of the Swiss Central Jura region as a iron-working district active during the early medieval period. For the later Middle Ages, this term needs to be qualified: our analysis, founded on an impressive mass of archaeological evidence, indicates that several distinct production centres, owned by different proprietors, can be distinguished. They all lie within a relatively small geographical area which probably corresponds to a principality. Perhaps the only common characteristic of these production centres is the fact that they all exploit the same natural resources within the same political unit.

At the end of this work, possible future research avenues are outlined. Thus, the production centres should be further characterised using objective criteria; further links between the archaeological and the historical sources should be sought; and a socio-economic model covering the circulation of goods and the communication routes needs to be developed. The continued collection of information (for instance through the careful excavation of chosen sites) should be encouraged, so that the links between the different chronological, historical and technological phases can be better understood and we can clearly distinguish between those developments that are completely local in origin and those that were inspired by new impulses coming from outside the region.

Translation Robert Fellner