

Avis de soutenance de thèse

J'ai le plaisir de vous inviter à ma soutenance de thèse portant sur l'**Utilisation des isotopes du fer pour le traçage des métaux anciens : développement méthodologique et applications archéologiques**.

Cette soutenance aura lieu le **lundi 19 décembre à 14h30** en salle Coriolis à l'Observatoire Midi-Pyrénées de Toulouse.

Ce travail de thèse a été effectué au sein des laboratoires GET et TRACES de Toulouse, sous la direction de Franck Poitrasson et Sandrine Baron.

La soutenance sera suivie d'un buffet auquel vous êtes tous conviés.

En espérant vous voir nombreux,

Cordialement,

Jean Milot

Composition du jury:

Philippe Dillmann, Directeur de recherche CNRS, IRIMAT/CEA, Paris (rapporteur)

Béatrice Luais, Chargée de recherche CNRS, CRPG, Nancy (rapporteur)

Sabine Klein, Professeure, Goethe University, Francfort (rapporteur)

Didier Béziat, Professeur, Université Paul Sabatier, Toulouse (examineur)

Christian Rico, Maître de conférences, Université Jean Jaurès, Toulouse (examineur)

Anne-Marie Desaulty, Ingénieure au BRGM, Orléans (examineur)

Franck Poitrasson, Directeur de recherche CNRS, GET, Toulouse (directeur de thèse)

Sandrine Baron, Chargée de recherche, TRACES, Toulouse (co-directrice de thèse)



Résumé :

L'objectif de ce travail de thèse a été de développer l'utilisation des isotopes du fer pour le traçage des métaux anciens, principalement ferreux. Notre approche méthodologique s'est articulée autour de trois axes majeurs. Le premier axe a consisté à étudier l'influence potentielle des processus métallurgiques sur la composition isotopique du fer des métaux produits. Pour cela, nous avons mesuré la composition isotopique du fer d'échantillons issus d'expérimentations de réduction de minerai de fer en bas fourneau, réalisées sur un site sidérurgique majeur de la période romaine (la Montagne Noire, Sud-Ouest de la France). Le second axe a eu pour objectif de valider ce nouveau traceur en mesurant la composition des isotopes du fer de minerais, scories et objets en fer issus d'un contexte archéologique connu et dont la provenance avait déjà été identifiée par des analyses élémentaires. Nous avons alors mesuré la composition des isotopes du fer de barres de fer principalement retrouvées dans des épaves romaines au large des Saintes-Maries-de-la-Mer (Bouches-du-Rhône, France). Enfin, le troisième axe a eu pour vocation d'estimer la pertinence, mais aussi les limites de ce nouvel outil en l'appliquant à deux terrains archéologiques très différents, où aucune étude de traçage classique n'avait été utilisée précédemment. Ces deux terrains concernaient la sidérurgie ancienne au Togo et la production de plomb argentifère médiévale au Maroc.

Les résultats obtenus montrent que la composition isotopique du fer de la scorie et du métal produit est similaire à celle du minerai correspondant. Il n'y a donc pas de fractionnement des isotopes du fer tout au long de la chaîne opératoire de production de fer. De plus, et contrairement à certains traceurs élémentaires, les isotopes du fer ne sont pas contaminés par la paroi du four très pauvre en cet élément durant la réduction. Ceci permet ainsi d'établir des liens de provenance directs entre un objet en fer et un minerai. L'application de cette méthode de traçage à un contexte archéologique déjà largement étudié a permis de valider les hypothèses de provenance d'objets archéologiques. En outre, les isotopes du fer peuvent être plus discriminants que les éléments en trace car ils permettent notamment de différencier des productions de fer temporellement et géographiquement très proches. Le traçage est ainsi affiné. Enfin, nos résultats préliminaires suggèrent que les analyses des isotopes du fer pourraient également être appliquées à l'étude de la production de métaux non ferreux.

Cette étude offre ainsi de nombreuses perspectives, telles que l'étude de la provenance de pièces de musée étant donné la faible quantité de matière nécessaire, l'établissement d'une base de données de composition isotopique du fer de minerais archéologiques et l'élaboration d'une méthode de traçage commune aux métaux ferreux et non ferreux.

Abstract :

The objective of this work was to develop the use of iron isotopes for ancient, essentially ferrous metal tracing. Our methodological approach was based on three major directions. The first one consisted in the assessment of the potential influence of metallurgical processes on iron isotope compositions of the reduction products. For this purpose, we measured the iron isotope composition of materials from experiments of iron ore reduction in bloomery furnace performed in a major site of iron production during the Roman period (Montagne Noire, SW France). The second direction aimed at validating this new tracer through the iron isotope measurement of ores, slags and iron artefact samples from a well-defined archaeological context, and whose provenance was previously investigated by elemental analyses. We thus measured the isotopic composition of iron bars discovered in Roman shipwrecks found offshore Les-Saintes-maries-de-la-Mer (Bouches-du-Rhône, France). Thirdly, we estimated the relevance and limitations of our new tracing approach by applying it to the study of two different archaeological fields, on which no previous provenance study had been performed. These were the ancient iron production from North East Togo and the Medieval lead-silver production in Morocco (Anti Atlas Massif).

The results demonstrate that the isotopic composition of slags and metals produced reflect that of their corresponding ores because no iron isotope fractionation occurs along the entire *chaîne opératoire* of iron production. Moreover, and in contrast to several elemental tracers, iron isotopes are not impacted by iron contribution from the smelting device during the reduction process, which allows to establish provenance links directly between an iron artifact and a specific ore. The application of this tracing method in a well-studied archaeological context has allowed to validate the provenance assumption of several archaeological artifacts. Furthermore, iron isotopes may provide a more discriminative tracer than trace elements because a temporal and geographical distinction is possible between close iron production sites. The tracing is thus more precise. Finally, our results suggest that iron isotope analyses could also be used in the study of non-ferrous metal production.

This work offers many perspectives in provenance studies of museum pieces given the very small amount of material needed, in the setup of a database of iron isotope compositions of archaeological iron ores and the establishment of a common tracing approach for both ferrous and non-ferrous metals.

Adresse et plan d'accès :

Observatoire Midi-Pyrénées, 14 avenue Edouard Belin - 31400 TOULOUSE

