

---



---

# Revue HoPE

---



---

## Reconstitution d'un Processus de Réduction du Minerai de Fer dans le Mandé (Mali)

Bourahima OUEDRAOGO <sup>a†</sup>, Boubacar dit Dèdè TRAORE <sup>b</sup>, Nafogo COULIBALY <sup>b</sup>

a. Faculté d'Histoire et de Géographie / Université des Sciences Sociales et de Gestion de Bamako, Mali

b. Institut des Sciences Humaines, Bamako, Mali

---

### Résumé

Les modestes recherches archéologiques entreprises dans le Mandé sont restées longtemps muettes sur la problématique de l'activité sidérurgique passée. Les connaissances y afférentes étaient basées strictement sur la tradition orale et quelques observations ethnographiques. A partir de 2004, de nombreuses recherches ont été entreprises pour comprendre l'histoire du Mandé et booster le tourisme culturel dans la zone. Dans ce cadre d'importantes données relatives à la production ancienne du fer ont été collectées. Une réduction expérimentale du minerai de fer à Niouma-Makana et les fouilles des restes de deux fourneaux sur le site de Togolo, à proximité du village de Naréna, attestent d'un même procédé direct d'obtention du fer et à induction d'air naturelle. Dans les deux cas, les vestiges liés au dispositif de réduction sont fondamentalement les mêmes. Les différentes phases techniques de réduction dont ils témoignent sont d'une distribution spatiale sans doute plus large et peuvent être datées au moins de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle.

© Revue HOPE, tous droits réservés

**Mots clés : Expérimentation, Fouilles archéologiques, Mandé, Niouma-Makana, Réduction du minerai de fer, Togolo.**

---

### Abstract

The modest archaeological research undertaken in the Mandé region remained silent for a long time on the issue of past iron and steelmaking activities. Knowledge was based strictly on oral tradition and a few ethnographic observations. Since 2004, much research has been undertaken to understand the history of the Mandé and boost cultural tourism in the area. In this context, important data on ancient iron production have been collected. An experimental reduction of iron ore at Niouma-Makana and excavations of the remains of two furnaces at the Togolo site, near the village of Narena, attest to the same direct, natural air-induction process for obtaining iron. In both cases, the remains of the reduction device are basically the same. The various technical phases of reduction to which they bear witness are undoubtedly spatially more widespread and can be dated to at least the end of the 19<sup>th</sup> century.

© Revue HOPE, all right reserved

**Keywords: Experimentation, Archaeological excavations, Mandé, Niouma-Makana, Iron ore reduction, Togolo.**

---

† Auteur correspondant : Bourahima OUEDRAOGO, [elvisbibi2000@yahoo.fr](mailto:elvisbibi2000@yahoo.fr)

Article reçu le : 28/10/2023, Version corrigée reçue le 20/12/2023, Accepté le 23/12/2023.

## 1. Introduction

La production du fer est une technique complexe très tôt maîtrisée en Afrique (Okafor, 2002 ; Quéchon, 1995). Les sociétés africaines l'ont ensuite intégrée dans leur culture technique et ont développé une production suffisamment importante permettant la généralisation de l'utilisation du fer pour la fabrication des armes et des outils de production. Le fer est devenu ainsi l'un des fondements de l'organisation socioéconomique des sociétés africaines, conditionnant les capacités de la production agricole. Aussi le fer joue-t-il un rôle stratégique du point de vue militaire. En toutes circonstances, l'activité sidérurgique a très certainement joué un rôle majeur dans l'avènement et l'extension de l'Empire du Mali. Le Mandé associé au berceau de cet empire (Diakité, 2017 ; Cissé et Kamissoko, 1988) regorge effectivement de sites liés à la production ancienne du fer. Toutefois, la question de cette production du fer dans le Mandé est totalement absente de la littérature archéologique. Celle-ci mentionne davantage l'inventaire de quelques sites, notamment métallurgiques, autour du village de Siby (Ould Issa, 2003), le long du fleuve Niger à la hauteur des latitudes 11°45' à 12°20' (Takezawa et Cissé, 2016) et dans le Baoulé (Héringa et Rimbault, 1986). Les connaissances sur la technologie de la métallurgie ancienne du fer dans le Mandé sont limitées et fondées quasi exclusivement sur la tradition orale (Kanté, 1993 ; Camara, 1992). Les rares écrits sur la question sont les observations à caractère ethnologique de Mungo de Park (1799) et de Louis Archinard (1885). Si Mungo Park décrit précisément une expérience de réduction du minerai de fer qu'il a pu observer lors de son séjour à Kamalé vers la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, les récits d'Archinard à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, touchant divers aspects de la production du fer, ne sont pas toujours précisément localisés. La chaîne opératoire décrite par Camara (1992) à partir d'enquêtes orales et élargie au Mandé n'est sans doute pas la seule de la zone.

Cet article rompt le silence de la littérature archéologique autour de la technologie ancienne du fer dans le Mandé en révélant un procédé de réduction traditionnelle du fer, précisément à partir des fouilles archéologiques et d'un essai expérimental. En paléométallurgie, la réduction se définit comme une étape de la chaîne opératoire au cours de laquelle le minerai de fer est transformé en fer brut (Guemona, 2020 ; Traoré, 2018 ; Kiéthéga, 2009 ; Coulibaly, 2006 ; Fluzin, 2002).

Les recherches à l'origine de cet article sont liées à deux contextes différents. Le volet expérimental s'inscrivait dans le cadre de la collecte de données en février 2004 pour la préparation d'une thèse de doctorat sur le Mandé à l'Université de Paris 1. Marie France Ould Issa était alors la doctorante responsable de ces enquêtes. Les informations archéologiques ont été recueillies en janvier 2022 dans le cadre du programme de recherche pluridisciplinaire de l'Institut des Sciences Humaines du Mali. Le volet archéologique intitulé « *Recherches archéologiques dans le Mandé, une perspective de développement du tourisme dans les environs de Bamako* », est entrepris à partir de 2016. Les deux approches ont révélé plusieurs similarités relatives à l'édification du fourneau. Au nom de ces cohérences matérielles, il paraît raisonnable de supposer une similarité globalement dans la gestion de la réduction proprement dite.

Dans cet article, l'accent est mis sur la phase de réduction de la métallurgie primaire, incluant les techniques d'édification de la structure de combustion. Les activités expérimentales et de fouilles sont présentées séparément avant de tirer quelques enseignements relatifs à l'apport de l'expérimentation à la compréhension des données archéologiques. Quelques remarques méthodologiques s'imposent au préalable

## 2. Méthodologie

Cet article s'appuie essentiellement sur les observations de terrain, les données collectées dans le cadre des fouilles archéologiques et d'expérimentation. Les différentes informations récoltées proviennent d'une zone du Mandé comprises entre les latitudes 12°12' et 13°20' (Figure 1). L'expérimentation a été réalisée dans le village de Niouma-Makana par des métallurgistes originaires du village de Nonkon. Durant tout le processus de la réduction, il n'y a eu aucune injonction des chercheurs. Ces derniers se sont contentés d'observer et de questionner pour des besoins d'éclaircissement, sans être de véritables acteurs. Durant tout le processus, aucun appareillage (par exemple une sonde thermique) n'était disponible.

Les données archéologiques proviennent des fouilles des restes de deux fourneaux du site de Togolo, nord-est du village de Naréna. Ces deux (02) vestiges ont été fouillés dans des périmètres assez restreints soit 2 × 2 m pour l'un (fourneau n°1 : F1) et 3 × 2,5 m pour l'autre (fourneau n°2 : F2). Ces dimensions sont surtout fonction des impératifs de temps, soit du 07 au 12 janvier 2022. Les fouilles ont été conduites par des décapages successifs de 5 à 10 cm. Une berme de 20 cm, orientée nord- sud, permettant d'avoir une paroi autour et à l'intérieur des restes de fourneau a été maintenue. Elle a été démolie en fin de fouilles. Dans les deux cas, les fouilles ont été conduites jusqu'au sol naturel et de manière à préserver l'intégrité des restes de fourneau. Après les relevés des parois et des restes des deux (02) fourneaux, les zones de fouilles ont été remblayées. A ce jour, aucune donnée archéométrique relative à ces fouilles n'est disponible.

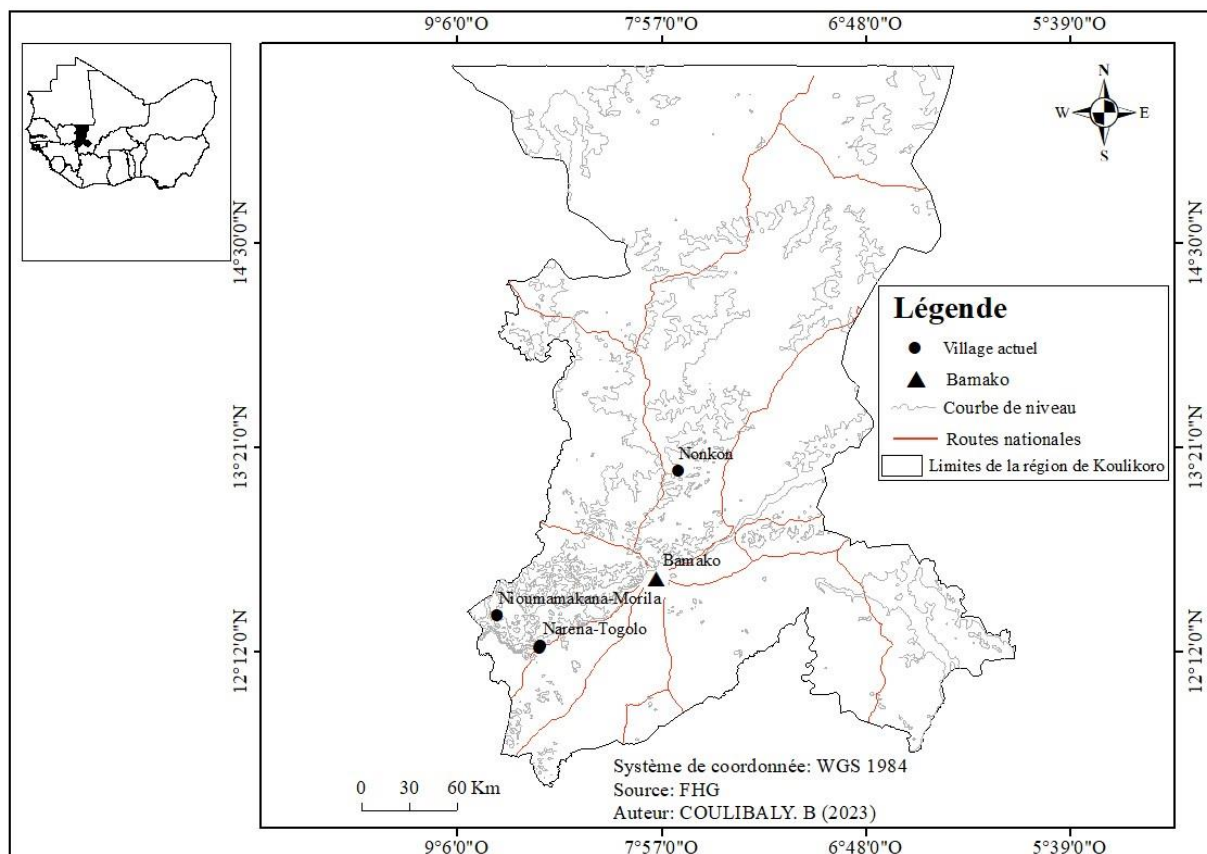


Figure 1: Localisation des sites de Togolo Naréna et des villages de Niouma-Makana et Nonkon

### 3. Synthèse d'une expérimentation de réduction du minerai de fer à Niouma-Makana dans le Mandé

#### 3.1. Contexte, motivations, acteurs

En janvier 2004 une expérimentation de réduction du minerai de fer a été réalisée dans le village de Niouma-Makana, à 10 km de la frontière Mali-Guinée. L'opération a été initiée et suivie scientifiquement par Marie France Ould Issa, alors doctorante à l'Université de Paris 1 Panthéon- Sorbonne ; et Christian Seignobos, géographe à l'Institut pour la Recherche et le Développement (IRD) à Bamako. L'idée de cette expérimentation est née au cours des prospections archéologiques menées dans les environs du village de Siby par Marie France Ould Issa au compte de son mémoire pour le Diplôme d'Etudes Approfondies (DEA). Au cours de ses investigations dans le Mandé, elle a découvert de nombreux vestiges liés à la production traditionnelle du fer. Aussi a-t-elle été renseignée de la présence d'anciens métallurgistes, dans le village de Niouma-Makana, capables de mettre en pratique les savoir ayant généré les vestiges sidérurgiques. C'est à partir de là qu'un accord fut conclu entre l'équipe scientifique (Marie France Ould Issa et Christian Seignobos), les autorités traditionnelles, municipales et les forgerons du village de Niouma-Makana en vue de produire du fer comme cela se faisait au début du XX<sup>e</sup> siècle dans la zone.

Cette expérimentation revêtait plusieurs enjeux. Elle a été commanditée prioritairement pour le compte de la thèse de Marie France Ould Issa. Dans ce cadre, elle visait à appréhender les techniques de réduction du minerai de fer dans le Mandé, telle qu'elle était pratiquée encore dans la 1<sup>ère</sup> moitié du XX<sup>e</sup> siècle. Les initiateurs de l'opération espéraient obtenir aussi une meilleure lecture des vestiges observés en prospection à partir des traces résultant de l'expérimentation. L'expérimentation devait aussi servir les intérêts de l'Association Karamba Touré (AKT) dans le cadre de l'exploration des voies d'un nouveau tourisme dans la zone car cette association a soutenu financièrement les recherches de Marie France Ould Issa dans le Mandé.

Les forgerons du village de Niouma-Makana qui devaient assurer la mise en œuvre pratique du projet, conformément à l'accord, déclinèrent cette responsabilité car, peu assurés de leur savoir de la réduction du minerai de fer. Toutefois, le conseil municipal a pu mobiliser deux métallurgistes du village de Nonkon, à environ 140 km au nord-est de Niouma-Makana (carte n°1), pour la réalisation de la réduction. Ces deux (02) métallurgistes de Nonkon ont été accompagnés de deux (02) forgerons du village de Niouma-Makana dont le chef et un (01) autre du village de Labata. Cette équipe a reçu ponctuellement le concours de trois autres métallurgistes du village de Niouma-Makana.

#### 3.2. Le fourneau et les matières premiers nécessaires à l'opération

La réduction a eu lieu dans un fourneau construit par les métallurgistes de Nonkon. Ce fourneau est d'un aspect globalement différent de ce qui se rencontre sur les sites sidérurgiques du Mandé. Il est tronconique et ses dimensions lui confèrent un aspect massif. En effet, il mesure 1,85 m de haut, 1,80 m de diamètre à la base, 1,20 m de diamètre au sommet avec une ouverture de 0,50 m et 0,40 m d'épaisseur moyenne de la paroi. Le fourneau a été pourvu d'un escalier au sud donnant accès au gueulard. Il est large de 1,60 m à la base et 0,30 m au sommet.

La cheminée est faite avec un mélange de l'argile de termitière macrotermes et de pailles (*Andropogon pseudapricus*) (Camara, 1992). Elle fut construite par une superposition d'une quinzaine d'assises de 0,12 m de haut, montées en quinze jours. L'intérieur du fourneau a été creusé sur une profondeur de 1,20 m. Cette fosse fut remplie d'une terre prélevée à proximité du fourneau, battue à la batte, tamisée et humectée d'eau jusqu'à l'obtention d'une consistance

poudreuse. Cette terre était tassée au fur et à mesure qu'elle était versée dans la fosse. Le métallurgiste y a aménagé un creuset conique de 0,90 m de profondeur (photo n°1).

Ce fourneau compte 10 embrasures dont la porte, orientée vers l'est. Toutes ces ouvertures se situent à 0,45 m de hauteur. Chacune de ces embrasures a accueilli une tuyère, excepté la porte qui en a reçu deux (02). Les tuyères ont été installées en rayon dans les embrasures suivant une inclinaison descendante dans le fourneau d'environ 45° à 50° (photo n°2). Ces événements ont été confectionnés à partir d'un bâton-moule et dans la même argile utilisée pour la construction du fourneau avec plus de pailles. Ces tuyères mesurent 1,20 m de longueur, 0,15 m d'épaisseur pour un diamètre extérieur de 0,13 m et 0,8 m pour l'extrémité plongeante dans le foyer du fourneau.

A l'ouest du fourneau, une fosse profonde de 0,75 m et large d'environ 1,80 m a été aménagée pour l'écoulement des scories. Au-dessus de cette fosse, un exutoire des scories assez étroit a été aussi aménagé à la base du fourneau et sous les tuyères.

Le minerai de fer réduit dans le cadre de cette expérimentation a été prélevé en surface, à quelques kilomètres sur les hauteurs environnant le village de Niouma-Makana. Désigné localement *kabani fedelin*, *nson kaba*, *nèguè bèlè* ou *nson bèlè*, ce minerai fait toujours l'objet de concassage et calibrage sur place (Camara, 1992 ; Archinard, 1885 ; Park, 1799), à la fois pour faciliter son transport avec les paniers mais aussi pour la réussite de la réduction.

Les essences végétales utilisées pour la production du charbon sont *Prosopis africana*, *Terminalia sp*, *Burkea africana*, *Pericopsis laxiflora*. Camara (1992) rapporte également le mélange de charbon de bois de différentes espèces végétales à la suite de ses enquêtes orales dans le Mandé. Toutefois, ce mélange doit présenter une résistance suffisante pour ne pas s'effriter sous le poids de l'empilement minerai/charbon. Le charbon est obtenu par combustion de bois secs ou frais. L'ignition a été arrêtée dans ce cas en y aspergeant de l'eau.

### 3.3. Déroulement pratique du processus de la réduction

#### 3.3.1. Le chargement du fourneau

Les travaux de réduction ont débuté un jeudi, un jour réputé jour des forgerons, jour faste. Au préalable, une séance de divination s'est déroulée non loin de l'espace de réduction, sous l'autorité d'un chasseur. Ceci répond à une volonté des métallurgistes de s'assurer du bon choix du site, du bon déroulement des opérations et qu'aucun des acteurs ne soit sous le coup d'un interdit préjudiciable (Camara, 1992). Comme pour chasser le mal et favoriser le bon déroulement des activités, un poulet blanc fut sacrifié sur l'aire de divination puis ; préparé et consommé par l'ensemble des acteurs.

Avant le versement des charbons et minerais, depuis l'intérieur du fourneau, un métallurgiste s'est assuré de la bonne inclinaison de l'ensemble des tuyères. Toujours depuis l'intérieur, le même métallurgiste tapissa la fosse interne de faisceaux de paille (*Andropogon pseudapricus*) jusqu'à la hauteur de l'arrivée des tuyères. A la fin de ces opérations, il a été hissé hors du fourneau par l'ouverture sommitale. Debout et jambes écartées au-dessus de l'ouverture du fourneau, le métallurgiste jeta successivement un mélange de charbon et de minerai dans les directions est, nord et sud, à l'exclusion de la direction ouest. En procédant à ces rituels de jet, le métallurgiste prononce les formules *kôrôn fè kôndôrôn* (génie de l'est), *kègnèka fè kôdôrôn* (génie du nord), *ba fè kôndôrôn* (génie du sud). Vers l'ouest où il n'y a pas eu de jet de minerai et charbon, il demanda pardon (*tilebi ka hakè to*) car c'est dans cette direction que sortiront les scories en fusion.

Suite à ces rituels d'exorcisation et d'imploration des génies, le métallurgiste commença le chargement du fourneau, dans la position assise avec les jambes écartées au-dessus du gueulard. Il versa dans le fourneau une première charge importante de 364 kg de charbon en 26 paniers (14 kg par panier). Cette première charge de charbon a été suivie d'une charge de 27,30 kg de

minerai accompagnée de poudre d'écorce d'*Anogeissus leiocarpus* pour accélérer la réduction. Après ces premières charges, le fourneau a été alimenté, alternativement, de 28 kg de charbon pour 27,30 kg de minerai. Localement appelé *Kerekete*, le charbon de ce fondant est totalement exclu de la réduction car il produit trop de cendres. Après chaque versement de minerai, puis de charbon, le métallurgiste répartit et égalise la charge avec un bambou, tout en prenant soin de ne pas endommager les tuyères. Le fourneau fut rechargé quatre (04) fois de suite, alternant les mêmes charges de minerai et de charbon.

### 3.3.2. *La mise à feu et la surveillance de la réduction*

Après le chargement complet, le fourneau a été allumé à partir des onze (11) tuyères, à l'aide des graminées *Andropogon caniculatus*, introduites très précautionneusement. La mise à feu a duré une demi-heure environ car il est important que le feu prenne à partir de toutes les tuyères afin d'assurer un feu uniforme sur la périphérie de la fosse à combustion. Lorsque la réduction proprement a démarré, les métallurgistes ont versé dans chacune des tuyères le même fondant qui a accompagné la première charge de minerai.

Durant la réduction, des petites fissures apparaissent et elles sont aussitôt colmatées avec de l'argile prélevée dans le marigot avoisinant l'aire de réduction. Chaque lézarde est colmatée jusqu'à la base du fourneau. Par ailleurs, les métallurgistes vérifient régulièrement et avec beaucoup d'application, à l'aide d'un bâton de bambou, si les tuyères ne sont pas obturées.

Environ 19 h 30 après la mise à feu, un grésillement caractéristique de la fusion du minerai de fer se fait entendre. Aussi, une odeur fétide et douceâtre commence à se dégager. Elle attirera des nuées de mouches vertes qui se plaquent sur le fourneau. Les premières flammes jaillissent du fourneau une heure et demie plus tard, soit 21 h après la mise à feu.

Environ 24 h après la mise à feu, les métallurgistes évacuent la poche de scories formée sous l'éponge de fer. Pour cela, ils percent l'exutoire aménagé au-dessus de la fosse adjacente. Dès que la poche est atteinte, de façon spectaculaire, les scories en fusion se répandent dans la fosse adjacente (photo n°3). Rapidement les métallurgistes les arrosent avec de l'eau pour accélérer leur refroidissement et les évacuent à l'extérieur de la fosse à l'aide d'une pelle et des pinces. L'exutoire est rebouché et la réduction se poursuit. Dans certaines opérations, il peut être rouvert une (01) ou deux (02) autres fois. Le contrôle de la réduction s'effectue à l'oreille. Les jeunes de l'équipe continuent d'humidifier de temps en temps toute la base du fourneau et de colmater les lézardes en cas de nécessité.

### 3.3.3. *L'extraction de l'éponge de fer*

Environ 37 heures après la mise à feu, tout le charbon de bois utilisé a été consommé. La porte du fourneau est ouverte pour amorcer le refroidissement. Les deux apprentis sont chargés de l'extraction de l'éponge de fer. Pour ce faire, ils utilisent une barre à mine et une longue pince (*baran*). La porte est surcreusée de 0,10 m et l'espace y adossé, en léger creux, est régulièrement mouillé. Les vieux ont interdit aux jeunes de toucher à l'intégrité du fourneau qui, dans le passé, était appelé à resservir. Détruire un des éléments fragiliserait l'édifice, qui deviendrait impropre à une nouvelle réduction.

L'éponge incandescente est arrosée avec une vingtaine de litres d'eau. Après avoir détourné l'éponge de fer, les apprentis ont essayé de la dégager en faisant un levier avec des barres à mine introduites dans les ouvertures dégagées des tuyères. Lorsque l'éponge a commencé à bouger, des morceaux de latérite furent glissés par-dessous pour accélérer le refroidissement. A l'aide de la grande pince, ils ont extrait peu à peu des scories agglomérées à l'éponge (photo n°4). L'éponge elle-même a été extraite finalement en cinq (05) blocs sur l'espace devant la porte du fourneau. Les métallurgistes les ont immédiatement épurés, grossièrement, des scories

agglomérées à l'aide de marteaux. Certains fragments considérés comme du fer presque pur, ont été apportés séance tenante à la forge du village. Le reste de l'éponge a fait l'objet d'une autre phase de raffinage.

### 3.4. Résultats

La réduction de minerai de fer expérimentale réalisée dans le village de Niouma-Makana par des métallurgistes bamanan du village de Nonkon a consommé 672 kg de charbon et 300,30 kg de minerai de fer. A l'issue de la réduction, il a été recueilli 62,20 kg de fer et 160,25 kg de scories répartis en 51,60 kg pour la fosse adjacente, 46,65 kg dégagés autour de l'éponge encore à l'intérieur du fourneau et 62 kg après épuration. Les résultats d'une réduction sont sans fonction de plusieurs paramètres notamment la qualité du minerai et du combustible, le processus de la réduction, etc. Par exemple Eric Huysecom (1996, film vidéo, 52 mn) donne, pour une réduction en pays dogon (Mali), les résultats suivants : 300 kg de charbon de *Prosopis africana*, 242 kg de minerai pour une production d'une éponge de "fer doux" de 69 kg. Louis Archinard (1885) rapporte 150 kg de masse métallique pour une opération de réduction dans un fourneau de deux (02) à trois (03) mètres de hauteur. Il ne précise toutefois pas la localité. Les photos 1 à 4 sont relatives à la réduction expérimentale



Photo n° 1 : Aménagement du creuset du fourneau (Photo, Marie France, 06/02/2004)



Photo n°2 : Ajustement des tuyères depuis l'intérieur du fourneau (Photo, Marie France, 06/02/2004)



Photo n°3 : Evacuation de scories en de cours réduction (Photo, Marie France, 07/02/2004)



Photo n°4 : Extraction de l'éponge de fer du fourneau (Photo, Marie France, 08/02/2004)

## **4. Fouilles archéologiques sur le site métallurgique de Togolo à Naréna**

### **4.1. Présentation générale du site et des fourneaux fouillés**

Togolo est l'appellation locale d'un site de réduction du minerai de fer, situé au nord-est du village de Naréna, à environ 2 km (Figure 2). Il se localise très précisément par la longitude 8°37'47" et la latitude 12°14'19". Il a été observé sur ce site les restes d'une cinquantaine de fourneaux, des scories de différentes tailles, des fragments de tuyères. Il a été difficile de dégager une lecture cohérente de l'organisation de ces vestiges à cause des impacts des travaux champêtres. Les restes des fourneaux observés apparaissaient tantôt proches les uns des autres (1 à 3 m), tantôt espacés (plus de 20 m) comme si le site était organisé en plusieurs ateliers de réduction. Les scories étaient dispersées.

L'ensemble de ces vestiges s'étend sur une centaine de mètres environ (nord-ouest/sud-est) le long de la rive droite d'un cours d'eau (Faraban-fara) asséché au moment du passage de l'équipe. Par endroits, ces vestiges sont couverts de longues herbes sèches et jaunissantes, de feuilles mortes et d'arbustes.

Les restes des deux (02) fourneaux fouillés sur ce site se localisent au centre et à l'extrémité est/sud-est, et distants d'environ 50 m. Ils ont été choisis pour les fouilles en raison de leur état

de conservation légèrement meilleur aux autres. Ces deux fourneaux étaient fortement endommagés au niveau des cheminées et avant les fouilles, ils étaient observables sur 0,45 m de haut seulement. Néanmoins, sur cette hauteur, il a été observé que les deux (02) fourneaux étaient ensevelis jusqu'au niveau de l'extrémité supérieure des embrasures. L'objectif de ces fouilles était de caractériser la technique de réduction du minerai de fer opérée sur ce site.

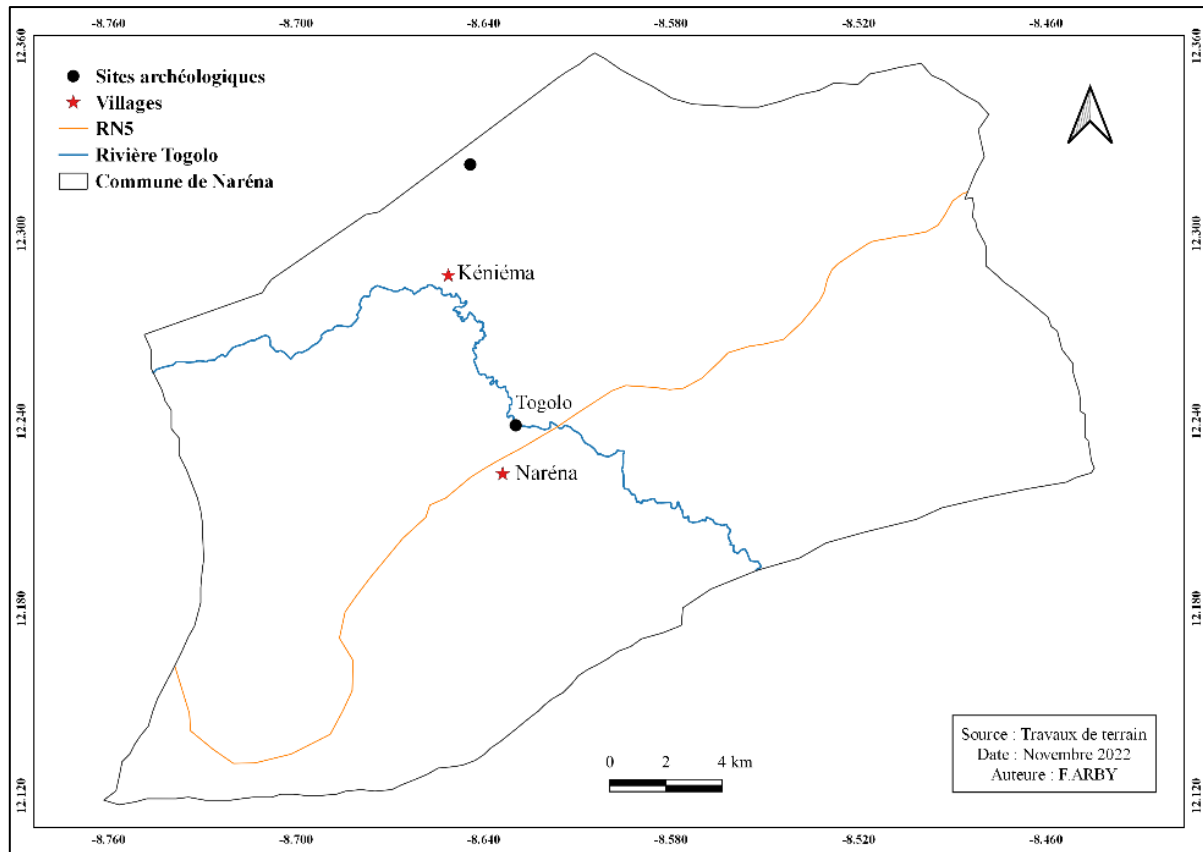


Figure 2 : Localisation du site de Togolo à Narena

#### 4.2. Faits et constatations

Les vestiges mis en évidence à l'issue de ces deux sondages sont assez instructifs quant à l'appréciation des techniques d'édification et de fonctionnement des fourneaux. Ces deux paramètres de la réduction sur le site de Togolo rappellent fortement ceux observés lors de l'expérimentation réalisée dans le village de Niouma-Makana.

En effet, les fouilles ont révélé des fourneaux érigés au-dessus d'une fosse peu profonde, d'environ 0,25 m. Dans chacun des cas, la fosse fut au préalable remplie d'une matière sableuse très fine. Dans ce remplissage, un réceptacle des résidus de la réduction (creuset), de forme conique, a été aménagé jusqu'à la base de la fosse. De cette fosse sous-jacente au fourneau, il a été aménagé un conduit d'évacuation (périodique ou en fin de réduction) des scories liquides vers une autre fosse à l'extérieur ouest du fourneau. Cet exutoire s'étend du sol naturel à la première assise du fourneau en colombin, soit toute la hauteur de la fosse interne (photos n<sup>os</sup> 7 et 8).

La fosse aménagée autour de l'exutoire pour la réception des scories évacuées a été creusée dans le sol qui a accueilli la première assise de fondation du fourneau. Lors des fouilles, elle a été évidée aisément car le comblement, un sédiment sablo- argileux, était peu compact. Des restes de scories encore en place ont été découverts dans les deux (02) fosses.

La cheminée, érigée au-dessus de la fosse interne, est constituée d'une superposition successive de trois éléments. A la base, les métallurgistes ont installé une épaisse couche argileuse, de 20 cm environ, à texture très fine, sur toute la circonférence du fourneau, à l'exception de l'emplacement de la porte principale. Cette base a été surmontée de huit (08) jambages, constituant les piliers du fourneau. Les jambages ont sans doute été confectionnés, séchés ailleurs avant d'être érigés sur la « couche de fondation ». Ces jambages, nettement délimités à l'intérieur du fourneau avec les effets de la réduction et à l'extérieur par les points de jointure, sont tantôt rectilignes, tantôt évasés vers la partie supérieure (photos n° 7 et 8). Ils sont hauts d'environ 50 cm et larges de 10 cm (la base) à 24 cm (sommet).

Ces deux premiers éléments du fourneau, première couche et jambages, ont été édifiés avec de l'argile fine brun-rougeâtre. Cette portion du fourneau est plus épaisse que la partie sus-jacente comme susmentionné. Le fourneau du sud-est permet de comprendre que la portion sommitale, haute d'environ 40 cm, est une superposition de deux rangées de plaques d'argile. Les jointures des plaques et des deux rangées sont reconnaissables par de légers creux et des fissures verticales. Les plaques mesurent environ 0,20 m verticalement et 0,10 à 0,15 m horizontalement.

Les deux fourneaux sont globalement tronconiques. L'exemplaire du sud-est apparaît légèrement massif et allongé (en ellipse) d'est en ouest (photo n°5). La moitié ouest du fourneau du sud-est était préservée sur sa hauteur totale de 1,10 m. Leur diamètre interne à la base se situe autour de 1,15 m. Le diamètre à l'ouverture n'a pu être précisé en raison de l'état de conservation des deux structures. La moyenne de l'épaisseur de la paroi des fourneaux se situe autour de 0,15 m à la base et 0,8 m au niveau du gueulard, à l'exclusion des chappes (internes et externes). Les fourneaux étaient crépis à l'intérieur d'une mince couche de 0,2 m et à l'extérieur d'une couche, moins lisse, de 0,4 à 0,6 m.

Les deux fourneaux étaient munis de sept (07) embrasures plus une porte principale orientée vers l'est. Ces embrasures ont été créées en posant sur les jambages la première rangée de plaques d'argile. Ainsi, en raison de la morphologie des jambages, les embrasures ont pris une forme tantôt rectiligne, tantôt triangulaire (photos n°s 7 et 8). Dans tous les cas, la partie supérieure est apparue arrondie, sans doute suite au crépissage de l'intérieur de ces embrasures d'une mince couche d'argile. Celles-ci sont larges à la base de 0,20 à 0,24 m et vers le sommet de 0,2 à 0,10 m. Elles sont hautes d'environ 0,45 m.

La porte, identifiée pour le fourneau du sud-est, est apparue à la même hauteur que les embrasures. De forme trapézoïdale, elle était large de 0,55 m à la base, 0,45 m à mi-hauteur, 0,16 m au sommet. Elle était haute de 0,50 m. Au niveau des deux fourneaux, une pente descendante à l'intérieur, sous la porte, a été aménagée sur 0,60 m de longueur et environ 0,60 m de largeur (photos n°s 5 et 6). Ce dénivelé fait environ 0,20 m. Cet aménagement a sans doute servi à faciliter l'extraction des résidus de la réduction.

L'ensemble de ces trous, embrasures et porte principale, correspond au réceptacle des tuyères. Le fourneau au centre du site atteste que ces embrasures ont accueilli chacune, au moins, trois (03) tuyères. Les tuyères étaient séparées par une petite glaise. Elles sont apparues bien inclinées de l'extérieur vers l'intérieur, d'environ 45°-50°, visiblement jusqu'au niveau du foyer central. Elles sont épaisses en moyenne de 0,12 m pour un diamètre interne de 5 cm. Les embrasures, après installation des tuyères, ont été lutées avec une glaise grisâtre, distincte de l'argile utilisée dans la confection des jambages ou du crépissage du fourneau.



5

Photo 5 : Vue générale du fourneau n°2  
(Photo, B Ouédraogo), 12/01/2022



6

Photo 6 : Fourneau n°1 montrant culot  
et scories coulées en place (photo B Ouédraogo), 11/01/2022



7

Scories en place



8

Exutoire de scories liquides

Photos n°7 et 8 : Différentes vues du fourneau n°2 de Togolo (Photo, B. Ouédraogo, 12-01-2022)

## 5. Discussion

Concernant le site de Togolo, les enseignements de l'expérimentation à Niouma-Makana peuvent être situés à plusieurs niveaux. Sur le site de Togolo, l'équipe a vite compris le modèle de fourneau à partir des culots et autres scories de coulée externe gisant à la surface du site : les culots de forme tronconique attestent d'un creuset central et les scories coulées externes indiquaient un fourneau avec un dispositif d'évacuation des scories à l'extérieur. Cette expérience à Niouma-Makana aide à mieux comprendre certaines dimensions de la superstructure notamment celles de la porte et de la fosse-réceptacle des scories liquides. En effet, cette porte sert d'accès à l'intérieur du fourneau par un métallurgiste pour préparer la fosse et ajuster les tuyères. La porte sert aussi à extraire l'éponge de fer en fin de réduction. La fosse d'évacuation des scories liquides à l'extérieur est aussi grande pour permettre au métallurgiste de s'y mouvoir, de percer l'exutoire et de ressortir aisément au moment du jaillissement des scories incandescentes.

Par ailleurs, la réduction expérimentale révèle l'importance et la délicatesse de l'aménagement du cône central, à l'intérieur du fourneau difficile à imaginer à partir des seuls vestiges archéologiques. Cette opération est la plus longue des activités autour du fourneau. Elle a consommé trois (03) fois le temps consacré au positionnement des tuyères et six (06) fois le temps utilisé pour charger complètement le fourneau.

L'enquête expérimentale et les résultats des recherches archéologiques attestent d'un même procédé direct d'obtention du fer et à induction d'air naturelle. Dans les deux cas, les vestiges liés au dispositif de réduction sont fondamentalement les mêmes. Les deux méthodes de recherches témoignent donc d'un même processus de réduction, en tenant compte d'éventuelles nuances relevant « *d'une marge de liberté et de décision dès la conception du four* » (Martinelli, 2002). Pour le fourneau archéologique, seules l'expérimentation et la tradition orale collectée dans le Mandé (Camara, 1992) permettent d'imaginer des pratiques accompagnant la réduction et laissant peu ou pas de traces pour les archéologues. Ainsi, en prélude aux opérations de réduction proprement dite, il a très bien pu se passer des consultations divinatoires, des sacrifices purgatoires pour s'assurer de la réussite des opérations ; avec sans doute d'autres précautions (notamment les tabous sexuels). Dans tous les cas, ces rituels entourant la réduction sont toujours puisés dans un fond non islamique.

Le processus de réduction ci-dessus évoqué est sans doute d'une distribution plus large à l'échelle du Mandé, sans toutefois être exclusif (Camara, 1992 ; Archinard, 1885 ; Park, 1799). Les circuits et les mécanismes de diffusion sont à appréhender. D'un point de vue chronologique, ce processus de réduction peut être situé au moins à la fin du 19<sup>e</sup> siècle en se référant aux descriptions données par Archinard aux fourneaux et processus de réduction observés « *dans tout le Soudan, de Niakaléciréa à Kita, qu'on suive le Bakoy ou qu'on passe par le Gangaran, et de Kita à Bammako* » (Archinard, 1885). Selon les traditions orales, les forgerons étaient présents autour du village de Naréna dès ses origines (Kanté, 1991). Une version de ces traditions situe ces origines antérieurement à Soundjata (Kanté, 1991).

D'une manière générale les acteurs liés à la production et à l'exploitation du fer sont désignés dans le Mandé par le mot *Nuumu*. La recherche et l'exploitation du minerai de fer ne sont pas effectuées par tous les *Numu*, mais seulement par une catégorie d'entre eux appelés *gwandonnumu*, les « experts » ou les « forgerons allumeurs de hauts fourneaux », (Camara, 1992, ; Kanté, 1993 ; Ardouin, 1978). Nambala Kanté les a qualifié de « forgerons de pur-sang » (Kanté, 1993). Dans le Mandé, la production du fer n'est pas l'apanage d'un patronyme même si la conscience populaire a tendance à retenir des noms comme Fané, Kanté, Doumbia, etc. (Kanté, 1993). Les deux chefs de la réduction expérimentale portaient

les patronymes Coulibaly et Diabaté. Une des traditions du village de Naréna associe les Coulibaly au travail du fer.

Dans le Mandé, les acteurs de la réduction ne sont pas confinés à la production du fer. En temps normal, la réduction a lieu une fois par an, généralement peu après la saison des pluies (Camara, 1992, ; Ardouin, 1978 ; Archinard, 1885). Ils consacrent la saison des pluies aux travaux champêtres. Outre les activités agricoles, les métallurgistes sont les gardiens du *Komo*, une institution chargée de l'éducation globale (sociale, culturelle, religieuse) de l'enfant après sa circoncision. Grands connaisseurs des plantes, les métallurgistes jouent le rôle de guérisseurs traditionnels. Ils sont magiciens, etc. Ces techniciens et artisans de la société jouent aussi le rôle de médiateurs traditionnels de conflits ; de « *facilitateurs* » ou « *démarcheurs* » de mariage. (Kanté, 1993 ; Kanté, 1991 ; Camara, 1992 ; Bamba et Koné, 2022 ; Tamari, 2012). Dans la stratification sociale mandingue, les acteurs du fer occupent une place intermédiaire, entre les « nobles » et « les captifs et esclaves ». Ils occupent la strate la plus élevée de la classe des *Niamakala*. Ils sont à la fois craints, estimés et méprisés. Tal Tamari propose d'appeler ces groupes sociaux par l'expression de « spécialistes endogames » (Tamari T, 2012).

Selon Caroline Robion, le système de production du fer dans le Mandé est dominé par le « système unitaire » de la classification établie à partir des recherches effectuées au Togo, au Burkina Faso, au Mali et Cameroun. Dans ce système unitaire « *les opérations de réduction et de forge sont assurées par les mêmes acteurs (que nous appellerons alors « fondeurs-forgerons »)* » (Robion, 2012). Cependant, les deux paragraphes précédents du présent article témoignent d'une certaine complexité de la situation. Tous les *Numu* ne sont pas fondeurs. Les métallurgistes (*Gwandonnumu*) produisent le fer et participent aux aspects de la vie sociale et économique, y compris l'exploitation du fer.

## Conclusion

Les recherches en paléométallurgie dans le Mandé sont à leur début. Les données présentées dans les lignes qui précèdent apportent un petit éclairage relatif à un processus de réduction du minerai de fer. Le procédé ainsi mis en évidence est dit direct et à tirage naturel même si un recours ponctuel aux soufflets n'est pas totalement à écarter. Le modèle de fourneau lié à cette réduction se compose de plusieurs fosses et d'une cheminée. A l'issue de la réduction, les scories liquides sont évacuées à l'ouest dans une fosse externe mais attenante au fourneau, par l'intermédiaire d'un exutoire. Le reste des résidus de la réduction (éponge de fer agglomérée de scories) est piégé dans un creuset au centre du fourneau. Cette masse hétérogène est par la suite extraite du fourneau à travers une grande ouverture (la porte) orientée vers l'est. La cheminée est édifiée exclusivement en argile. Elle est munie de tuyères en argile, disposées en auréole à 30 cm du sol et soigneusement inclinées d'environ 45° de l'extérieur vers l'intérieur. En l'état actuel des recherches il est difficile de préciser la quantité de fer produite dans les deux fourneaux archéologiques. Néanmoins, l'aménagement d'un exutoire de scories liquides à la base du fourneau peut être un argument en faveur de la réduction d'importantes quantités de minerai de fer et de charbon. L'évacuation des scories liquides à l'extérieur du fourneau libérant de l'espace, il devient alors possible aux métallurgistes d'ajouter de nouvelles charges de minerai et de charbon. En se référant aux nombreuses couches de crépissage interne, les fourneaux archéologiques semblent avoir été utilisés plus d'une fois. Ce procédé de production du fer dans le Mandé est sans doute antérieur au XX<sup>e</sup> siècle. La distribution spatiale est également sans doute assez large. Outre l'exemple expérimental à Niouma-Makana, Louis Archinard rapporte à la fin du 19<sup>e</sup> siècle un procédé de réduction du minerai de fer dans le Mandé (sans toutefois préciser un site) assez comparable à ce qui est ci-dessus décrit. Si quelques renseignements généraux existaient dans la littérature sur ce procédé de production traditionnelle du fer dans le Mandé, il restait à le mettre en évidence par des recherches archéologiques. Ces données demeurent limitées au regard de l'absence totale d'apports archéométriques, de l'espace restreint fouillé

autour des fourneaux, de la perturbation même du site de Togolo. De nouvelles recherches s'imposent à tous points de vue. Elles devront permettre de mieux caractériser le procédé mis en évidence dans ce texte, de l'inscrire précisément dans une dynamique chrono-spatiale et sociale.

## Références

- Archinard, L. (1885). La fabrication du fer dans le Soudan, in, *Revue d'Ethnographie*, T III, pp. 249-255.
- Ardouin C.D. (1978). La caste des forgerons et son importance dans le soudan Occidental, in, *Etudes Maliennes*, n°24, pp. 1-32.
- Bamba, M., et Koné, S. (2022). Les Noumou, une caste mandé dans la société précoloniale du nord de la côte d'ivoire, XIe-XVIIIe siècles, in, *Akofena*, spécial n°09, Vol.1, pp. 286-297.
- Camara, S. (1992). Les Numun et la métallurgie ancienne du fer au Manden, in, *Etudes Maliennes*, n°46, pp. 5-33.
- Cissé, Y.T., et Kamissoko, W. (1988). *La grande geste du Mali- Dès origines à la fondation de l'empire*. Paris, Karthala- Arsan, 426 p.
- Coulibaly, E. (2006). *Savoirs et savoir-faire des anciens métallurgistes d'Afrique. Procédés et techniques de la sidérurgie directe dans le Bwamu (Burkina Faso et Mali)*, Paris, Karthala, 420 p.
- Diakité, D. (2017). *Kuyatè la force du serment. Aux origines du griot mandingue*. 3e édition, Bamako, La Sahélienne, 195 p.
- Fluzin, P. (2002). La chaîne opératoire en sidérurgie : matériaux archéologiques et procédés. Apport des études métallographiques, in, BOCOUM H. (dir.), *Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique, une ancienneté méconnue. Afrique de l'Ouest et Afrique Centrale*, Paris, UNESCO, pp. 59- 91.
- Guemona, D. (2020). *La paléo-métallurgie dans la région du Guéra (Centre du Tchad): inventaire des sites et essai de caractérisation des traditions sidérurgiques*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse 2, 368 p.
- Héringa, A.C., et Raimbault, M., (1986). Prospection archéologique dans la zone de la boucle du Baoulé (Mali), in, *Etudes Maliennes*, n°38, 109 p + illustrations
- Huysecom, E., (1996). *Inagina, l'ultime maison du fer*. Film vidéo. Genève. Pave. 52 mn.
- Kanté, N. (1993). *Forgerons d'Afrique noire. Transmission des savoirs traditionnels en pays malinké*. Paris, L'Harmattan, 269 p.
- Kanté, N. (1991). L'usage des plantes chez les forgerons malinké, in, *Etudes Africaines*, n°15, pp. 1-33.
- Kiethéga, J.B. (2009). *La métallurgie lourde du fer au Burkina Faso. Une technologie à l'époque précoloniale*. Paris, Karthala, 500 p.
- Martinelli, B. (2002). Au seuil de la métallurgie intensive. Le choix de la combustion lente dans la boucle du Niger (Burkina Faso et Mali), in, BOCOUM H. (dir.), *Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique, une ancienneté méconnue. Afrique de l'Ouest et Afrique Centrale*, Paris, UNESCO, pp. 165- 216.
- Ould Issa, M.F., (2003). *Evaluation archéologique dans la région des monts manding (Mali)*. Mémoire de D.E.A., Université Paris 1- Panthéon- Sorbonne, 108 p.
- Park M, 1799, *Voyage dans l'intérieur de l'Afrique, fait en 1795, 1796, 1797*. T2, traduit de l'anglais par J Castéra. Paris, Dentu, Carteret, p. 376.
- Quéchon, G. (1995). La fin du Néolithique et les débuts de la métallurgie dans le massif de Termit (Niger) : éléments de méthodologie, in, *Milieux, sociétés et archéologies*, pp. 303-312.
- Robion-Bruner, C. (2012). Lecture historique, économique et spatiale de la production sidérurgique : les sites de réduction du village de Wol (pays dogon, Mali), in, Robion- Bruner C, Martinelli B, (éd), *Métallurgie du fer et sociétés africaines. Bilan et nouveaux paradigmes dans la recherche anthropologique et archéologique*, BAR International Séries 2395, pp. 5-31.

- Takezawa, S., et Cissé, T, (2016). Sur les traces des grands empires : recherches archéologiques, in, *Etudes Maliennes*, n° spécial 82, pp. 165-224.
- Tamari, T. (2012) De l'apparition et de l'expansion des groupes de spécialistes endogames en Afrique : essai d'explication, in, Robion- Bruner C, Martinelli B, (éd), *Métallurgie du fer et sociétés africaines. Bilan et nouveaux paradigmes dans la recherche anthropologique et archéologique*, BAR International Series 2395, pp. 5-31.
- Traoré, B.D, (2018). *Recherches de la paléoméallurgie du fer dans le Buwatun (Mali) : approches ethnohistorique, archéologique et technique*. Thèse de doctorat, Université des Sciences Juridiques et Politiques de Bamako (USJPB), 307 p.