

ARCHÉOMÉTALLURGIE DU FER DANS LE MANDÉ (MALI)

Dr Bourahima Ouédraogo

Faculté d'Histoire et de Géographie (Université des Sciences Sociales de Gestion de Bamako)
Mali. E-mail : elvisbibi2000@yahoo.fr

Résumé

La zone du Mandé s'étendant du sud de Bamako aux frontières guinéennes occupe une place de choix dans l'histoire de l'Empire du Mali. Les traditionnistes et historiens entretiennent l'idée selon laquelle cette formation politique s'est développée en s'appuyant sur une production importante de fer ; le fer étant nécessaire à la production des armes indispensables aux conquêtes territoriales et à la fabrication des outils agraires. Cette région abrite de nombreux vestiges témoignant d'activités sidérurgiques anciennes importantes. Malgré cela, cette thématique de production sidérurgique ancienne a suscité peu d'intérêt parmi les archéologues travaillant dans cette zone du Mandé. Avant le début du 21^e siècle, les connaissances sur la question du fer dans le Mandé reposaient principalement sur des sources orales. De cette période à 2022 des campagnes de prospection ont été réalisées par différentes équipes dans la zone. Une réduction expérimentale et une campagne de fouilles archéologiques ont été effectuées aussi dans la zone. Ces différentes recherches ont mis en lumière la grande richesse du Mandé en vestiges archéométallurgiques. Non seulement, ces vestiges ont une large distribution spatiale mais, ils attestent aussi d'une grande variété morphologique des fourneaux. Par ailleurs, les résultats croisés d'une expérimentation de réduction du minerai de fer et des fouilles archéologiques permettent d'appréhender différentes phases d'un processus technique de la réduction du minerai de fer. Ce processus technique est sans doute antérieur au 19^e siècle.

Mots clés : Archéométallurgie du fer, fourneaux, Mandé, réduction, vestiges sidérurgiques

Summary

The Mandé area, stretching from south of Bamako to the Guinean borders, occupies a special place in the history of the Mali Empire. Traditionalists and historians maintain that this political formation developed on the basis of a high level of iron production, iron being necessary for the production of the weapons required for territorial conquests and for the manufacture of farming tools. The region is home to numerous remains that bear witness to major iron and steel production in the past. Despite this, archaeologists working in the Mandé region have shown little interest in the subject of ancient iron production. Before the beginning of the 21st century, knowledge of iron in the Mandé was based mainly on oral sources. From then until 2022, various teams carried out prospecting campaigns in the area. An experimental reduction and an archaeological excavation campaign were also carried out in the area. This research has highlighted the Mandé's wealth of archaeometallurgical remains. Not only do these remains have a wide spatial distribution, but they also attest to the great morphological variety of the furnaces. In addition, the combined results of an iron ore reduction experiment and archaeological excavations reveal the different phases in the technical process of iron ore reduction. This technical process undoubtedly predates the 19th century.

Key words : Iron archaeometallurgy, furnaces, Mandé, reduction, siderurgical remains

INTRODUCTION

La région s'étendant du sud de Bamako aux frontières guinéennes occupe une place historique significative dans l'histoire du Mandé et potentiellement de l'empire du Mali (D Diakité, 2017 ; YT Cissé, W Kamissoko, 1988). Elle abrite de nombreux vestiges témoignant d'activités sidérurgiques anciennes importantes. Malgré cela, cette thématique de production ancienne du fer a suscité peu d'intérêt parmi les archéologues travaillant dans cette zone du Mandé. Avant le début du 21^e siècle, les connaissances sur la question du fer dans le Mandé reposaient principalement sur des sources orales (N Kanté, 1993, 269 p ; S Camara 1992, 1992, pp. 5-33). La littérature produite à partir de cette période mentionne principalement l'inventaire de quelques sites, notamment métallurgiques, autour du village de Siby (MF Ould Issa, 2003, 108 p), le long du fleuve Niger entre les latitudes 11°45' et 12°20' (M Cissé, S Takezawa, D Koné, 2016, pp. 165-224), ainsi que dans le Baoulé (AC Heringa, M Rimbault, 1986, 109 p). Récemment, Ouédraogo et ses collègues ont apporté des éclairages initiaux sur le processus de réduction du minerai de fer en comparant les résultats d'une expérimentation avec ceux des fouilles de vestiges de deux fourneaux (B Ouédraogo, BD Traoré, N Coulibaly, 2023, pp. 60-74). Les recherches de l'Institut des Sciences Humaines (ISH) dans le Mandé pendant cette période restent jusqu'à présent inédites (ISH, 2011, 2019, 2020, 2021, 2022)¹¹. Les données archéologiques concernant la production ancienne du fer dans le Mandé sont donc fragmentaires et dispersées.

L'objectif de cet article est de synthétiser les connaissances actuelles, incluant les informations inédites, sur la production ancienne du fer dans la région du Mandé. Cette analyse permettra d'enrichir les réflexions sur l'organisation socio-politique et économique de la région du Mandé à travers le temps. Après une analyse de la distribution des sites et des vestiges enregistrés, une tentative de reconstitution du processus de production ancienne du fer dans le Mandé est proposée. Les données disponibles révèlent une certaine variabilité des vestiges et des processus techniques.

I. METHODOLOGIE

La recherche des sites s'est appuyée sur les communautés locales. En effet, après de brefs entretiens oraux avec les notabilités des villages, les chercheurs, accompagnés d'au moins une personne de la communauté locale portaient à la reconnaissance des sites existant sur le terroir.

¹¹ L'auteur de l'article a participé à la plupart de ces recherches de l'Institut des Sciences Humaines du Mali.

Ainsi, chaque site découvert a été prospecté et enregistré. L'enregistrement d'un site consistait essentiellement à renseigner la fiche de site préconçue à cet effet. Si les informations intrinsèques d'un site sont enregistrées à partir du site lui-même, les informations extrinsèques sont fournies par les communautés locales. Cette méthode de prospection repose sur le fait que selon laquelle les communautés connaissent bien leur terroir. Néanmoins, elle ne garantit pas toujours un recensement exhaustif des sites pour différentes raisons. Pour essayer de corriger ces lacunes, il a été procédé à un examen des images satellitaires de la zone, via google earth. Cet exercice ne fut pas concluant car aucune anomalie susceptible d'indiquer de nouveaux sites n'a été identifiée. La zone est accidentée, boisée et exploitée pour les travaux agricoles, les activités d'orpaillage.

Outre ces campagnes de prospection, l'article s'appuie également sur la littérature archéologique. Celle-ci fait état d'inventaire dans la zone, des fouilles des vestiges de deux fourneaux de réduction du minerai de fer. Elle documente aussi sur une réduction de minerai de fer expérimentale dans le village de Niouma-Makana par des métallurgistes du village de Nonkon. A ce jour, aucune expertise archéométrique n'a été réalisée sur les vestiges sidérurgiques du Mandé.

II. RESULTATS-DISCUSSION

1. Nature et localisation des sites liés à la métallurgie du fer dans le Mandé

En l'état actuel des recherches archéologiques dans le Mandé, il a été enregistré des vestiges liés à la réduction du minerai de fer, au concassage du minerai de fer et au raffinage de l'éponge de fer issue de la réduction. Ces différents vestiges ont été identifiés quasiment dans le même espace, les uns à proximité des autres. Ces espaces sont appelés ici sites de réduction du minerai de fer, en raison des informations très limitées relatives aux aires de concassage et de raffinage¹². Au total une soixantaine (60) de sites de métallurgie du fer ont été inventoriés dans le Mandé (figure n°1), si l'on ajoute la vingtaine (20) de sites documentés par Héringa et Raimbault dans le Baoulé. Leur état de conservation est très variable en raison des intempéries mais aussi des actions anthropiques (notamment les travaux champêtres). La distribution spatiale de ces sites ne semble pas être une exclusivité d'une morphologie paysagère (MF Ould Issa, 2003, 108 p ; M Cissé, S Takezawa, D Koné, 2016, pp. 165-187 ; AC Héringa, M Raimbault, 1986, 109 p). Les sites de réduction se rencontrent, comme l'a noté M.F. Ould Issa,

¹² Les vestiges relatifs au raffinage et au concassage sont évoqués exclusivement dans le rapport de mission de l'ISH de 2019, dans la commune rurale de Narena.

(2023, p. 54), « aussi bien sur le plateau qu'aux pieds des monts, en vallée ou en plaine ». La seule constance dans les données disponibles est l'installation systématique de ces sites aux abords d'une source d'eau (ruisseau, mare, rivière). Ceci est tout à fait cohérent dans la mesure où l'eau est à la fois l'élément le plus difficile à gérer et est nécessaire à toutes les étapes de l'opération de réduction (confection de la superstructure, des tuyères, éventuelle humidification de la base du fourneau pendant la réduction, refroidissements en fin de réduction, etc.).

Dans le Mandé, les sites de réduction enregistrés sont très généralement en dehors des sites d'habitats anciens (villages), à des distances variables (S Camara, 1992, p. 23 ; L Archinard, 1885, p. 251 ; DC Ardouin, 1978, p 8). Une double lecture peut être faite d'un tel constat. Premièrement, installer les aires de réduction à des distances respectables des villages permet d'éviter les risques d'accident, d'incendies des habitations. Faut-il le rappeler, dans le Mandé, la plupart des maisons étaient construites en matériaux périssables (G Brasseur, 1968, pp. 214-242). Deuxièmement, l'activité métallurgique est caractérisée par de nombreux mystères, tabous, interdits (S Camara, 1992, p. 5-33). Ces considérations culturelles peuvent donc motiver l'implantation de la réduction du minerai de fer hors du village, de la vue de tous. Selon certaines traditions malinkés, rapportées par S Camara, (1992, p. 24) :

« la construction d'un four...nécessite un choix judicieux du lieu d'implantation et du jour pour le début des travaux. En effet l'emplacement n'est choisi par le chef des forgerons qui est chargé d'assumer la direction des cérémonies rituelles et des opérations qu'après une consultation préalable des devins ».

Néanmoins, d'autres raisons peuvent intervenir dans le choix de l'aire de réduction, la proximité de la source du minerai par exemple. Dans le Mandé, les monts sont systématiquement désignés comme lieu de provenance du minerai. Ceci expliquerait, au moins en partie, pourquoi les sites de réduction de la zone ne sont presque jamais très éloignés des hauteurs (MF Ould Issa, 2003, 108 p).

Ainsi, le choix des espaces de réduction semble avoir été dicté par différents paramètres environnementaux, notamment la source d'eau, la proximité des matières premières (minerai, combustible), adossés à des considérations culturelles. Les métallurgistes ont probablement tenu compte également de la gestion difficile des déchets issus de l'opération de réduction.

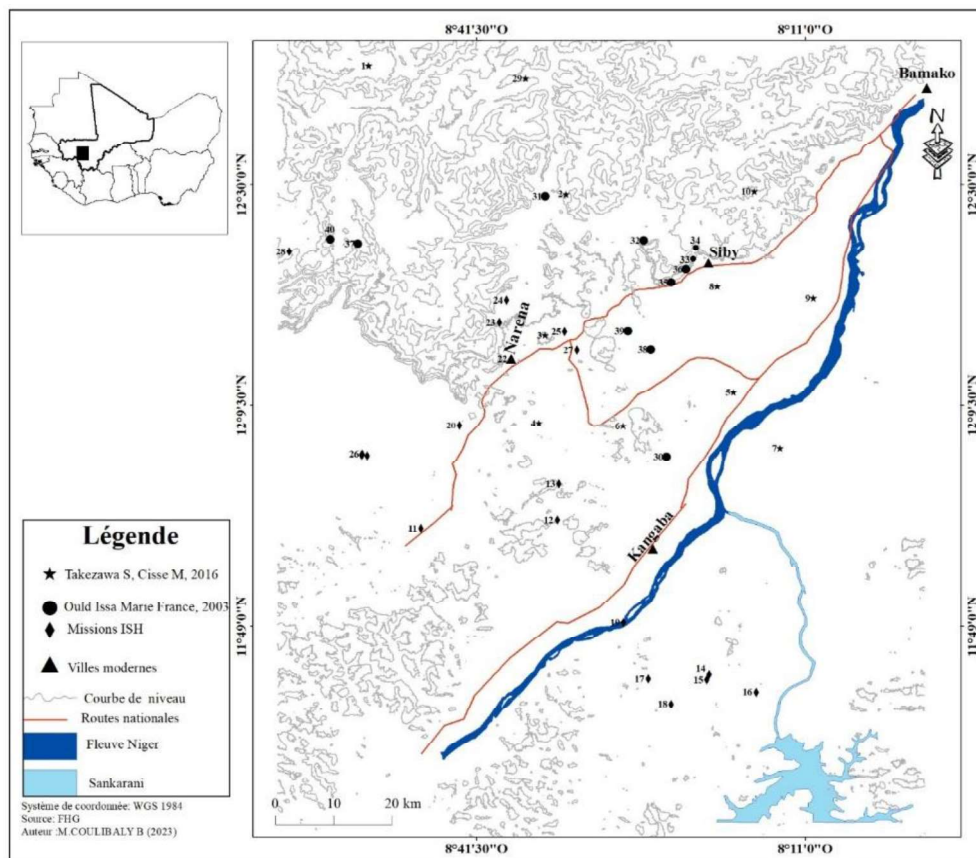
Les sites de Nafadji et de Fasorola, respectivement à 5 km au nord de l'actuel village de Kéniéma et 500 m de l'actuel village de Dogoro, sont deux exemples exceptionnels de présence de fourneau de réduction sur un ancien site d'habitat. La tendance générale observée dans le rapport spatial entre site d'habitat et site de réduction peut inciter à voir en ce constat une

réutilisation d'un ancien site d'habitat pour des fins de réduction. Cependant, des examens approfondis du site sont nécessaires pour déterminer les relations chronologiques entre cette association de site d'habitat ancien et de site de réduction sur les sites de Nafadji et de Fasorola.

A ce jour, aucun site de concassage isolé n'a été identifié dans le Mandé. Les espaces de concassage de minerai de fer enregistrés se localisent sur les sites de réduction, notamment les sites de Morila Kuru à 500 m du village de Balancoumana et Nafadji à 5 km au nord du village de Kéniéma (figure n°2). Les trois ateliers caractéristiques du site de Morila Kuru comportent chacun deux ou trois espaces de concassage en face des fourneaux dont les portes sont orientées nord-est. Sur le site de Nafadji, un seul espace de concassage a été reconnu sur un des deux ateliers de réduction du minerai de fer. Ces exemples des sites de Nafadji et de Morila Kuru semblent exceptionnels car selon la tradition orale, rapportée par S Camara, 1992, p. 23, « Quelque soit son origine, le minerai est d'abord concassé avant d'être transporté sur les lieux de la fonte ». Les espaces de concassage identifiés dans le Mandé correspondent à des petits amas constitués de terre et de rebuts de minerai de fer. Ces amas sont de forme subcirculaire ou allongée et ne dépassent pas 4 m de longueur avec moins de 50 cm de haut. Ils s'accompagnent parfois de quelques scories éparses. Ils se situent à moins de 10 m des fourneaux.

Dans le Mandé, la plupart des sites de réduction sont accompagnés d'espace de raffinage. L'atelier de raffinage partage tantôt le même espace avec l'aire de réduction, tantôt il la jouxte. Ces espaces d'épuration de l'éponge de fer, à étendue variable, sont reconnaissables aux scories caractéristiques, poreuses, sans coulures et généralement en forme de calotte hémisphérique ou plano-convexe (figure n°3). Ces scories attestent du premier stade d'épuration. Une épuration plus poussée a toujours lieu plus tard, généralement au niveau de la forge.

Figure n°1 : Localisation des sites sidérurgiques inventoriés dans le Mandé



2. Nature et organisation des vestiges

Dans le Mandé, les témoins caractéristiques des sites de production traditionnelle du fer se composent principalement de fourneaux (ou restes de fourneaux), de fragments de tuyères et de scories. Comme susmentionné, ces vestiges sont perturbés. C'est pourquoi le chercheur peut aussi bien avoir à faire à des structures complètes présentant seulement quelques fissures comme il peut avoir à faire à des décombres de fourneau associés parfois à des scories. Néanmoins, quelques constats d'ordre général se dégagent.

2.1. Les vestiges de fourneaux de réduction

Les fourneaux du Mandé sont construits en règle générale avec de l'argile soit ordinaire associée aux gravillons de latérites, soit prélevée dans une termitière (S Camara, 1992, p. 24 ; MF Ould Issa, 2003, p. 59). Sur le site de Nafadji, à 5 km au nord du village de Kéniéma, les parois d'un fourneau sont incrustées de scories. Les fourneaux les mieux conservés présentent une morphologie générale tronconique ou à tendance cylindro-ogivale (figures n° 5 à 7). Seuls les trois fourneaux du site de Kotéma (12°29,018' N ; 08°44,772' W), à proximité du village

de Sandama, présentent une forme bi-tronconique avec un évasement de la partie supérieure (figure n°4).

Les dimensions des fourneaux varient d'un site à l'autre et à l'échelle d'un même site. La hauteur moyenne des fourneaux les mieux préservés se situe autour de 1,90 m, le diamètre moyen de 1 m et l'épaisseur moyenne autour de 0,20 m. Ces structures sont munies d'un ensemble de neuf ouvertures. Au sommet du fourneau se trouve un gueulard destiné au chargement en minerai et combustible. A la base des fourneaux sont aménagées sept embrasures (les réceptacles des tuyères) et une ouverture plus large (la porte) pour l'extraction de l'éponge de fer. Cette porte est presque toujours orientée vers l'est. Sur le site de Morila Kuru, à 500 m au nord- est du village de Balancoumana, les portes des fourneaux apparaissent orientées vers le nord- est. Selon L Archinard (1885, p. 250), dans la zone de Kita vers la fin du 19^e siècle, « les portes des fourneaux s'ouvrent au hasard dans une direction quelconque ». Sur un des trois ateliers du site de Morila Kuru, les huit fourneaux enregistrés portent un ensemble de dix ouvertures dont huit pour les embrasures. Seydou Camara évoque des fourneaux de six embrasures, plus la porte et le gueulard, dans le Mandé, sans toutefois préciser la zone concernée (S Camara, 1992, p. 24).

Les sites de réduction du Mandé présentent un nombre de fourneaux variable. Ils comportent rarement plus de dix fourneaux. Seuls les sites d'Ouorona (village d'Ouorona), Nafadji (village de Kéniéma) et Togolo (village de Narena) ont livré respectivement douze, vingt et un et cinquante fourneaux. La question du nombre de fourneaux est à prendre avec précaution compte tenu des perturbations subies par les vestiges des différents sites. D'ailleurs, certains sites de réduction ont été identifiés sur la base de la présence de scories associées à des fragments de tuyères et de fourneaux comme ce fut le cas sur le site de Sibi kôrô, à environ 2 km au nord-ouest/ ouest de l'actuel village de Siby.

La distribution spatiale des fourneaux à l'échelle des sites est très hétérogène. Les fourneaux sont tantôt alignés, tantôt groupés. Ils sont rarement distants les uns des autres de plus de 5 m. Sur certains sites, les fourneaux semblent s'organiser en atelier comme c'est le cas sur les sites de Nafadji, Koungourou, Morila Kuru, Sibi kôrô, Kalassa, Bondanko. Ces ateliers peuvent être distants les uns des autres de 100 m à près de 1000 m.

**Figure n°2 : Espace de concassage au premier plan
(Site de Morila Kuru à Balancoumana)**



(Source, ISH 2019)

**Figure n°3 : Exemple d'espace d'épuration
(Site de Morila Kuru à Balancoumana)**



(Source, ISH 2019)

Figure n°4 à 6 : Exemples de fourneaux du Mandé



(Source, B. Ouédraogo, 2006 pour n°4 et 2022 pour n°5 à 7)

2.2. Les scories

Les scories constituent assurément le type de vestiges le plus récurrent sur les sites de réduction du Mandé. Les scories observées lors des prospections sont assez diversifiées et peuvent être classées en trois catégories : les scories massives (culots), les scories de petites tailles et les scories sablo- argileuses. Les scories massives résultent de l'écoulement et de l'accumulation des déchets de la réduction, moulant une portion ou la totalité du fond du fourneau. Les exemplaires de scories moulées observés sur le terrain du Mandé sont de morphologie globalement circulaire à tronconique (figure n°8). Elles apparaissent assez souvent déchiquetées avec une coloration grisâtre à gris- claire. Elles présentent à leur surface des traits alignés, interprétés comme le signe d'un bourrage végétal du fond du fourneau (MF Ould Issa, 2003, p. 51).

Les scories de petites tailles disséminées sur les sites sont symptomatiques d'un écoulement tantôt à l'intérieur du fourneau, tantôt à l'extérieur du fourneau. Comme le dit D Guemona (2020, p. 109), « Les scories coulées internes sont de petites coulures qui semblent s'être formées à la verticale à l'intérieur du fourneau ». Ces coulures de petites tailles ne semblent pas avoir été au contact du sol à l'état liquide. Elles ont une morphologie de bâtonnet aux contours arrondis. Elles sont homogènes, denses, de coloration à tendance grisâtre. Sur les sites du Mandé, d'autres coulures de petite taille témoignent d'un écoulement de scories liquides à l'extérieur du fourneau. La partie supérieure de ces scories se caractérise par des coulures en cordons ou des accumulations de coulures superposées ou des écoulements en forme de plaques (D Guemona, 2020, p. 107). Leur partie inférieure, ayant été moulée par les irrégularités du sol lors de l'écoulement et de la solidification, présente des aspérités.

Sur les sites, ces scories apparaissent sous forme d'amas circulaires ou d'amoncellements allongés. Elles apparaissent le plus souvent non loin des fourneaux (moins de 10 m), généralement vers le côté ouest. Elles sont disposées de manière à préserver un espace de travail, de circulation autour des fourneaux. Les scories peuvent apparaître également sous forme d'épandage, tout autour des fourneaux. Ces zones de scories varient de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres de diamètre avec une hauteur inférieure à 1,5 m.

Outre la gangue du minerai fondu, les ferriers comprennent aussi des matières sablo-argileuses formées lors de la solidification du fond du fourneau. Ces types de scories présentent un aspect plus terreux avec une surface irrégulière, poreuse. Ces différentes scories sont souvent associées à des fragments de fourneau et/ou de tuyères.

2.3. Les restes de tuyères

Les sites de réduction du Mandé se caractérisent aussi par la présence récurrente de restes de tuyères. Ces tuyères sont des tubes en argile, de forme globalement tronconique. Sur les sites, elles apparaissent sous forme d'embouts ou de fragments de corps. Les embouts sont reconnaissables à leur forme conique et à leur surface externe scoriacée. Les fragments de corps sont reconnaissables aux morceaux d'argile présentant des canalicules. Le diamètre maximum externe de ces tuyères se situe autour de 0,7 m pour une épaisseur moyenne de 0,2 m. Ces vestiges sont tantôt associés aux ferriers, tantôt dispersés sur le site. Des restes de fourneau attestent de l'usage de plusieurs tuyères dans une même embrasure (figure n°9).

**Figure n°8 : Exemple de culot
(site de Togolo)**



(Source, B. Ouédraogo, 2022)

**Figure n°9 : restes de fourneau
présentant 3 tuyères en place (site de**



(Source, B. Ouédraogo, 2022)

3. Eléments de reconstitution du processus de production ancienne du fer dans le Mandé

3.1. Recherche et traitement des matières premières

3.1.1. Le minerai de fer

Le Mandé a la réputation d'être une zone très riche en minerai de fer (MF Ould Issa, 2003, p. 55-57 ; S Camara, 1992, p. 19-23 ; L Archinard, 1885, p. 250- 251 ; J Riser, 1999, 160 p). Certes il y a du minerai de fer partout dans le Mandé, mais, d'après les informations orales, certains villages occupaient des terroirs sans bons gisements de minerai de fer. Dans ce cas de figure, les métallurgistes de ces villages procédaient à leur réduction en louant des espaces sur le terroir de leurs voisins et non loin d'un gisement de minerai de fer et d'un point d'eau¹³. En fin de campagne, ces métallurgistes remettent une partie de leur production de fer à leurs hôtes (*Ja tigi*), comptabilisée en fers de houe. Dans le passé, cette procédure a permis de gérer harmonieusement l'exploitation des bons gisements de minerai. Les fourneaux, ainsi devenus sans titulaires, sont redistribués par le chef de village.

En prélude aux activités de recherche et d'exploitation des minerais de fer, selon S. Camara, (1992, p. 20) « les mineurs mandenka doivent apaiser par des offrandes les esprits maîtres du lieu » car les divinités du terroir sont censées intervenir. Elles veillent sur les mines et minerais et les offrent à ceux cherchant leur faveur. Dans le Mandé, le minerai semble avoir été obtenu essentiellement par ramassage de surface sur les monts avoisinant les villages (MF Ould Issa, 2003, p. 55 ; S Camara, 1992, p. 22 ; L Archinard, 1885, p. 251). De telles pratiques ne laissent presque pas de traces reconnaissables sur le terrain par les archéologues. Seuls les témoignages oraux évoquent l'exploitation d'anciens gisements de minerai de fer sous forme d'excavation.

¹³ Le métallurgiste prend pension aussi chez la personne (*Ja tigi*) lui ayant cédé l'espace.

Dans la zone de Narena, les métallurgistes citent les collines *Dagnégué*, entre Narena et Kéniéro ; *Bété* vers Sobranina ; *Sonta Kuru*, vers le nord Kéniéma ; *Kuma kuru* vers Wurala kuru ; *Kongo Kuru* vers Kéniéba Coungo ; *Kuruni blen* et *Son kuru* vers Simba. A ce jour, aucun gisement souterrain n'a été mis en évidence, ni sous forme de puits ni sous forme de tranchées¹⁴.

Quelle que soit la méthode d'acquisition employée, selon la tradition orale le minerai de fer faisait généralement l'objet d'un traitement de concassage sur place, avant son transport vers le site de réduction (S Camara, 1992, p. 23 ; MF Ould Issa, 2003, p. 57). Lors de son séjour dans le village de Kamalé à la fin du 18^e siècle, M Park (1799, p. 41) a noté : « ces morceaux [de minerai] sont gros à peu près comme un œuf de poule ». Selon Archinard, les morceaux de minerai de fer ont la grosseur d'une noix (L Archinard, 1885, p. 251).

Cette étape de concassage-calibrage est nécessaire dans la mesure où elle conditionnera le bon déroulement de la réduction en évitant le tassement du minerai à l'intérieur du fourneau et en favorisant la bonne circulation de l'oxygène et la diffusion cohérente d'autres éléments gazeux. Le transport de ce minerai traité pouvait mobiliser des gens non métallurgistes, extérieurs parfois aux familles des métallurgistes. Selon les informations orales de NMD Kanté¹⁵ (2020) de Narena, le *Mansa* pouvait dépêcher les *sofas* et les bras valides pour le transport du minerai jusqu'à son lieu de réduction. Des femmes, des enfants, des captifs intervenaient aussi à cette étape du processus (L Archinard, 1885, p. 251). A cette étape, le rôle des *Numu*, spécialistes de la roche- matière première, était d'assurer la direction de la collecte des minerais utiles.

Les gisements de minerai de fer dans le Mandé sont de qualité variable (L Archinard, 1885, p. 251 ; J Riser J, 1999, 160 p. Selon L Archinard, les métallurgistes auraient préférentiellement exploité un minerai oligiste ayant une teneur en fer de 70 %. Si la valeur d'un minerai est prioritairement fonction de sa teneur en oxydes de fer, elle dépend aussi et surtout de la nature et de la concentration d'autres éléments auxquels le fer est associé (P Fluzin, 2002, pp. 60-61 ; E Coulibaly, 2006, p. 263). Par exemple, un minerai peut être d'excellente qualité pour la réduction s'il est associé à une proportion suffisante de dioxyde de silicium (SiO_2), d'oxyde de manganèse (MnO), d'oxyde de magnésium (MgO). Ces éléments chimiques sont utiles dans la mesure où ils sont susceptibles d'abaisser le point de fusion, de favoriser la production d'acier,

¹⁴ Toutefois, le gisement de Kuma kuru vers Wurala kuru (commune de Narena) semble avoir été exploité par excavations (N.M.D.) Kanté, griot, Narena, 17/11/2020 à 10h 45. Seydou Camara (1992, p. 22) entretient aussi l'idée d'excavation, parfois à plus de deux (02) mètres de profondeur, comme une des méthodes employées pour se procurer du minerai

¹⁵ (NMD) Kanté, griot, Narena, 17/11/2020, 9h 41.

d'atténuer les effets de corrosion du métal. Ils peuvent favoriser aussi l'opération elle-même en jouant le rôle de fondant (JB Kiethéga, 2009, pp. 219-220 ; E Coulibaly, 2006, pp. 245-266 ; V Chièze, 1991, pp.457-462). Ces composés chimiques peuvent justifier le choix des mines à exploiter par les métallurgistes (JB Kiethéga, 2009, pp. 221-222). En revanche, des minerais contenant de forte teneur en fer mais comportant une teneur en soufre supérieure à 1% sont peu propices à la réduction. Il est donc clair que le meilleur minerai de fer n'est pas nécessairement déterminé par sa seule forte teneur en fer (E Coulibaly, 2006, p. 264). A cet égard, la question de la qualité du minerai exploité par les anciens métallurgistes dans le Mandé reste posée dans la mesure où les renseignements disponibles sont vagues. Selon les acteurs de l'expérimentation à Niouma-Makana en 2004, le bon minerai se reconnaît à sa densité et à sa brillance lorsqu'il est cassé (*Yelenmu*). Le minerai exploité sur le gisement de Dagnégué, entre Narena et Kéniéro, est de couleur noire. Lors de son passage à Kamalé à la fin du 18^e siècle, le minerai de fer observé par M Park (1799, p. 41) était « pesant, d'un rouge obscur, avec des taches grisâtres ». Aussi les terminologies vernaculaires employées pour désigner le minerai de fer renvoient essentiellement à la pierre contenant du fer. Dans le Mandé, les populations locales nomment le minerai de fer par *kabani fedelin*, *nson kaba*, *nege bele* ou encore *nson bele*.

3.1.2 Les combustibles

Selon les différentes sources, les métallurgistes du Mandé font usage de deux sortes de combustible : le charbon de bois et le combustible non carbonisé. Le combustible non carbonisé peut être constitué de pailles¹⁶ ou de fagots de bois sec (M Park, 1799, p. 41). Ce combustible est exclusivement déposé à la base du fourneau, en remplissant le creuset le cas échéant. Il sert à la mise à feu du fourneau et ce feu embrasera progressivement les couches de combustible supérieures. Les cendres résultant de la combustion de ce premier dépôt de combustible tapisseront la fosse (creuset) aménagée à l'intérieur du fourneau. Cette couche de cendres constitue une sorte de tampon entre la paroi naturelle de la fosse et les résidus de la réduction. Ainsi, elle évite l'adhésion de l'éponge de fer au sol de la fosse et facilite son extraction (Kiethéga JB, 2009, p. 245). Selon JB Kiethéga « dans certains cas [au Burkina Faso], les métallurgistes n'hésitaient pas apporter eux-mêmes la cendre indispensable pour cet usage ».

Dans le Mandé, la littérature et les données ethnographiques attestent d'un usage du charbon de bois comme combustible de réduction proprement dite et de forge, à l'exclusion du bois (M

¹⁶ Lors de l'expérimentation à Niouma-Makana Marie France Ould Issa a constaté l'usage d'*Andropogonées* (Yayalé en langue malinké) pour cette mise à feu. Voir aussi Seydou Camara, 1992, p. 27.

Park, 1799, p. 41 ; L Archinard, 1885, p. 251 ; MF Ould Issa, 2003, p. 51 ; N Kanté, 1993, p. 41). Ce charbon est obtenu en brulant à l'air libre des meules, réduites au préalable en rondins dans certains cas. Le feu est arrêté au bon moment, avant ignition complète en jetant de l'eau. Le charbon ainsi obtenu est trié et débarrassé des fumerons. Il peut provenir d'une seule espèce végétale ou de plusieurs essences ligneuses différentes. Lorsque les métallurgistes utilisaient plusieurs espèces végétales, le charbon de bois faisait alors l'objet de dosages précis dans ses différents composants. Le mélange de combustible ainsi obtenu doit offrir une bonne résistance afin d'éviter le tassement. Il ne doit pas s'écraser également sous le poids des charges de minerai et des couches supérieures. Parmi les essences ligneuses les plus exploitées dans le cadre de la réduction du minerai de fer dans le Mandé figurent *Burkea Africana* (Sirin), *Prosopis Africana* (Gwelen), *Terminalia sp.* (Wolen), *Pericopsis laxiflora* (Kolokolo), *Vitellaria paradoxa* (Shi)¹⁷. Le choix de ces différentes espèces végétales était sans doute dicté par les multiples propriétés de ces charbons. Les espèces végétales exploitées pour la production du charbon de réduction sont considérées comme puissantes. Elles sont choisies à cause de la combustion lente de leur charbon. Ces charbons produisent de très fortes températures et peu ou presque pas de cendres. Selon Philippe Fluzin le carbone contenu dans le charbon est un agent triple. Il est thermique, réducteur et en se combinant avec le fer pendant la réduction, il permet d'atteindre les différents stades du fer (fonte, fer et acier) (P Fluzin, 2002, p. 61).

3.1.3. La nécessité permanente de l'eau

La présence de l'eau est un impératif pour toute opération de réduction du minerai de fer. L'eau intervient dans le malaxage de l'argile de termitière utilisée pour l'édification de la structure de réduction, la confection des tuyères, le refroidissement des éponges de fer. Dans le cadre de la réduction expérimentale à Niouma-Makana, Marie France Ould Issa a constaté le recours récurrent à l'eau pour asperger la base du fourneau afin d'atténuer les effets de chaleur. Les sorties latérales et périodiques de scories ont toujours fait l'objet de refroidissement à l'eau avant leur évacuation définitive hors de la fosse adjacente. Ce besoin quasi permanent de l'eau durant tout le processus de la réduction explique sans doute pourquoi les sites de réduction se localisent systématiquement à proximité d'un cours d'eau (M Cissé, S Takezawa, D Koné, 2016, p. 170 ; MF Ould Issa, 2003, pp. 51-54.).

¹⁷ Les mots entre parenthèses correspondent à l'appellation vernaculaire malinké des différentes espèces végétales. Selon les enquêtes ethnologiques de Marie France Ould Issa le charbon de bois du *Prosopis Africana* était préférentiellement utilisé dans la forge. Ceux de *Heeria Insignis*, *Boscia Salicifolia* ou encore de *Dichrostachys Cinerea* servaient à confectionner, avec du salpêtre, de la poudre à fusils.

3. 2. Techniques d'édification de la structure de combustion

Dans le Mandé, les fourneaux de réduction sont édifiés globalement suivant le même procédé, un procédé analogue à ceux mis au jour sur le site de Togola et à celui observé dans le cadre de la réduction expérimentale (B Ouédraogo, BD Traoré, N Coulibaly, 2023, pp. 60-74; S Camara, 1992, pp. 23-25 ; L Archinard, 1885, pp. 249-250 ; M Park, 1799, pp. 40-41.). Les différences résident fondamentalement dans les dimensions et les formes. Dans le Mandé, la construction d'un fourneau est entourée de mystères et exige toujours des consultations divinatoires accompagnées de sacrifices purgatoires. Il en résulte le choix du lieu d'implantation du fourneau et du jour¹⁸ du démarrage des travaux. Pour les travaux proprement dits, une fosse est aménagée au préalable à l'emplacement choisi. La profondeur de celle-ci varie et peut aller jusqu'à 1, 20 m comme ce fut le cas lors de l'expérimentation à Niouma-Makana. Cette fosse sera le réceptacle des résidus de la réduction. Au-dessus de ce creuset, la cheminée est érigée par superposition successive des plaques d'argile. Selon Seydou Camara la construction d'un fourneau d'environ 2 m doit durer sept jours (S Camara, 1992, p. 23-24). Dans le cadre de la réduction expérimentale à Niouma-Makana, quinze jours ont été nécessaires pour les quinze assises d'un fourneau haut de 1,85 m.

Dans la partie inférieure du fourneau sont aménagées des embrasures pour l'installation des tuyères. Comme précédemment dit, le nombre d'embrasures par fourneau est variable. Contrairement aux impressions livrées par les vestiges avant fouilles, les embrasures et particulièrement les tuyères sont à distance du sol et bien inclinées (environ 45 à 50°). Cela a été signalé aussi par Louis Archinard (1885, p. 249) et constaté lors des fouilles sur le site de Togolo et lors de l'expérimentation à Niouma- Makana. Outre les embrasures et les tuyères, les fourneaux du Mandé sont munis d'un exutoire¹⁹ pour les scories liquides. Celui-ci est systématiquement aménagé dans la partie ouest de la cheminée, à partir du creuset, donc sous les embrasures (S Camara, 1992, p. 24 ; L Archinard, 1885, p. 250). L'exutoire fait face à la porte destinée à l'extraction de l'éponge de fer. Aussi, est-il toujours aménagé au-dessus d'une fosse, à partir de laquelle les scories coulées externes vont être évacuées. Les fouilles sur le site de Togolo tout comme la réduction expérimentale de Niouma- Makana sont parfaitement cohérentes avec ces données de la littérature. La description donnée par Mungo Park au sujet du fourneau et de l'opération de réduction observée lors de son séjour dans le village de Kamalé

¹⁸ Dans le Mandé, les jours fastes sont le lundi, le jeudi et le vendredi.

¹⁹ Cet exutoire est appelé par les métallurgistes malinké *gwan bo da*. L'expression peut être traduite littéralement par la porte des déchets de fer. Cet exutoire fut appelé par Archinard porte de coulées des scories.

ne fait ni cas de cet exutoire ni d'un autre système d'évacuation des scories liquides en cours ou en fin de réduction (M Park, 1799, pp. 41-42). Selon Louis Archinard et Mungo Park, des dispositifs de soutènement étaient aménagés autour des fourneaux (M Park, 1799, pp. 41-42 ; L Archinard, 1885, p. 250). Ce dispositif pouvait prendre la forme de lianes attachées autour du fourneau en deux endroits comme Mungo Park l'a observé dans le village de Kamalé à la fin du 18^e siècle. Archinard évoque plutôt « un nombre variable de contreforts, généralement cinq, mais quelquefois un seul » autour du fourneau non seulement pour le consolider mais aussi pour permettre aux métallurgistes de verser depuis le gueulard les charges de charbon et de minerai. Lors de la réduction expérimentale à Niouma-Makana, le fourneau a été flanqué d'un escalier en argile pour faciliter son chargement depuis l'orifice sommital. Dans ce cas, pour parer à l'explosion du fourneau, les métallurgistes colmataient avec de l'argile les lézardes qui apparaissaient sur le fourneau. Archinard signale les mêmes pratiques sans toutefois indiquer si cela concerne une localité précise ou toute la zone parcourue allant de Niakaléciréa à Kita et de Kita-Médine à Bamako (L Archinard, 1885, p. 249-252). Ces aménagements, destinés à la consolidation ou au chargement du fourneau, sont très rarement reconnaissables sur le terrain archéologique. Ils disparaissent plus rapidement sous les effets de l'érosion car ils sont construits en argile et ne subissent pas le contact du feu de la réduction.

Par ailleurs, Louis Archinard évoque l'aménagement d'un trou à proximité de la structure de combustion mais indépendamment de celle-ci. Cette fosse, remplie d'eau, accueille la masse de fer extraite du fourneau en fin de réduction pour son refroidissement rapide. L'auteur ne donne pas plus de détails au sujet de cette fosse tout comme il ne précise pas si la pratique était isolée ou si elle s'étendait à toute la zone parcourue. L'argile utilisée pour l'édification des fourneaux est malaxée avec de la paille pour lui donner de la viscosité et plus de compacité. L'intérieur du fourneau est régulièrement badigeonné avec une argile de termitières. Celle-ci est préférentiellement utilisée par les métallurgistes notamment pour ses propriétés réfractaires.

3.3. Acteurs et déroulement de la réduction

Dans le Mandé, le procédé de réduction du minerai de fer identifié est globalement homogène, en tenant compte, comme le dit B. Martinelli (2002, p. 180) « d'une marge de liberté et de décision dès la conception du four ». Ce procédé dit direct a lieu dans un bas fourneau et aboutit à l'obtention d'un métal forgeable. Dans ce procédé, la température de réduction est inférieure à la température de fusion située autour de 1500°C (S Camara, 1992, pp. 25-29 ; MF Ould Issa,

2003, pp. 60-61 ; M Park, 1799, pp. 41-42 ; L Archinard, 1885, pp. 249-252 ; P Fluzin, 2002, pp. 59-65).

Les opérations de réduction ont lieu généralement une fois par an, avant la saison des pluies. Elles mobilisent plusieurs acteurs. Selon Seydou Camara, seuls les *gwandonnumu* interviennent dans ces opérations, à l'exclusion des autres *Numu*²⁰. Lors de l'expérimentation à Niouma-Makana, l'aire de réduction a été interdite aux griots, aux imams, aux peuls ; mais les forgerons du village ont pris part aux travaux de réduction avec le statut d'« apprentis ».

Au Mandé, si chaque métallurgiste possède son fourneau, les campagnes de réduction sont conduites sous la prééminence des « gérontes » (S Camara, 1992, p. 27 ; L Archinard, 1885, pp. 251-252). Les rituels de divination et de sacrifice sont officiés par le patriarche des métallurgistes. A Niouma-Makana, ces préliminaires aux opérations de réduction proprement dites ont été exécutés par un chasseur Keita, non métallurgiste. Il n'a pas pris part au reste des opérations. Pour exorciser les « esprits maléfiques » et favoriser le bon déroulement des opérations, les acteurs doivent être sains, exempts de toute souillure (S Camara, 1992, p. 26 ; N Kanté, 1993, p. 41). La réussite des travaux exige assez souvent l'immolation d'animaux (chien, chèvre, poulet). Ce mets sacrificiel est consommé exclusivement par les acteurs de la réduction²¹. A titre de rappel, les rituels caractérisant la réduction comportent aussi des jets de morceau de minerai et de charbon dans les directions sud, est et nord²², juste avant le versement des premières charges de charbon.

Les travaux démarrent par le rassemblement de tous les éléments nécessaires (combustible, minerai traité, eau, glaise, etc.) sur l'aire de réduction, autour du fourneau prêt. Sous la direction du doyen, les métallurgistes introduisent par le gueulard le combustible (morceaux de bois, brindilles, pailles) nécessaire à la mise à feu et à la production du tampon de cendres entre la paroi naturelle et les résidus de la réduction. Par-dessus ce premier combustible non carbonisé sont versées alternativement des charges de charbon de bois et de minerai, en commençant par le charbon. La première charge de charbon est généralement plus importante. Chaque charge versée est horizontalement répartie dans le fourneau. Le fourneau peut recevoir un fondant pendant ou en fin de chargement. A Niouma-Makana le fondant, associé à la première charge de minerai, était la poudre de l'écorce d'*Anogeissus Leiocarpus* (Kerekete). Seydou Camara

²⁰ Ce terme désigne les métallurgistes pratiquant la réduction du minerai de fer, à l'exclusion des acteurs travaillant exclusivement dans la forge. Voir à ce sujet (S Camara, 1992, p. 25 ; N Kanté, 1993, p. 36 et 41).

²¹ Dans un récent article, il est donné plus de détails sur les acteurs de la réduction du minerai de fer dans le Mandé (B Ouédraogo, et al, 2023, pp. 60-72).

²² Dans le cadre d'une réduction expérimentale au pays Dogon, ce jet est effectué vers les quatre points cardinaux (Huysecom E, 1996).

signale plutôt de la poudre de graviers au sommet de la charge du fourneau (S Camara, 1992, p. 27).

Le fourneau est allumé à l'issue du remplissage effectif du fourneau. L'allumage est effectué par l'intermédiaire d'une tuyère et à l'aide de tige en bois. Le feu initial est activé avec des soufflets pendant quelques instants seulement. Les événements assurent le reste du tirage sans autre intervention humaine MF Ould Issa, 2003, p. 60 ; (M) Park, 1799, p. 41 ; Camara, 1992, p. 27).

A Niouma-Makana, il n'y a eu aucun recours aux soufflets. Une fois la combustion bien activée, le fourneau est placé sous vigilance pour colmater les éventuelles brèches, la base du fourneau et peut faire l'objet d'arrosage ponctuel. En fonction de la production désirée, le fourneau reçoit des charges supplémentaires de charbon et de minerai. Outre la quantité des matières premières, leur qualité intervient également dans la durée de la réduction tout comme le recours à un fondant. Ainsi, une réduction peut durer trois, quatre jours. Louis Archinard a rapporté 15 heures pour la réduction réalisée à Kamalé en sa présence (S Camara, 1992, p. 27 ; M Park, 1799, pp. 41-42 ; L Archinard, 1885, p. 252).

En fin de réduction, les scories liquides sont évacuées par l'intermédiaire d'un exutoire dans une fosse adjacente à l'ouest du fourneau (S Camara, 1992, p. 27 ; L Archinard, 1885, p. 252). Ce trou de drainage des scories liquides peut être ouvert une ou deux fois pendant la réduction comme ce fut le cas à Niouma-Makana. Dans certains cas, l'éponge de fer reste dans le fourneau pour le refroidissement complet pendant plusieurs jours (S Camara, 1992, p. 28 ; M Park, 1799, p. 42). Il y a aussi des cas où certains des événements y compris la porte sont ouverts pour amorcer le processus de refroidissement. A Niouma-Makana, les métallurgistes ont utilisé 20 litres d'eau pour accélérer le refroidissement des résidus à l'intérieur du fourneau. La loupe agglomérée d'impuretés est extraite, généralement en morceaux, soit par la porte située à l'est, soit en abattant une partie du fourneau. Il a été constaté au niveau du fourneau expérimental et des deux fourneaux sur le site de Togolo (Narena), l'aménagement d'une pente descendante à l'intérieur, sous la porte, sur 0,60 m de longueur et environ 0,60 m de largeur. Ce dénivelé varie de 0,10 m à 0,20 m. Cet aménagement a sans doute servi à faciliter l'extraction des résidus de la réduction, en permettant de faire levier avec une barre (en fer) comme ce fut le cas lors de la réduction expérimentale.

CONCLUSION

Cette synthèse offre un aperçu général des données relatives à la production ancienne du fer dans le Mandé. Les informations ci-dessus présentées indiquent la présence de divers vestiges archéométrallurgiques dans la région du Mandé, sans être l'exclusivité d'une forme de paysage. Les archéologues ont identifié des espaces de concassage, de réduction du minerai et de dégrossissage de l'éponge de fer, la plupart du temps non éloignés les uns des autres. Selon les sources orales, les minerais sont principalement collectés en surface. Le seul procédé de réduction reconstitué est direct et à tirage naturel.

Certes, les origines de ce procédé sont incertaines, les enquêtes de Louis Archinard permettent de les dater, au moins, du 19^e siècle et très probablement antérieurement à cette période. Si toute personne peut être mobilisée dans le processus, selon les sources orales, l'étape de la réduction est strictement réservée aux *gwandonnumu*. Contrairement à la pensée populaire, en se référant à la réduction expérimentale, cette corporation n'est pas l'exclusivité d'un patronyme.

En définitive, les apports de la méthode archéologiques à la connaissance de la production ancienne du fer dans le Mandé sont limités. Au regard de l'absence totale d'informations issues techniques archéométriques, de l'espace restreint fouillé autour des deux fourneaux de Togolo, de la perturbation même de la plupart des sites, de nouvelles recherches s'imposent à tous points de vue pour mieux caractériser la production ancienne du fer dans le Mandé et appréhender précisément les implications historiques, économiques et socio-culturelles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Archinard Louis. (1885). « La fabrication du fer dans le Soudan », *Revue d'Ethnographie*, T III, Paris, Ernest Leroux, p. 249- 255.
- Ardouin Claude Daniel. (1978). « La caste des forgerons et son importance dans le soudan Occidental », *Etudes Maliennes*, n°24, Bamako-ISH, p. 1-32.
- Brasseur Gérard. (1968). « Les établissements humains au Mali », *M.I.F.A.N.*, Dakar-IFAN, n° 83, 550 p.
- Camara Seydou. (1992). « Les Numun et la métallurgie ancienne du fer au Manden », *Etudes Maliennes*, n°46, Bamako-ISH, p. 5-33.

- Chièze Valérie. (1991). « La métallurgie du fer dans la zone lacustre. Archéologie-archéométrie », 449-472, In M. Raimbault, K. Sanogo, *Recherches archéologiques au Mali. Les sites protohistoriques de la zone lacustre*. Paris, ACCT-Karthala.
- Cissé Mamadou, Takezawa Shoichiro et Koné Daouda. (2016). « Prospection et reconnaissance archéologique dans le Manden », *Etudes Maliennes*, spécial n° 82, Bamako-ISH, p. 165-224.
- Cissé Youssouf Tata, Kamissoko Wa. (1988). *La grande geste du Mali- Dès origines à la fondation de l'empire*. Paris, Karthala- Arsan.
- Coulibaly Elysée. (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.
- Diakité Drissa. (2017). *Kuyatè la force du serment. Aux origines du griot mandingue*. 3^e édition, Bamako, La Sahélienne.
- Fluzin Phillipe. (2002). « La chaine opératoire en sidérurgie : matériaux archéologiques et procédés. Apport des études métallographiques », 59-91, In H. Bocoum (dir.), *Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique, une ancienneté méconnue. Afrique de l'Ouest et Afrique Centrale*. Paris, UNESCO.
- Guemona Djimet. (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, non publiée, Toulouse, Université de Toulouse 2, 368 p.
- Heringa Albert C, Raimbault Michel. (1986). « Prospection archéologique dans la zone de la boucle du Baoulé (Mali) », *Etudes Maliennes*, spécial n°38, Bamako-ISH, 109 p + illustrations.
- Kanté Nambala. (1993). *Forgerons d'Afrique noire. Transmission des savoirs traditionnels en pays malinké*. Paris, L'Harmattan.
- Kanté Nu Moussa Djan, griot, Narena, le 17/11/2020.
- Kiéthega Jean Baptiste. (2009). *La métallurgie lourde du fer au Burkina Faso. Une technologie à l'époque précoloniale*. Paris, Karthala.
- Ouédraogo Bourahima, Traoré Boubacar dit Dèdè, Coulibaly Nafogo. (2023). « Reconstitution d'un Processus de Reduction du Minerai de Fer dans le Mandé (Mali) », *HOPE*, n°8, Bamako, FHG, p. 60-74.