

”Pourquoi ton four n’est pas comme le mien ?” Diversité technique dans la sidérurgie ancienne : le cas du Dendi (Bénin)

Caroline Robion-Brunner

▶ **To cite this version:**

Caroline Robion-Brunner. ”Pourquoi ton four n’est pas comme le mien ?” Diversité technique dans la sidérurgie ancienne : le cas du Dendi (Bénin). Journal des Africanistes, 2018, Le forgeron, le juge et l’ethnologue : autour de Bruno Martinelli, 88 (2), pp.16-39. 10.4000/africanistes.7548 . hal-02090661

HAL Id: hal-02090661

https://univ-tlse2.hal.science/hal-02090661

Submitted on 11 Jan 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L’archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d’enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Résumé

**« Pourquoi ton four n'est pas comme le mien ? »
Diversité technique dans la sidérurgie ancienne :
le cas du Dendi (Bénin)**

En dépit d'un procédé long et complexe, régi par des règles physico-chimiques strictes, les hommes ont développé, au cours du temps, différentes manières de produire du fer. Ils ont fait preuve d'innovation et de créativité dans la construction des fours, la conduite de la séparation entre les scories et le fer, le mode de ventilation, l'organisation spatiale de l'atelier. Dans le Dendi (nord-est du Bénin), les vestiges archéologiques témoignent de cette diversité des pratiques. Selon les sites sidérurgiques, les scories présentent des formes et des structures différentes. L'étude macroscopique et analytique de ces déchets permet de distinguer cinq traditions techniques. Cet article tente de retracer l'histoire de la sidérurgie dans le Dendi en analysant les relations entre les procédés techniques et l'éventuelle existence de phénomènes d'innovation technique. Les données sur l'histoire du peuplement de cette région sont mobilisées afin de comprendre les raisons d'une telle diversité des procédés.

Mots-clés : Métallurgie du fer, archéologie, anthropologie, diversité, technique.

Abstract

**"Why isn't your furnace like mine?"
Technical diversity in ancient metallurgy:
the case of the Dendi (Benin)**

Although it is a long and complex process governed by strict physical and chemical rules, over time humankind has developed different ways to produce iron. Peoples have been innovative and creative in building furnaces, separating slag from iron, devising methods of ventilation, and adapting the spatial organization of workshops. Among the Dendi (north-east Benin), archaeological artefacts reflect the diversity of practice. Examination of various iron-working sites reveals varied forms and structures in the slag. The macroscopic and analytic study of these wastes allows us to distinguish five technical traditions in this area. This paper attempts to trace the history of iron-working among the Dendi by analysing the relationship between the technical processes and the possible existence of technical innovation. The data on human settlement within this region are then used to reveal the reasons for this diversity.

Keywords: Metallurgy of iron, archaeology, anthropology, diversity, techniques.

« POURQUOI TON FOUR N'EST PAS COMME LE MIEN ? » DIVERSITÉ TECHNIQUE DANS LA SIDÉRURGIE ANCIENNE : LE CAS DU DENDI (BENIN)

CAROLINE ROBION-BRUNNER
TRACES, UMR 5608, CNRS
UNIVERSITÉ TOULOUSE JEAN-JAURÈS

Pour produire du fer, les métallurgistes doivent transformer le fer oxydé et minéral en fer métallique, c'est-à-dire séparer les atomes de fer des atomes d'oxygène et des autres éléments de la roche. Ce processus, nécessaire pour extraire le métal du minerai, intervient à température élevée, dans un espace confiné, le fourneau. En métallurgie ancienne, les températures n'atteignaient pas les 1 538 °C requis pour obtenir la fusion du fer métallique[1]. Le fer s'agglomérait en une masse irrégulière, souvent nommée « éponge », tandis que les autres éléments du minerai fondaient et s'écoulaient à l'intérieur ou à l'extérieur du four pour former un déchet, la scorie. Le fer brut issu du fourneau devait ensuite être amené à la forge pour être transformé en objet.

En dépit d'un procédé long et complexe régi par des règles physico-chimiques strictes, les métallurgistes ont fait preuve d'innovation et de créativité. Ils ont multiplié les choix techniques et culturels pour répondre à différentes contraintes et besoins d'ordre environnemental, politique, économique, social. La morphologie de leurs fours, les aménagements et les procédés visant à séparer les scories et le fer, le mode de ventilation, la disposition spatiale de l'atelier sont autant d'éléments que les artisans ont modifiés, conduisant à une grande diversité des pratiques. En Afrique, cette diversité a été très tôt constatée et étudiée (Cline 1937). La métallurgie ancienne du fer ayant perduré jusqu'au début du XX^e^ siècle, plusieurs siècles après avoir disparu d'Europe, où elle céda la place à la sidérurgie indirecte, fondée sur l'usage du haut-fourneau (Mangin *et al*. 2004), il était, et est encore possible, pour les chercheurs, de rencontrer et d'interroger les descendants de métallurgistes ayant vu ou entendu parler des dernières opérations de réduction du minerai[2]. La récente disparition de cette activité et la bonne conservation des sols anciens (absence de labours profonds, par exemple) expliquent que les vestiges sidérurgiques soient facilement

1. Les produits obtenus sont du métal pauvre en carbone formé à l'état solide (fer doux et acier) et de la scorie riche en oxydes de fer. Le fer doux contient jusqu'à 0,02 % de carbone, et l'acier, entre 0,02 et 2 %.
2. Plus nous nous éloignons du début du XX^e^ siècle, plus ces occasions se font rares. Nous pouvons encore citer l'Ennedi (Tchad, comm. pers. Christian Dupuy), le pays bassar (Togo, de Barros 1985), et le Darfour (Soudan, Kense 1985), où la sidérurgie ancienne a cessé d'être pratiquée dans les années 1950-1960.

observables au voisinage des villages ou en brousse. C'est ce degré de préservation du patrimoine immatériel (mémoire) et matériel (fours) rarement atteint dans les autres parties du monde qui permet à l'Afrique de constituer « un laboratoire de recherches comparatives sans équivalent » (Martinelli 2002 : 165). Cela en fait un espace de dialogue entre les anthropologues et les archéologues.

Si le constat de la diversité est depuis longtemps établi, et que l'inventaire des pratiques sidérurgiques est avancé, la réflexion comparative est à approfondir (Martinelli 1993). En effet, il est encore très difficile de mettre en relation des ateliers sidérurgiques appartenant à des régions différentes, et donc de reconstituer la diffusion et l'évolution des techniques. Les variations qui marquent le processus de réduction du minerai de fer doivent être mieux définies, et les éventualités d'innovations et d'emprunts techniques doivent être envisagées. C'est ce que nous allons tenter de faire en revenant, pour commencer, sur les systèmes classificatoires utilisés jusqu'ici, puis en proposant une nouvelle grille d'analyse à travers laquelle nous présenterons rapidement les résultats que nous avons obtenus dans le Dendi (nord-est du Bénin ; Robion-Brunner *et al.* 2015, Robion-Brunner 2018), où cinq traditions techniques ont été identifiées. À des fins comparatives, notre réflexion se nourrira de l'étude menée par Bruno Martinelli sur la métallurgie du fer au Yatenga (2002), où une mutation sociale eut d'importantes incidences techniques, économiques et politiques, illustrant la complexité et la capacité évolutive des systèmes de production.

La diversité de la métallurgie du fer en Afrique : un phénomène encore débattu

Depuis le travail pionnier de Walter Cline (1937), la diversité de la sidérurgie africaine est régulièrement abordée. Différents critères sont retenus, permettant de classer les techniques, de les comparer et d'analyser leur distribution spatiale et temporelle. Trois principaux systèmes classificatoires peuvent être distingués. Le premier est basé sur la morphologie des fours : il prend en compte les formes et les dimensions des superstructures, le nombre d'évents et la nature du matériel de construction (Cline 1937 ; Celis 1991 ; Martinelli 1993 ; McNaughton 1993 ; Sutton 1985). Le second est fondé sur les critères techniques : présence ou absence de superstructure, ventilation naturelle ou forcée, évacuation latérale ou verticale des scories (Chirikure *et al.* 2009 ; Kense 1985 ; Killick 1991 ; Miller et van der Merwe 1994 ; Pole 1985 ; Tylecote 1987). Le troisième prend en compte l'organisation sociale, politique et économique dans laquelle est conduite la sidérurgie, ainsi que l'identité des métallurgistes (Childs et Killick 1993 ; Langlois 2006 ; de Maret 1980, 1985 ; Martinelli 2002). Même si ces trois systèmes permettent de classer

les situations rencontrées, le développement de la sidérurgie et l'évolution des techniques en Afrique restent difficiles à retracer.

Terry Childs et Bruno Martinelli, deux anthropologues des techniques, ont été parmi les premiers à donner une dimension sociale aux savoir-faire métallurgiques. Dans ses articles de 1991 et 1993, Childs discute des différents facteurs qui peuvent conduire à une variation des sidérurgies. Pour elle, les sociétés expriment leur manière de voir le monde à travers les activités techniques. L'analyse des éléments symboliques et rituels (anthropomorphisme du four, énoncés magiques qui inaugurent et accompagnent la réduction, interdits protégeant des pollutions) permet d'interpréter certains choix techniques des artisans. Childs nous encourage ainsi à étudier le contexte social et culturel dans lequel les procédés métallurgiques se mettent en place et se développent, afin de mieux comprendre les messages et les informations qu'ils véhiculent.

Dans les mêmes années, Martinelli (1993) s'intéresse à la relation entre les techniques sidérurgiques et l'identité sociale des métallurgistes. Il constate que ceux qui produisent du fer peuvent être soit des agriculteurs pratiquant occasionnellement la métallurgie, soit des forgerons, artisans spécialisés. La question qui motive son étude est la suivante : est-il possible de distinguer les pratiques métallurgiques des agriculteurs de celles des forgerons ? Parti de la notion de *degré du fait*[3], il classe les fours à induction suivant leurs formes architecturales, puis répartit les différentes variations observées sur une carte et précise à quelle catégorie sociale appartiennent ces structures. Même si ce travail inventorie les différentes situations, cet « essai de classification […] ne permet pas d'établir de relation univoque entre technique utilisée et identité sociale des producteurs. Des techniques analogues de fours fonctionnant par induction étaient pratiquées, dans des régions proches aussi bien qu'éloignées les unes des autres, par des forgerons dans certains cas, par des agriculteurs-métallurgistes dans d'autres » (2002 : 172). Ses travaux comparatifs ont néanmoins ouvert des pistes de réflexion sur la question des procédés techniques et de leur diffusion.

La typologie des fours à induction établie à partir des données relatives à la boucle du Niger (Martinelli 1993) ne peut être directement utilisée par les archéologues, car elle se base sur l'analyse architecturale des superstructures des fours et nécessite donc une conservation optimale de ces structures. Dans le meilleur des cas, les vestiges archéologiques des

3. Notion développée par André Leroi-Gourhan dans *L'Homme et la Matière* (1971), « dans un effort de mise en ordre des activités (techniques) humaines et des artefacts », souligne Schippers (2004 : 635), qui l'explicite alors ainsi : « [Leroi-Gourhan] distingue, d'une part, des "tendances" universelles, d'autre part, des "faits" particuliers (localisés voire uniques) avec, entre ces deux pôles, différents niveaux ("degrés") qui vont du fait particulier aux tendances les plus générales, par des "faisceaux convergents". Les notions de tendance et de fait conduisent à un classement des objets à la fois morphologique et dynamique, historique et géographique. »

ateliers de réduction du minerai sont constitués de cuves de fourneaux, de zones de rejet (épandages, accumulations de scories et de tuyères) et d'aménagements annexes (aires de concassage de minerai, de stockage des matières premières). Ainsi la cheminée, partie en élévation du four, est bien souvent absente. Faite d'argile, une matière facilement altérable, elle a généralement été détruite par des facteurs anthropiques ou naturels. C'est donc souvent la partie inférieure des fourneaux, recouverte et protégée par les sédiments déposés postérieurement à l'abandon du site, qui est fouillée par les archéologues. L'étude de ces vestiges permettra à ces derniers de bâtir leurs classements techniques et de procéder à des comparaisons.

Avec l'objectif d'identifier les différentes stratégies technologiques mises en œuvre par les sidérurgistes d'une région, nous avons établi une méthode d'analyse qui permet de distinguer les différentes traditions et leurs relations. Cette méthode a été élaborée en pays dogon (Mali, Robion-Brunner 2010), puis développée sur plusieurs autres terrains. Elle consiste à définir les traditions sidérurgiques en présence, à partir d'un ensemble de caractéristiques intrinsèques permettant de préciser les choix techniques, économiques et culturels des sidérurgistes. La confrontation de ces traditions avec les caractéristiques extrinsèques doit aboutir à définir l'identité sociale et culturelle des sidérurgistes. Le critère de classement qui fonde notre analyse est d'ordre strictement technologique. L'étude macroscopique et analytique des déchets métallurgiques permet tout d'abord de distinguer les grandes familles de fourneaux suivant les mécanismes de séparation fer/scorie et d'évacuation des déchets hors de la structure de réduction (fig. 1). Mais la caractérisation des scories ne suffit pas à distinguer les processus techniques ; c'est en effet l'évaluation quantitative de chaque catégorie de déchets et la prépondérance d'un type particulier qui identifient le fonctionnement du bas fourneau. Les caractères morphologiques, dimensionnels et de construction viennent affiner ce classement. Enfin, l'architecture et la présence de certains aménagements fournissent des éléments essentiels à la compréhension du fonctionnement des fourneaux. Les critères quantitatifs (volume des déchets, nombre de fourneaux), couplés aux datations absolues (dates C14) et relatives (traditions orales), permettent d'estimer la date du début d'exploitation d'un atelier, et l'ampleur de sa production et de son impact sociétal et environnemental. La restitution de l'organisation spatiale permet de reconstituer la chaîne opératoire, la gestion de l'espace et la vie d'un atelier en définissant les opérations techniques et les infrastructures annexes (concassage et tri du minerai, fabrication du combustible, stockage des matières premières). Les données géographiques permettent enfin de préciser si les sites sidérurgiques sont implantés dans un périmètre restreint, vaste ou dispersé.

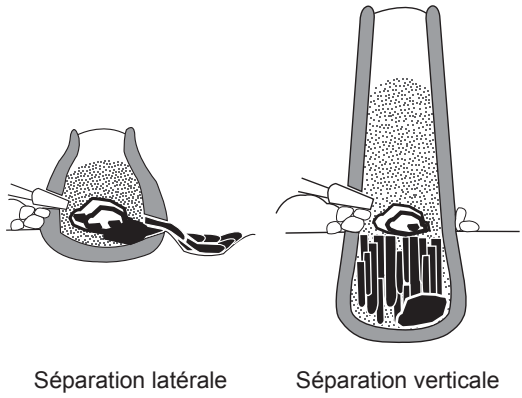


Fig. 1 : Classification simplifiée des bas fourneaux.

La métallurgie du fer dans le Dendi

Nous avons réalisé deux missions dans le Dendi[4]. Elles ont permis d'effectuer des enquêtes orales dans sept villages (Pékinga, Kompa, Karimama, Kofunou, Birni Lafia, Kantoro et Toumboutou), d'identifier trente-cinq sites sidérurgiques, de topographier trois d'entre eux, de fouiller deux fours, de réaliser quatre sondages et de dater quatre sites (fig. 2, tableau 1). L'analyse des données recueillies sur le terrain a permis de distinguer cinq traditions sidérurgiques, regroupées en trois catégories :

1. Les fourneaux réutilisables avec scorie coulée (tradition 1) ;
2. Les fourneaux réutilisables avec scorie interne (tradition 2) ;
3. Les fourneaux non réutilisables avec scorie interne (traditions 3, 4 et 5).

Cette distinction ayant été justifiée dans un autre article (Robion-Brunner 2018[5]), nous nous contenterons de décrire brièvement les cinq traditions sidérurgiques établies à partir de l'analyse macroscopique des scories.

Les scories de la tradition 1 présentent majoritairement des coulures en cordons. Leur partie inférieure révèle des empreintes de divers matériaux (petits cailloux, fragments de scories, charbons) sur lesquels elle s'est écoulée. Leur partie supérieure est lisse, car elle s'est refroidie à l'extérieur du four. Ce bloc est parfois accroché à une scorie interne (Robion-Brunner *et al.* 2015). Cette morphologie particulière témoigne du processus suivant. Vers la fin de la réduction, les métallurgistes perçaient, en partie basse, la

4. Ces missions ont été effectuées dans le cadre du projet ERC *Crossroads of Empires* dirigé par Anne Haour. Elles ont eu lieu en janvier-février 2013 (4 semaines) et février 2014 (2 semaines).
5. Dans le présent article, seules les caractéristiques principales des cinq traditions sont présentées. L'analyse détaillée des données ainsi que la réflexion ayant permis de les distinguer sont exposées dans un des chapitres de la monographie du projet (Robion-Brunner 2018).

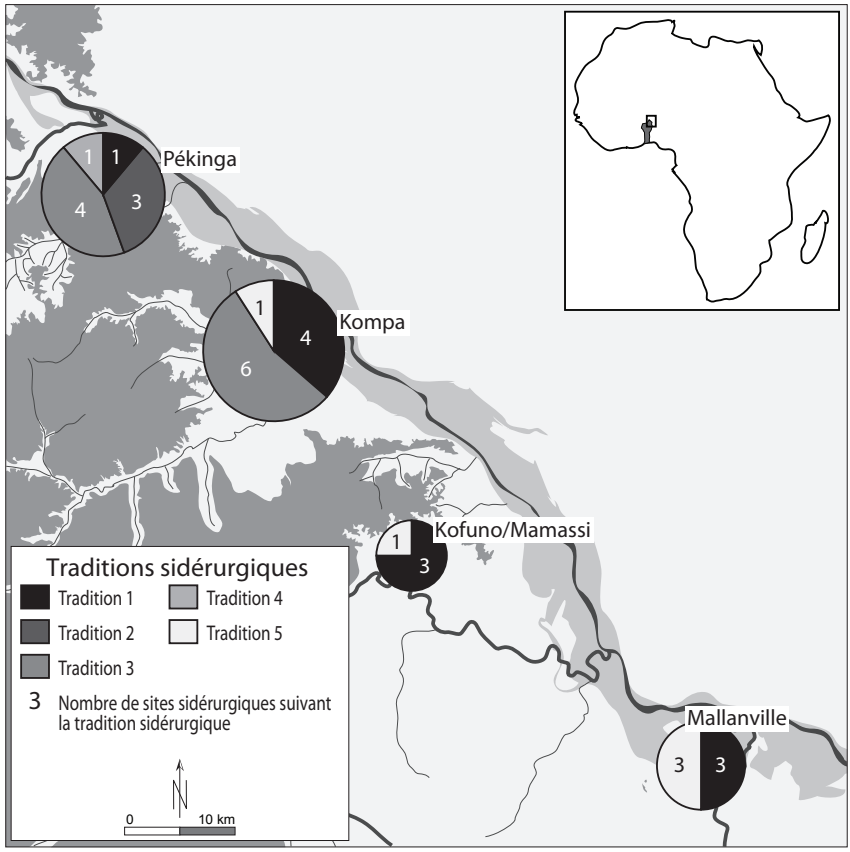


Fig. 2 : Distribution géographique des cinq traditions sidérurgiques dendi.

porte du four préalablement fermée[6]. Les scories s'écoulaient par ce trou et s'évacuaient ainsi vers l'extérieur de la structure. À la fin de l'opération, la scorie interne qui s'était formée au fond de la cuve, contre la porte, se trouvait reliée à la scorie externe par les derniers flots d'écoulement. Un maximum de déchet étant expulsé hors du four, il était facile de le nettoyer et de le réutiliser pour d'autres réductions. Seule l'obstruction de la porte était refaite. Le mode de séparation latéral de la scorie a souvent été observé sur les ateliers sidérurgiques ouest-africains, mais l'originalité de cette tradition est la présence d'un type de scories formé pour partie à l'intérieur du four, pour partie à l'extérieur. Ce type a été nommé « coupe sans pied » (fig. 3, tableau 1).

6. Avant que le four ne soit rempli de charbon et de minerai et qu'il soit allumé, la porte était soigneusement fermée. Elle était percée, vers la fin de la réduction, pour évacuer une partie des scories à l'extérieur du four, puis définitivement ouverte pour extraire la masse de fer brut.

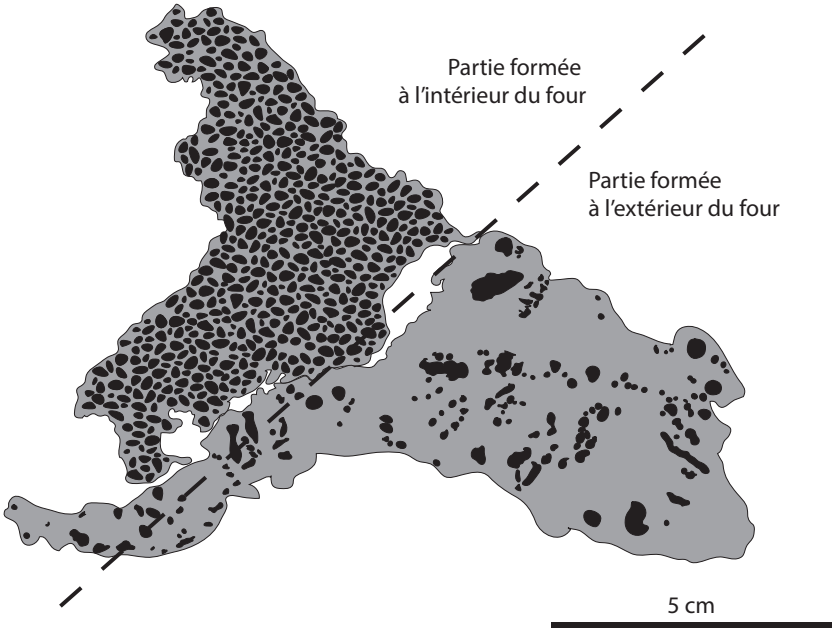
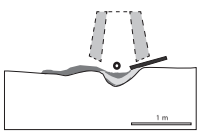
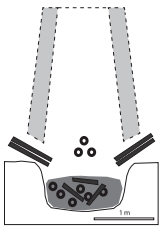
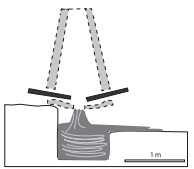
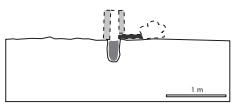
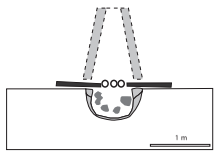


Fig. 3 : Section d'une scorie de type « coupe sans pied ».
En gris, la fayalite ; en noir, les porosités. Site de Kompa Moussékoubou.

Les scories de la tradition 2 sont de gros blocs très compacts qui présentent des formes complexes d'écoulements verticaux. Cette masse de scorie contient des fragments de tuyères (fig. 4, tableau 1). Ces tuyères étaient placées au fond du four avant que la réduction ne démarre. La scorie s'écoulait entre les tuyères, s'infiltrant dans la partie inférieure du four. Si la fonction de ces tuyères n'est pas claire, il est évident qu'elles ne servaient pas à amener l'air dans le fourneau. Elles pouvaient jouer deux rôles : supporter la masse de combustible en début d'opération et/ou favoriser le fractionnement, et donc l'évacuation du bloc de scorie. Les fours de cette tradition étaient utilisés plusieurs fois, comme le montre la présence de plusieurs couches de rechapage interne. Ce type de scories est très similaire à celui observé par Vincent Serneels à Korsimoro, au Burkina Faso (Serneels *et al.* 2012). D'autres éléments rapprochent ces deux sites : l'organisation spatiale des ateliers qui comprennent plusieurs fours disposés en batterie linéaire, la cuve circulaire des fourneaux et leur diamètre de 1 mètre à 2 mètres. Le dépôt de tuyères ou d'une masse d'argile au fond de la cuve du four a également été observé dans d'autres contextes sidérurgiques en Afrique, par exemple à Markoye, au Burkina Faso (Fabre 2009), dans la zone des lacs, au Mali (Chieze 1991), et au Rwanda (Humphris, communication personnelle).

Tradition sidérurgique	**Four réutilisable avec scorie coulée**	**Four réutilisable avec scorie interne**	**Four non-réutilisable avec scorie interne**		
	Tradition 1	Tradition 2	Tradition 3	Tradition 4	Tradition 5
Nombre de sites Structure de réduction	11 sites 	3 sites 	10 sites 	1 site 	5 sites 
Scorie Morphologie du type principal de scorie Associé à	Fayalitique Externe — Cordons larges Externe / Interne — « Coupe sans pied » Interne — Plano-convexe Oxydée	Fayalitique Interne — Bloc de scorie contenant des fragments de tuyères	Fayalitique Interne — Bloc cylindrique avec une colonne de cordons au sommet Externe — Plate Interne — Oxydée	Fayalitique Interne — Bloc cylindrique avec des plis concentriques et une dépression centrale sur la surface supérieure	Fayalitique Interne — Fragments de scorie avec des traces de la paille sur la surface inférieure Interne — Oxydée
Tuyère Morphologie Diam. externe / interne	Oui — Banco Ovoïde avec un côté plat 7 cm — 4 à 5,5 cm	Oui — Banco Circulaire 7 cm — 6 cm	Oui — Banco Demi-circulaire	Non	Oui — Banco ? — Très fragmentée ?
Four Ventilation Séparation de la scorie Section de la cuve Profil de la cuve Profil de la fosse Nombre d'ouvertures Profil de la cheminée Matériaux de construction Couche de rechapage	Réutilisable Naturelle Latérale Ovoïde — 55 X 88 cm Concave — ~ 15 cm de profondeur 5 ? évents — 15 X 18 X 22 cm 1 porte — 39 X 18 X ? cm Conique — 20 cm conservée Argile Oui	Réutilisable Naturelle Verticale Circulaire — 100 à 200 cm Concave ? — ? > 4 1 porte ? Argile + tuyères recyclées Oui	Non réutilisable Naturelle Verticale Circulaire — 45 à 75 cm Fosse — ? Concave ou plate ? — > 30 cm ? ? ? peut-être amovible ? Non	Non réutilisable Peut-être mécanique Verticale Circulaire — 20 cm Fosse profonde — ? 1 ? Non ? Argile Non	Non réutilisable Peut-être mécanique Verticale Circulaire — 70 à 85 cm Concave — ~ 30 cm de profondeur ? Non ? peut-être amovible Argile Non
Organisation spatiale Disposition des fours Morphologie de la zone de déchets Diamètre Épaisseur	Fours isolés — 1 à 17 fours 1 à 2 fours au milieu des amas de déchets 1 à 8 amas ~ 10 m — ~ 50 tonnes de scories 20 à 100 cm	Fours isolés ou alignés — 1 à 4 fours Fours au milieu des amas de déchets Épandage de déchets ? ~ 30 cm	? — 1 à 10 fours ? Fours au pied des amas de déchets ? 1 à 8 amas ~ 50 cm 100 à 400 cm	Batterie linéaire — 4 fours 50 cm entre 2 fours Pas de zone de déchets	Agrégas — 21 à 37 fours 2 à 4 fours en batterie Pas de zone de déchets
Datation	9e / 12e siècle de notre ère, 10 dates	?	19e / début 20e siècle de notre ère, enquêtes	?	16e / 18e siècle de notre ère, 2 dates
Traditions sidérurgiques similaires en Afrique de l'Ouest		**Burkina Faso** - Korsimoro (11e au 13e siècle), Serneels et *al.* 2012 - Markoye (10 / 12e siècle), Fabre 2009 **Mali** - Zone des lacs (15 / 17e siècle), Chieze 1991	**Niger** - Niamey (2e au 13e siècle), Guillon et *al.* 2016	**Burkina Faso** - Korsimoro (17e siècle), Serneels et *al.* 2012 - Boulkiemdé (19 / 20e siècle), Kiénon-Kaboér 2003 - Four dit « fononse » (19 / 20e siècle), Kiéthéga 2009 **Niger** - Niamey (7 / 8e siècle), Guillon et *al.* 2016	**Burkina Faso** - Korsimoro (7e au 10e siècle), Serneels et *al.* 2012 **Niger** - Niamey (7e au 9e siècle - 17e au 20e siècle), Guillon et *al.* 2016 **Mali** - Zone des lacs (17e au 20e siècle), Chieze 1991 **Sénégal** - Silla (15e siècle), Robert-Chaleix 1994

Tab. 1 : Tableau comparatif des caractéristiques techniques des cinq traditions sidérurgiques mises en évidence dans le Dendi.

Les scories de la tradition 3 sont de gros blocs cylindriques compacts, où trois parties se distinguent (fig. 5, tableau 1) :

- Le corps, qui est un cylindre constitué d'une accumulation de plaques horizontales ;
- Le sommet, qui est une petite colonne formée par un agrégat de cordons verticaux, placée au centre ou sur le bord du cylindre ;
- Un écoulement horizontal de scories coulées, situé dans la partie supérieure du cylindre.

Aucun four n'a été observé associé à ce type de scorie, si bien que seule l'étude de ce déchet permet de déduire son mode de formation. La direction des cordons et la présence d'une colonne indiquent que la scorie s'est écoulée verticalement, à travers un étroit passage, dans une fosse circulaire située à l'aplomb de la cuve du four. Lorsque cette fosse était pleine de déchets, la scorie se déversait à l'extérieur du four par une ouverture réalisée au sommet de la fosse. L'absence de four associé à ce type de scorie peut traduire la fragilité et la précarité de l'installation. On peut imaginer que le dispositif de réduction employé ici était assez proche de celui observé par Rodrigue Guillon, au sud de Niamey (Guillon *et al.* 2016) : une fois la fosse creusée dans le substrat, les artisans aménageaient en son sommet une cuve d'argile percée d'un orifice, puis plaçaient les tuyères sur tout le pourtour. Concernant la cheminée, elle pouvait être construite au-dessus de la cuve et démolie après chaque réduction pour récupérer le produit brut, ou fabriquée de manière indépendante et déplacée après chaque opération. Dans les deux cas, une seule réduction s'opérait dans la cuve et la fosse.

Les scories de la tradition 4 sont de petits blocs cylindriques massifs présentant des rides concentriques et une dépression centrale sur leur surface supérieure (fig. 6, tableau 1). Elles se forment à l'intérieur d'une fosse située à l'aplomb de la cuve. La présence d'une fine couche d'argile encerclant la scorie sur sa partie supérieure indique que la fosse possédait un revêtement. Les traces d'arrachement observables au niveau d'arasement sont la preuve que cette paroi se prolongeait en élévation pour former la superstructure. Cette dernière a complètement disparu, certainement détruite à la fin de l'opération de réduction pour récupérer l'éponge de fer. Aucune ouverture ou arrivée d'air n'est visible dans la partie inférieure de ces fours. Certains blocs de scorie possèdent une protubérance sur leur surface supérieure qui témoigne peut-être de l'existence d'une ouverture unique située un peu au-dessus de la scorie. Ce caractère, ajouté à l'absence de tuyère sur les sites de cette tradition et au petit volume de la cuve, laisse envisager une utilisation de soufflets. Ce type de vestiges a également été repéré dans les provinces du Sanmatenga (Serneels *et al.* 2012), du Boulkiemdé (Kiénon-Kaboré 2003) et du Passoré, au Burkina Faso. Serneels le rattache à la famille des

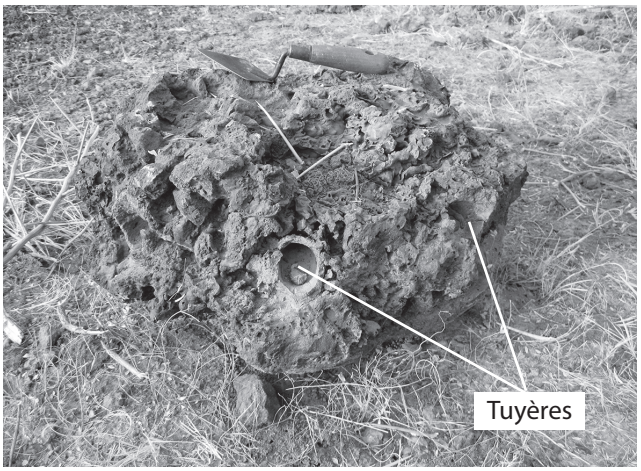


Fig. 4 : Bloc de scorie piégée complet contenant des fragments de tuyères. Site 23 (Pékinga).

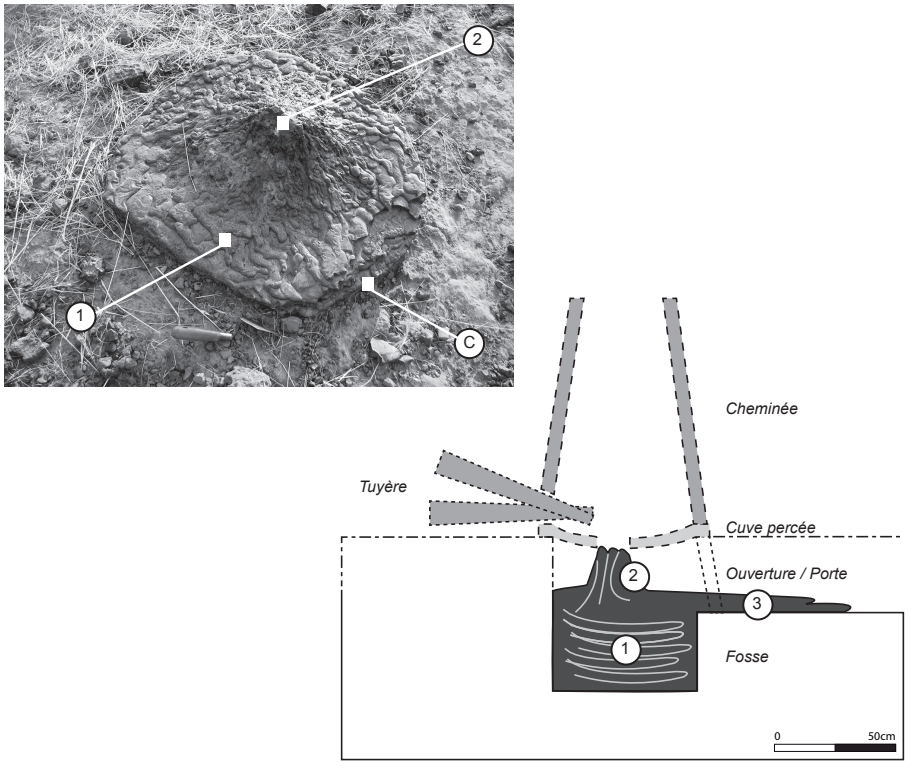


Fig. 5 : Gros bloc de scorie piégée partiellement enfoui. 1. Le corps ; 2. Le sommet ; 3. L'écoulement horizontal. Site 36 (Pékinga).

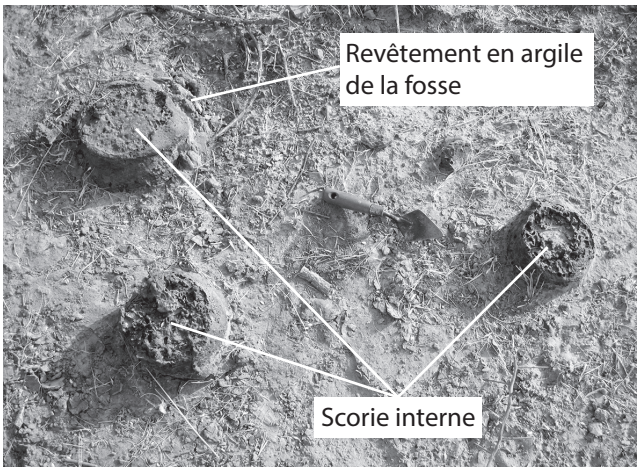


Fig. 6 : Trois petits blocs de scorie cylindriques. Site 35-2 (Pékinga).

fours dits « fononse » décrits par Kiethéga (2009 : 298-303). Au Niger, il a été observé par Guillon près de Niamey (Guillon *et al.* 2016).

Les scories de la tradition 5 ne sont jamais retrouvées entières. Très fragmentées, elles ne présentent pas de forme particulière. Il semble qu'elles se soient solidifiées à l'intérieur de la cuve, sur un lit de paille, comme le laissent supposer les empreintes visibles sur leur surface inférieure. Mélangées à des morceaux de tuyères, on les retrouve systématiquement dans la cuve du four (fig. 7, tableau 1). C'est d'ailleurs cette partie de la structure de réduction qui constitue le principal vestige archéologique de cette tradition. Elle se présente comme une cuvette creusée dans le sédiment, renforcée au niveau de sa partie supérieure par une paroi d'argile continue. La surface interne de ce revêtement présente des traces d'impact thermique plus important vers son sommet. Son bord, soigneusement lissé, ne présente ni trace d'arrachement, ni ouverture. Les bases de four sont disposées en batterie d'au moins quatre structures distantes, entre elles, de moins d'un mètre (fig. 8). Cette organisation spatiale et le bord lisse de la cuve peuvent faire penser à une cheminée amovible, utilisée plusieurs fois sur des fosses différentes. Cette pratique a été particulièrement bien étudiée chez les forgerons haousa par Nicole Échard (1983). Elle est aussi évoquée par plusieurs archéologues pour expliquer les vestiges sidérurgiques découverts sur leurs sites (Serneels *et al.* 2012 ; Guillon *et al.* 2016 ; Chieze 1991 ; Robert-Chaleix 1994).

Que signifie la diversité sidérurgique du Dendi ?

Les traditions sidérurgiques du Dendi font toutes appel à la méthode directe avec séparation de la scorie et du fer. Leurs bas fourneaux possèdent tous une superstructure et la combustion du charbon de bois est assurée par une

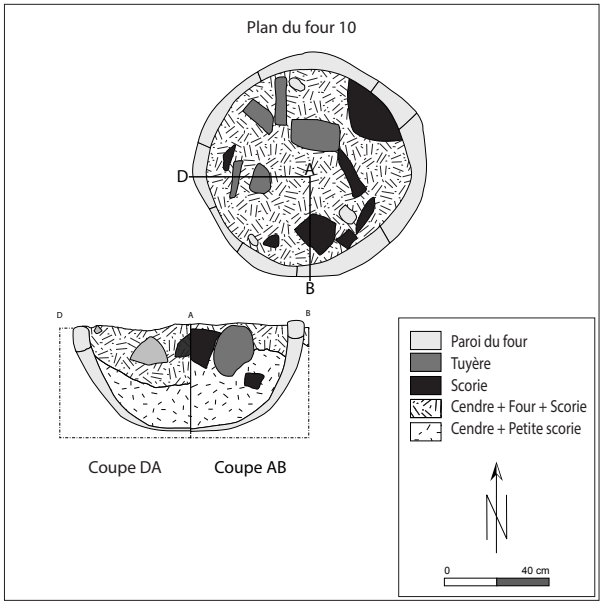


Fig. 7 : Plan et coupes de la base du fourneau 10 du site Toumboutou 2.

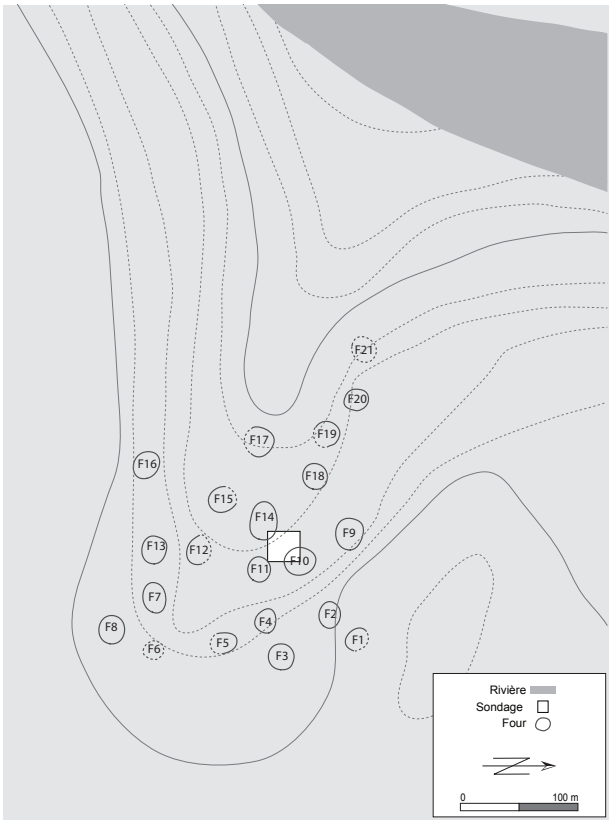


Fig. 8 : Relevé topographique général du site Toumboutou 2, avec les bases de fourneaux.

ventilation naturelle ou, dans un cas, artificielle. L'étude macroscopique et morphologique des scories et des fourneaux a permis de distinguer deux grandes variations, l'une d'ordre technique, et l'autre, d'ordre économique (tableau 1). La variation technique porte principalement sur l'évacuation des scories durant la réduction du minerai de fer. Les métallurgistes peuvent faire le choix d'évacuer les scories à l'extérieur du four en réalisant une ouverture dans la porte scellée, par laquelle les déchets vont s'écouler, ou celui de maintenir les scories à l'intérieur du four en aménageant, à l'aplomb de la cuve, une fosse qui réceptionnera les déchets. C'est l'étude macroscopique des scories qui, dans la plupart des cas, permet de définir le mode de séparation entre les déchets et le fer, la forme de la cuve et donc la technologie mobilisée[7]. Leur étude permet d'avancer des hypothèses sur leur mode de formation et apporte des points de comparaison entre les systèmes sidérurgiques. Ainsi, l'évacuation des scories de la tradition 1 est latérale alors que celle des scories des traditions 2, 3, 4 et 5 est verticale. L'autre variation technique concerne le mode de ventilation. L'alimentation en air (*i.e.* en oxygène) des fours peut être naturelle ou mécanique. L'emploi d'un système donné peut avoir des conséquences sur la taille de la structure de réduction – souvent plus petite, dans le cas d'une alimentation mécanique – et sur le nombre de personnes mobilisées – aucune, dans le cas de la ventilation naturelle, et d'une à plusieurs, selon le nombre de soufflets à actionner, dans le cas de la ventilation artificielle. Les vestiges archéologiques qui se rapportent au procédé d'alimentation de l'air sont les tuyères et les évents[8]. Mais ces dispositifs existent quel que soit le procédé considéré, et leurs caractéristiques propres ne nous renseignent que rarement sur les modes d'alimentation (naturel *vs* artificiel) auxquels ils contribuent pourtant. Dans le Dendi, seule la tradition 4 semble correspondre à une ventilation artificielle. Une autre variation importante concerne l'utilisation du four. Les métallurgistes peuvent faire le choix de n'utiliser leur structure qu'une seule fois, ou celui de la réutiliser. Cette décision influe sur la construction de la structure et sur l'organisation spatiale de l'atelier. Classiquement, l'absence de porte oblige les artisans à casser la superstructure du four pour récupérer le fer brut, à moins que celle-ci n'ait été construite indépendamment de la cuve, de manière à pouvoir être déplacée sur une nouvelle fosse, après chaque réduction. Si elle n'est pas endommagée, cette cheminée amovible, d'une grande fragilité, est déplacée sur différentes cuves pour qu'y soient

7. Des analyses minéralogiques et chimiques sur les scories peuvent être effectuées en laboratoire afin de préciser leurs conditions de formation – ou de les définir, lorsque ces artefacts sont trop fragmentés.
8. Les évents sont les ouvertures, présentes entre la cuve et la superstructure du four, dans lesquelles sont insérées les tuyères.

réalisées d'autres opérations de réduction. En fin de saison, elle pouvait être détruite et abandonnée, comme c'était le cas chez les Hausa de l'Ader (Niger ; Échard 1983). Les ateliers sidérurgiques qui présentent des fours à cheminée amovible se caractérisent par une disposition des fours en batteries alignées ou agrégées[9]. Cette organisation spatiale particulière des bases de fours est d'ailleurs bien souvent le seul indice archéologique d'une utilisation de cheminée amovible. Le déplacement de l'espace de réduction et l'absence d'accumulation des déchets provenant d'opérations successives[10] se retrouvent également sur les ateliers où les fours sont à usage unique. Dans ces deux cas, l'intensité de la production se mesure au nombre de bases de four recensées. L'évacuation des scories à l'extérieur du fourneau et l'aménagement d'une ouverture, temporairement obturée par une porte au travers de laquelle l'éponge sera extraite, permettent, en revanche, d'utiliser plusieurs fois la structure de réduction, et cela durant plusieurs campagnes de production successives. La présence de couches de rechapage à l'extérieur et/ou à l'intérieur du four informe que ce dernier a bénéficié de travaux de reprise, et donc que plusieurs réductions s'y sont déroulées. Il est en effet important de reboucher chacune des fissures apparues sur la cheminée lors d'une réduction avant de procéder à la suivante, faute de quoi la superstructure risquerait de se fendre complètement. L'usage multiple d'un four engendre une accumulation des déchets provenant de réductions successives autour de la structure de réduction. Les volumes de ces amoncellements et donc la quantité de scories produites sont assez variables. Elles reflètent l'intensité et la durée de l'activité de chaque fourneau. Les sites qui présentent des fours ayant ce mode de fonctionnement regroupent souvent plusieurs structures de réduction, pour la plupart utilisées simultanément. Souvent, la production de fer y était importante, dépassant les besoins d'un seul village (Robion-Brunner *et al*. 2013). Les traditions 1 et 2 se caractérisent par des fours à usage multiple alors que les traditions 3, 4 et 5 se caractérisent par des fours à usage unique.

Les deux variations évoquées ne peuvent être mises sur le même plan. La réutilisation des fours n'est pas réservée à la méthode de séparation latérale (scorie externe), puisque nous la retrouvons dans la méthode de séparation verticale (scorie interne) de la tradition 2. La ventilation naturelle n'est pas non plus réservée à la méthode latérale. Elle n'est pas davantage corrélée à l'utilisation unique *vs* multiple des fours, puisque les fours à usage unique des traditions 3 et 5 et ceux à usage multiple des traditions 1 et 2 sont à tirage

9. Pour minimiser le déplacement de la cheminée, dont la paroi, souvent fine, est fragile, la nouvelle fosse est installée aussi près que possible de la précédente.
10. Les scories produites sont des scories internes, qui sont laissées au fond de la cuve du four après l'opération de réduction.

naturel. Par contre, la gestion des scories durant l'opération de réduction est totalement différente lorsque la séparation est latérale et lorsqu'elle est verticale. À la lumière des réflexions de Martinelli, nous pouvons interpréter la tradition 2 comme le résultat d'une innovation technique. En effet, le dispositif constitué par les tuyères placées à l'intérieur de la structure, avant le début de la réduction, avait pour objectif d'extraire le bloc de scorie interne sans trop abîmer la cuve du four. Les métallurgistes ont donc fait en sorte de pouvoir utiliser plusieurs fois leur appareil de réduction, malgré une séparation verticale de la scorie et la formation d'un gros bloc au fond du four. Cette réutilisation différencie clairement cette tradition des traditions 3, 4 et 5. Un tel choix technologique a des conséquences économiques : gain de temps pour la construction, économie de moyens dans les matériaux employés et les personnes mobilisées, et gain d'espace. Grâce à ce dispositif, les métallurgistes ont pérennisé leurs structures de réduction et leur atelier de production entre chaque campagne de production. Ils ont ainsi pu augmenter leur rythme de production, ou se libérer du temps pour d'autres activités. Certes, l'emploi de cheminée amovible diminue le temps de reconstruction de la structure, puisqu'une partie est réutilisable. Mais après chaque campagne de réduction, il faut en fabriquer une nouvelle. Ce dispositif présentait peut-être un gain de temps, d'énergie et de matériaux, mais pas d'espace.

En revanche, les différentes traditions sidérurgiques du Dendi ne laissent envisager aucune innovation technique au niveau des modes de séparation de la scorie. Elles sont l'expression de deux perceptions complètement différentes de la construction et de la conduite d'un four :

1. Évacuation des scories hors du four → Aménagement d'une ouverture en bas de la cuve = Tradition 1 ;
2. Conservation des scories à l'intérieur du four → Présence d'une fosse à l'aplomb de la cuve = Traditions 2, 3, 4 et 5.

Il ne semble pas non plus y avoir eu de changement ou d'amélioration du mode de ventilation. À l'exception de la tradition 4, les traditions identifiées possèdent toutes des fours fonctionnant par tirage naturel.

La distribution géographique des cinq traditions sidérurgiques du Dendi montre que la zone du nord-ouest est plus diverse que celle du sud-est (fig. 2). En effet, toutes les traditions sont présentes autour du village de Pékinga, alors que seulement deux d'entre elles ont été repérées autour de Mallanville. Actuellement, nous ne savons pas si ces différentes techniques ont été, au moins pour un temps, contemporaines ou si elles n'ont fait que se succéder. Toutefois, une série de 12 dates radiocarbone (pour les périodes anciennes) et les enquêtes orales (pour les périodes récentes) montrent que

du fer était produit dans le Dendi à la fin du Ier millénaire de notre ère, et que cette activité cesse progressivement, au début du XXe siècle (tableau 1) :

1. La tradition 1 est présente entre le IXe et le XIIe siècle de notre ère près de Kompa et de Mallanville ;
2. La tradition 5 est présente durant le XVIIe siècle près de Mallanville ;
3. La tradition 2 est présente entre la fin du XVIIIe et le début du XXe siècle près de Pékinga ;
4. La tradition 3 est présente durant le XIXe et le début du XXe siècle près de Pékinga (Robion-Brunner, 2018).

Les données archéologiques sont encore insuffisantes pour apprécier le début et le développement de la métallurgie du fer dans le Dendi. Néanmoins, la variabilité des vestiges sidérurgiques semble refléter des évolutions significatives dans l'histoire du peuplement de cette région. Comme toute technique, les techniques métallurgiques traduisent l'identité sociale de leurs concepteurs et utilisateurs (Celis 1991 ; Sutton 1985). Le style (ou la manière de faire) est généralement perçu comme l'affirmation d'une identité par des choix techniques et/ou culturels : matériaux, morphologie, dimensions, mode de séparation scorie/fer, type de ventilation. Il ne peut pas être conçu sans opposition ni affirmation d'altérité (Gallay 2000). Cela signe les habitudes d'un groupe de personnes spécifiques. Les artisans se reconnaissent par le procédé technique qu'ils maîtrisent. L'opération de choix fonctionnels, déterminants mais pas nécessairement conscients (Lemonnier 1994), individualise leur manière de faire, leurs savoirs et connaissances. Ces choix sont détenus, partagés et transmis au sein du groupe.

La diversité des techniques sidérurgiques dans le Dendi pourrait faire écho à l'histoire du peuplement de cette région. Certes, les données historiques collectées par enquête couvrent seulement les trois derniers siècles, mais, rien que pour cette période, elles rendent compte d'une histoire du peuplement complexe[11]. En effet, les forgerons actuels du Dendi ont trois origines ethniques : tchenga, zarma et gourmantché[12]. Les Tchenga sont originaires du Nigéria (village de Kassati). À la fin du XVIIIe siècle, ils sont appelés par le chef de Karimama, suite à la destruction de son village par les Zarma, venus du Niger. Il semble qu'ils remplacent des forgerons de même origine ethnique, tués ou capturés lors de cette attaque. Au même moment, la première vague de forgerons zarma, originaires de la rive gauche du fleuve Niger, arrive dans le Dendi. Il semble que ces derniers

11. Les données recueillies lors de nos enquêtes sur l'histoire du peuplement du Dendi rejoignent celles produites par Olivier Walther (2014). L'histoire des forgerons est ainsi très proche de celle des autres artisans et populations occupant actuellement le Dendi.
12. Le mariage interethnique et interprofessionnel est autorisé dans cette partie de l'Afrique ; il n'y a pas de pratique d'endogamie mise en place.

aient eu un statut servile. Ils accompagnaient les Peuls et les Songhay venus s'installer dans la région. Ils auraient très rapidement fui leurs maîtres et quitté le Dendi. La seconde vague de migration a eu lieu au début du XIX^e siècle. Ces forgerons zarma seraient venus de leur propre initiative, pour des raisons économiques ou d'accès au minerai de fer, épuisé dans leur région d'origine. Ils produisaient du fer, durant le XIX^e et le début du XX^e siècle, dans les fours de tradition 3[13]. Les forgerons gourmantché sont les derniers à être arrivés dans le Dendi. Leur installation eut lieu au milieu du XIX^e siècle. Ils ne semblent pas impliqués dans la production du fer, mais seulement dans la fabrication d'objets métalliques. Toutefois, un seul village gourmantché, Kofounou, ayant fait l'objet d'enquêtes orales, nos informations sont trop partielles pour nous permettre de préciser le ou les types d'activités métallurgiques pratiqués par ce groupe.

Le Dendi semble donc être un carrefour où des groupes d'ethnies différentes, originaires de l'Est, du Nord-Est et du Nord-Ouest, se sont installés. Pour autant, à l'exception de la tradition 3 qui semble attribuable aux Zarma, nous ne pouvons pas encore rattacher les traditions sidérurgiques identifiées aux groupes ethniques de forgerons récemment installés. Il est également trop tôt pour les mettre en relation avec les techniques observées dans d'autres régions de l'Ouest africain et ainsi les intégrer à une histoire plus globale. Pour ce faire, différents travaux sont nécessaires. D'une part, les sites étudiés sont trop peu nombreux, ce qui induit une discontinuité géographique très importante. D'autre part, il faut étudier d'autres éléments de la culture matérielle que ceux résultant de la métallurgie pour envisager des connexions entre les sites et ainsi identifier des mouvements migratoires ou des échanges d'objets et de savoirs. Mais, même si elles demandent à être multipliées, les études techniques permettent déjà de percevoir une évolution des procédés sidérurgiques, évolution manifestement en lien avec l'histoire du peuplement.

La diversité est-elle une affaire de style ?

Utiliser le concept de *style* pour interroger la diversité de la métallurgie, concept fondateur de la comparaison technique (Martinelli 2005), n'est pas nouveau (Childs 1991). Cette utilisation permet de ne pas seulement considérer les métallurgies comme des manifestations de principes techniques différents mais aussi comme des expressions d'une diversité de choix : formes et structures des fourneaux, dispositifs d'action, chaînes opératoires, autant d'éléments en relation avec les organisations sociales de production et les

13. Amadou Mounkala, doyen des forgerons de Pékinga, nous a conduite sur les sites sidérurgiques où ses parents produisaient du fer. Cette information, associée à l'analyse macroscopique des scories présentes sur ces ateliers, nous a permis de les attribuer à la tradition 3 et de dater celle-ci.

statuts sociaux des métallurgistes. Tout au long des réflexions sur l'histoire de la métallurgie et des différentes formes qu'elle a engendrées, nous nous heurtons, dans la compréhension de cette diversité, à la complexité de cette activité et à la pluralité des acteurs qu'elle engage. Il est donc important de réfléchir au sens que l'on donne à l'existence de choix socioculturels. Dans la notion de *choix*, il convient de distinguer les options qui font référence à des savoirs patrimonialisés (inamovibles, immuables, qui sont de l'ordre de la transmission), et celles qui sont des réponses à des situations ponctuelles (immédiates, variables, qui sont de l'ordre de l'adaptation). C'est après évaluation de ces options, en fonction des effets et/ou des conséquences escomptés, que des innovations peuvent émerger. Les traditions techniques sont en mouvement et en continuelle transformation. Certains facteurs limitent ou génèrent des innovations techniques. Les identifier favorise notre compréhension de l'évolution des techniques concernées. Par exemple, le fourneau à haute colonne et induction naturelle peut être considéré comme une innovation technique (Martinelli 1993, 2002). Durant la seconde moitié du XVIII^e^ siècle au Yatenga, un État centralisé et une société stratifiée se mettent en place. C'est dans ces conditions que s'est accomplie une mutation importante de la technologie métallurgique. Les anciens fours étaient du type cellulaire à aération continue et à fosse. Ils donnaient des métaux en quantité limitée mais à forte proportion d'acier (Martinelli 2002 : 178). Appelés *bon-daase*, ils étaient conduits par des « agriculteurs ». À partir de la fin du XVIII^e^ siècle, toujours selon Martinelli (2002), s'est mis en place un nouveau mode de réduction directe, né de l'invention d'un four à haute colonne régi par une combustion lente et un système de ventilation par induction. Ce four, appelé *bonga*, est utilisé par les forgerons moose et conçu pour traiter d'importantes quantités de minerai. Ainsi, au Yatenga, des producteurs polyvalents sont devenus des forgerons métallurgistes, dans le cadre d'un processus de centralisation du pouvoir. En changeant leur technique et leur rapport à leur activité, ils ont répondu à la demande qui leur était faite de produire plus, notamment pour alimenter des marchés externes. La soumission au pouvoir de ces métallurgistes, puis leur consentement à un régime d'enclosure sociale, ont eu pour compensation un monopole accru sur la production du fer et une mobilité économique. En choisissant ce nouveau système technique (fours à haute colonne et ventilation naturelle), est-il précisé, les métallurgistes du Yatenga ont opté pour l'efficacité et l'économie de main-d'œuvre, l'utilisation de soufflets mobilisant souvent plusieurs personnes. Ces choix sont le résultat de transformations sociales et s'inscrivent dans un contexte politique et économique particulier. L'ensemble des décisions et mutations ne peut ici se comprendre que si l'on considère la technologie dans son contexte et sa globalité. Elles s'expriment sous la forme d'un style métallurgique distinctif.

La manière dont nous questionnons la diversité – convergence, divergence, notion de *choix* – est importante car elle influence directement notre analyse des raisons et des conséquences de la mise en place de celle-ci.

> Le style est le produit d'un système décisionnel caractérisé par une série d'analyses et de choix constitutifs d'une chaîne parallèle à la chaîne opératoire, celle des idéations et des raisonnements techniques. Cette chaîne décisionnelle apparaît plus ostensiblement aux points et moments critiques de la chaîne opératoire exigeant la concentration analytique des plus expérimentés parmi les acteurs. Elle se traduit par une conception totalisante du style essentiellement projetée sur le savoir-faire, sa patrimonialisation et sa transmission (Martinelli 2010).

Si nous reprenons l'exemple des traditions sidérurgiques du Dendi, nous voyons que l'innovation technique mise en place par les métallurgistes de la tradition 2 témoigne d'une volonté de réutiliser, et donc de pérenniser la structure de réduction. Cette pérennisation peut évidemment contribuer à fixer les métallurgistes sur un territoire. Mais, en retour, la relation des métallurgistes avec leur territoire peut avoir des conséquences techniques, notamment sur la manière de faire fonctionner le four. Et cette manière peut aussi traduire un contexte politique et économique favorisant l'ancrage géographique des sites de production. L'analyse du style éclaire les choix des Anciens, leur façon de concevoir leur activité et les conditions dans lesquelles celle-ci s'est développée. Certes, nous ne possédons pas de données ethnohistoriques et archéologiques qui pourraient permettre d'affirmer que la tradition 2 a fait office de transition entre les fours non réutilisables avec scorie interne et les fours réutilisables avec scorie coulée, mais il est intéressant de réfléchir aux passerelles entre les techniques et d'élaborer des hypothèses, qu'il faudra bien entendu valider ou invalider par la suite[14]. De nouvelles recherches associées à des analyses archéométriques de vestiges archéologiques (datation, analyses physico-chimiques et pétrographiques) donneront une image plus claire de l'histoire de la métallurgie du Dendi.

14. Pour l'instant, les recherches archéologiques menées par la partie internationale sont à l'arrêt car la région du Dendi est située dans une zone fortement déconseillée par le ministère des Affaires étrangères français.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Barros Philip Lynton de, 1986, *The Bassar: Large-Scale Iron Producers of the West African savannah*. Ph.D. thesis, University of California, Los Angeles (USA).

Celis Georges, 1991, *Les Fonderies africaines du fer, un grand métier disparu*, Francfort-sur-le-Main, Museum für Völkerkunde.

Chieze Valérie, 1991, La métallurgie du fer dans la zone lacustre, archéologie-archéométrie, *in* Michel Raimbault, Kléna Sanogo, *Recherches archéologiques au Mali*, Paris, Karthala : 449-472.

Childs Terry, 1991, Style, Technology, and Iron Smelting Furnaces in Bantu-Speaking Africa, *Journal of Anthropological Archaeology* 10: 332-359.

Childs Terry, Killick David, 1993, Indigenous African Metallurgy: Nature and Culture, *Annual Review of Anthropology* 2 : 317-337.

Cline Walter, 1937, *Mining and Metallurgy in Negro Africa*, Menasha, George Banta Publishing 5, « General Series in Anthropology ».

Chirikure Shadreck, Burret Rob, Heimann Robert B., 2009, Beyond Furnaces and Slags: A Review Study of Bellows and Their Role in Indigenous African Metallurgical Process, *Azania* 44 (2) : 195-215.

Échard Nicole, 1983, Scories et symboles, remarques sur la métallurgie hausa du fer au Niger, *in* Nicole Échard (textes réunis par), *Métallurgies africaines. Nouvelles contributions*, Paris, Mémoires de la Société des africanistes 9 : 173-197.

Fabre Jean-Marc, 2009, La métallurgie du fer au Sahel burkinabé à la fin du I^er^ millénaire AD, *in* Sonja Magnavita, Lassina Koté, Peter Breunig, Oumarou Idé, *Crossroads, Cultural and Technological Developments in First Millennium BC/AD West Africa*, Francfort-sur-le-Main, Africa Magna Verlag : 167-178.

Gallay Alain, 2000, Cultures, styles, ethnies : quel choix pour l'archéologue ? *in* Raffaelle de Marinis, Simonetta Biaggio Simona (dir.), *I Leponti: tra mito e realtà*, Locarno, Gruppo Archeologia Ticino : 71-78.

Guillon Rodrigue, Petit Christophe, Rajot Jean-Louis, Touré Amadou Abdourhamane, Idé Oumarou, Garba Zibo, 2016, Classification et chronologie de bas fourneau de réduction du fer à usage unique au sud-ouest du Niger, *Journal of African Archaeology* 14 (1) : 55-82.

Kense François, 1985, The Initial Diffusion of Iron to Africa, *in* Randi Haaland, Peter Shinnie, *African Iron Working: Ancient and*
Traditional, Oslo, Norwegian University Press : 11-27.

Kiénon-Kaboré Hélène, 2003, *La Métallurgie ancienne du fer au Burkina Faso : province du Bulkiemdé. Approche ethnologique, historique, archéologique et métallographique*, Paris, L'Harmattan.

Kiethéga Jean-Baptiste, 2009, *La Métallurgie lourde du fer au Burkina Faso. Une technologie à l'époque précoloniale*, Paris, Karthala.

Killick David, 1991, The Relevance of Recent African Iron-smelting Practice to Reconstructions of Prehistoric Smelting Technology, *MASCA Research Papers in Science and Archaeology* 8 (1) : 47-54.

Langlois Olivier, 2006, De l'organisation bipartite du travail du fer dans les monts Mandara septentrionaux, *Techniques & culture* 46-47 : 175-209.

Lemonnier Pierre, 2010, L'étude des systèmes techniques, *Techniques & culture* 54-55 (1) : 49-67.

Leroi-Gourhan André, 1971 [1943], *L'Homme et la Matière*, Paris, Albin Michel, « Sciences d'aujourd'hui ».

Mangin Michel, Dabosi Francis, Domergue Claude, Fluzin Philippe, Leroy Marc, Merluzzo Paul, Ploquin Alain, Serneels Vincent, 2004, *Le Fer*, Paris, Éditions Errance.

Maret Pierre de, 1980, Ceux qui jouent avec le feu : la place du forgeron en Afrique centrale, *Africa, Journal of the International African Institute* 50 (3) : 263-279.

— 1985, The Smith's Myth and the Origin of Leadership in Central Africa, *in* Randi Haaland, Peter Shinnie (eds.), *African Iron Working: Ancient and Traditional*, Oslo, Norwegian University Press : 73-87.

Martinelli Bruno, 1993, Fonderies ouest-africaines. Classement comparatif et tendances, *Techniques & culture* 21 : 195-221.

— 2002, Au seuil de la métallurgie intensive. Le choix de la combustion lente dans la boucle du Niger (Burkina Faso et Mali), *in* Hamady Bocoum (dir.), *Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique : une ancienneté méconnue. Afrique de l'Ouest et Afrique centrale*, Paris, Éditions Unesco : 165-188.

— (dir.), 2005, *L'Interrogation du style. Anthropologie, technique et esthétique*, Aix-en-Provence, Presses de l'université de Provence.

— 2010, Pourquoi la sidérurgie africaine est-elle affaire de style ? Communication orale lors du colloque *Métallurgie du fer et société africaines*, Aix-en-Provence, Maison méditerranéenne des sciences de l'homme.

McNaughton Patrick, 1993, *The Mande Blacksmith: Knowledge, Power, and Art in West Africa*, Bloomington/Indianapolis, Indiana University Press.

Miller Ducan E., van der Merwe Nikolaas J., 1994, Early Metal Working in Sub-Saharan Africa: A Review of Recent Research, *Journal of African History* 35 (1) : 1-36.

Pole Len Michael, 1985, Furnace Design and the Smelting Operation: A Survey of Written Reports of Irin in West Africa, *in* Randi Haaland, Peter Shinnie, *African Iron Working: Ancient and Traditional*, Oslo, Norwegian University Press : 142-163.

Robert-Chaleix Denise, 1994, Métallurgie du fer dans la moyenne vallée du Sénégal : les bas fourneaux de Silla, *Journal des africanistes* 64 (2) : 113-127.

Robion-Brunner Caroline, 2010, *Peuplements des forgerons et traditions sidérurgiques : Vers une histoire de la production du fer sur le plateau*

de Bandiagara (pays dogon, Mali) durant les empires précoloniaux, monographie du programme *Paléoenvironnement et peuplement humain en Afrique de l'Ouest*, Francfort-sur-le-Main, Africa Magna Verlag.

— 2018, Ironworking, *in* Anne Haour (dir.), *Two Thousand Years in Dendi, Northern Benin. Archaeology, History and Memory*, London, Brill : 174-192.

Robion-Brunner Caroline, Haour Anne, Coustures Marie-Pierre, Champion Louis, 2015, Iron Production in the Northern Benin: Excavations at Kompa Moussékoubou, *Journal of African Archaeology* 13 (1) : 39-57.

Serneels Vincent, Kiénon-Kaboré Hélène, Koté Lassina, Kouassi Siméon, Ramseyer Denis, Simporé Lassina, 2012, Origine et développement de la métallurgie du fer au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire. Premiers résultats sur le site sidérurgique de Korsimoro (Sanmatenga, Burkina Faso), *Jahresbericht 2011 der Schweizerisch-Liechtensteinische Stiftung für Archäologische Forschungen im Ausland (SLSA)* : 23-54.

Schippers K. Thomas, 2004, La cartographie, serpent de mer de l'ethnologie européenne, *Ethnologie française* 34 : 627-637.

Sutton John, 1985, Temporal and Spatial Variability in African Iron Furnaces, *in* Randi Haaland, Peter Shinnie (eds.), *African Iron Working: Ancient and Traditional*, Oslo, Norwegian University Press : 164-191.

Tylecote Ronald, 1987, *The Early History of Metallurgy in Europe*, Londres, Longman.

Walther Olivier, 2014, La construction historique de la région frontalière du Dendi (Afrique de l'Ouest), *in* Amadou Boureima, Dambo Lawali, *Sahel : entre crises et espoirs*, Paris, L'Harmattan : 89-108.