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).

Vincent Serneels[1], Hélène Timpoko Kiénon-Kaboré[2], Lassina Koté[3], Siméon Kouakou Kouassi[2], Denis Ramseyer[4], Lassina Simporé[3]

Résumé

En 2011–12, deux campagnes de recherche sur le terrain ont été organisées à Korsimoro (Burkina Faso), avec les universités de Ouagadougou, Abidjan. Par le passé, Korsimoro a été un centre de production du fer majeur à l'échelle de la région, comme en témoignent de très volumineux amas de scories, résidus issus de la réduction du minerai de fer au bas fourneau. Les travaux effectués, relevés topographiques détaillés, sondages stratigraphiques et fouilles de fourneaux, visent à caractériser les technologies, à dater l'activité et à quantifier la production.

Sur une bande de 10 km de long, une dizaine de concentrations de vestiges ont été identifiées. La masse totale de scories est estimée entre 100'000 et 200'000 tonnes. Quatre traditions techniques différentes se succèdent entre le 7e et le 17e siècle de notre ère. Plus de 90 % des déchets ont été produits entre le 11e et le 16e siècle, c'est-à-dire principalement avant la formation des royaumes mossé.

1. Le projet «Origine et développement de la métallurgie du fer au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire».

L'Afrique de l'Ouest possède un extraordinaire patrimoine dans le domaine des vestiges sidérurgiques (Killick 2004). D'innombrables sites livrent des traces de la production du fer telles que des fourneaux en ruines et des amoncellements de scories, parfois immenses. Ces vestiges témoignent d'une utilisation très ancienne du fer. Il est établi que ce métal est régulièrement utilisé par les populations ouest africaines au cours de la seconde moitié du premier millénaire avant notre ère. Il existe des indices archéologiques qui pourraient indiquer une histoire encore plus ancienne. Cette question de la grande ancienneté de la sidérurgie et de son éventuel caractère autochtone est au cœur d'un important débat scientifique (Alpern 2005, Bocoum 2002).

Les milliers de tonnes de déchets métallurgiques témoignent aussi de l'importance quantitative de la production de fer. Avant la colonisation, en Afrique de l'Ouest, du fer a été produit et utilisé en quantités énormes. Cette phase d'intensification de la sidérurgie correspond à une profonde mutation des sociétés dans la bande sahélienne avec la mise en place d'empires et de royaumes, dès la fin du premier millénaire de notre ère (MacEachern 2004). Comprendre le rôle du fer dans cette transformation sociale et économique est une question fondamentale.

De l'embouchure du Sénégal à la Corne de l'Afrique, des vestiges métallurgiques significatifs sur le plan des quantités sont signalés dans plus de trente districts mais les enquêtes archéologiques approfondies ne sont qu'à peine ébauchées dans la plupart d'entre eux. On manque d'informations fiables sur la chronologie, les caractéristiques techniques et les quantités. Il faut entreprendre un immense travail de recensement et d'étude de ces vestiges, accompagné de datations absolues, de descriptions techniques et d'une approche quantitative. Le projet «Origine et développement de la métallurgie au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire» vise à apporter une contribution à cette tâche de longue haleine, à travers l'étude approfondie de quelques sites, mais aussi par le biais de la formation des jeunes chercheurs africains.

Le projet a débuté en 2010 (Kienon-Kaboré et al. 2011). Une première campagne de recherches sur le site de Korsimoro (Sanmatenga/Burkina Faso) s'est déroulée en janvier-février 2011, avec une équipe internationale (Suisse, Burkina Faso, Côte d'Ivoire). Des prospections ont été effectuées, en Côte d'Ivoire et au Burkina, par les

1 Département de Géosciences, Université de Fribourg, Suisse. Vincent.serneels@unifr.ch
2 Département d'Archéologie, Institut des Sciences Anthropologiques du Développement (ISAD), Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire.
3 Département d'Histoire et d'Archéologie (DHA), Université de Ouagadougou, Burkina Faso.
4 Département d'Archéologie, Université de Neuchâtel, Suisse.

Fig. 1 Les participants aux campagnes 2011 et 2012 de Korsimoro.

équipes locales entre mars et juillet 2011. La seconde campagne de recherches sur le terrain a été organisée à Korsimoro (décembre 2011–janvier 2012), en raison de la situation instable en Côte d'Ivoire.

1.1 Equipes et collaboration

Le projet a été initié par V. Serneels (Département de Géosciences, Université de Fribourg) et D. Ramseyer (Institut d'Archéologie, Université de Neuchâtel). Le Département d'Histoire et d'Archéologie (DHA) de l'Université de Ouagadougou ainsi que le Département d'Archéologie de l'Institut des Sciences Anthropologiques de Développement (ISAD) de l'Université de Cocody à Abidjan sont directement associés aux travaux. V. Serneels a encadré les travaux de terrain à Korsimoro au cours des deux campagnes, avec l'aide de trois chercheurs et deux étudiants suisses. E. Ilboudo, H. T. Kiénon-Kaboré, L. Koté, S. K. Kouassi et L. Simporé ont participé à l'encadrement de leurs étudiants sur le terrain. L. Simporé a pris en charge la plus grande partie de l'organisation pratique des deux campagnes. Vingt et un étudiants (licence et maîtrise) et neuf doctorants africains ont participé aux recherches[1] (Fig. 1). Toute l'équipe est redevable aux habitants de Korsimoro, en particulier ceux qui ont contribué à l'intendance, ainsi qu'aux autorités locales pour le bon déroulement de l'opération. Un remerciement particulier va à M. Martin Ouedraogo pour la mise à disposition d'un logement de qualité pour l'équipe.

1.2 Méthodologie

L'étude des sites métallurgiques sur le terrain vise à apporter des réponses à trois questions principales. Il s'agit d'abord de caractériser les traditions techniques présentes. Cette caractérisation repose sur la description des déchets métallurgiques (différentes sortes de scories, etc) et les proportions entre ces déchets. Il faut aussi décrire l'architecture des fourneaux: forme, dimensions et matériaux de construction. Les éléments d'architecture et le dispositif d'aération (tuyères) fournissent aussi des informations. Enfin, il faut observer l'organisation spatiale des zones d'activité. L'ensemble de ces critères permet de définir des traditions techniques. Ainsi définies, ces traditions techniques peuvent être comparées dans le temps et dans l'espace avec d'autres découvertes archéologiques.

La seconde question essentielle est celle de la chronologie. En général, elle repose sur des observations stratigraphiques ou géomorphologiques, mais surtout sur les da-

[1] Liste des participants aux recherches de Korsimoro 2011–2012:
Département de Géosciences, Université de Fribourg, Suisse: Prof. V. Serneels, Dr. I. Katona-Serneels, El Kateb A.
Département d'Archéologie, Université de Neuchâtel, Suisse: Jobin P.
Service Archéologique de l'Etat de Fribourg, Suisse: Kramer L., Mauvilly M.
Institut für Geophysik, ETH Zürich, Schweiz: Dr. F. Donadini
Département d'Histoire et d'Archéologie (DHA), Université de Ouagadougou, Burkina Faso: Dr L. Koté, Dr. E. Ilboudo, Dr, L. Simporé, Batiébo J., Bazié T., Birba S., Farma H., Ki L., Nombré I., Ouédraogo H., Ouédraogo Hu., Ouédraogo R., Ouédraogo S., Porgo S., Sawadogo J., Sawadogo N., Sawadogo Y., Sogodogo B., Traoré T., Zabré A.
Département d'Archéologie, Institut des Sciences Anthropologiques de Développement (ISAD), Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire: Dr H. T. Kiénon-Kaboré, Dr. S. K. Kouassi, Kazio D.J., Kouassi P., Tié Bi G. R., Yao K. N., Yéo A. Zougrana A.B.
Département d'Histoire et d'Archéologie (DHA), Université de Koudougou, Burkina Faso: Gnamou I., Ilboudo P., Koussoubé H., Mandalo S. P., Salambéré G.
Université de Ndjaména, Tchad: Mbairo J.
Département d'Histoire et d'Archéologie, Université de Bamako, Mali Traoré B.

Fig. 2 Localisation de la zone d'étude de Korsimoro (Burkina Faso/Afrique de l'Ouest).

tations absolues, essentiellement les datations par la méthode du ^{14}C sur les charbons de bois associés aux vestiges.

Enfin, la troisième question est celle de la quantification (Perret/Serneels 2006). il faut essayer d'estimer les quantités de déchets qui reflètent l'intensité de l'activité. Cette donnée de base permet ensuite une réflexion sur les flux de matières premières et de produits ainsi que sur l'organisation de la force de travail et l'impact écologique.

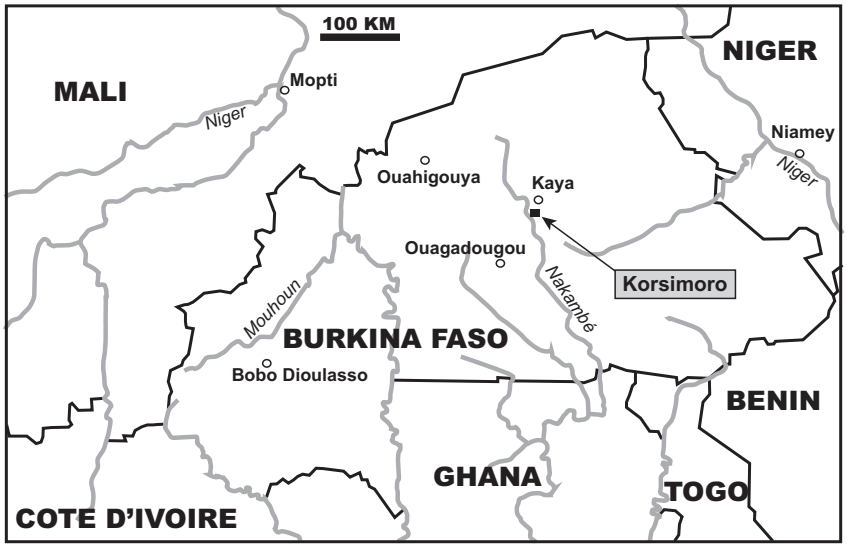
Sur des sites de grandes dimensions, il faut combiner la prospection (utilisation des photos satellite, GPS, relevés topographiques à différentes échelles) et les sondages stratigraphiques (épaisseur des amas de scories et mesure in situ de la masse de scories par unité de volume, prélèvements de charbons) ainsi que les fouilles de fourneaux (étude architecturale, matériaux de construction, datation). Les analyses de laboratoire des scories apportent des informations supplémentaires sur les conditions physico-chimiques (températures, etc.) des opérations et permettent de calculer un bilan chimique et la quantité de fer produite. Le site de Korsimoro, au Burkina Faso, a été choisi pour mener à bien une étude pilote en étroite collaboration avec les chercheurs de Ouagadougou et d'Abidjan.

2. Le village de Korsimoro et ses vestiges archéologiques

2.1 Contextes géographique et historique

Le village de Korsimoro se trouve à environ 70 km au Nord-Est de Ouagadougou, en direction de Kaya, dans la province du Sanmatenga (Fig. 2). C'est un pays de collines basses avec un couvert végétal de savane arborée typique de la zone sahélienne. Il fait partie du bassin du cours supérieur de la rivière Nakambe ou Volta Blanche. L'agglomération se développe à proximité d'un petit lac de barrage aménagé sur un cours d'eau qui s'écoule vers le Sud-Ouest. Dans les environs du village moderne, les buttes et les épandages constitués de scories et autres déchets métallurgiques sont très nombreux. D'autres traces d'occupation humaine telles que des buttes anthropiques et des nécropoles sont également présentes.

Avant la colonisation, cette région se trouve au cœur du Moogo, le pays des Moosé qui est constitué par une série de royaumes indépendants partageant une religion et une organisation sociale similaire. Ces Etats se mettent en place progressivement aux 14–15e siècles[2], à la faveur de la migration des groupes Dagomba-Nakoomsé originaires du nord du Ghana actuel et de leur fusion avec les populations autochtones. Le royaume de Busma se met en place au cours du 16e siècle, d'abord sous l'égide du Wogdogo, le royaume de Ouagadougou. Le premier souverain, naaba Nabigswendé est un fils du roi de Wogdogo (Sawadogo 1994). La première capitale du Busma est établie à Kugr-zugu, un quartier de l'actuelle commune de Korsimoro. Au début du



[2] La tradition orale des rois du Wogdogo, permet de reconstituer une liste précise des souverains et donne la durée de leur règnes respectifs (Tiendrebeogo 1963). Sur cette base, la fondation du Wogdogo remonterait au 12e siècle. Pour les périodes anciennes, il faut rester prudent quant à une interprétation trop rigide de ces données (Izard 1970, Pageard 1965).

18e siècle, à l'initiative de naaba Kieega, 17e souverain, le royaume de Busma affirme son indépendance par rapport à ses voisins et étend progressivement son autorité sur des territoires alentours. Dès ce moment, la capitale est transférée à Ouahigouya.

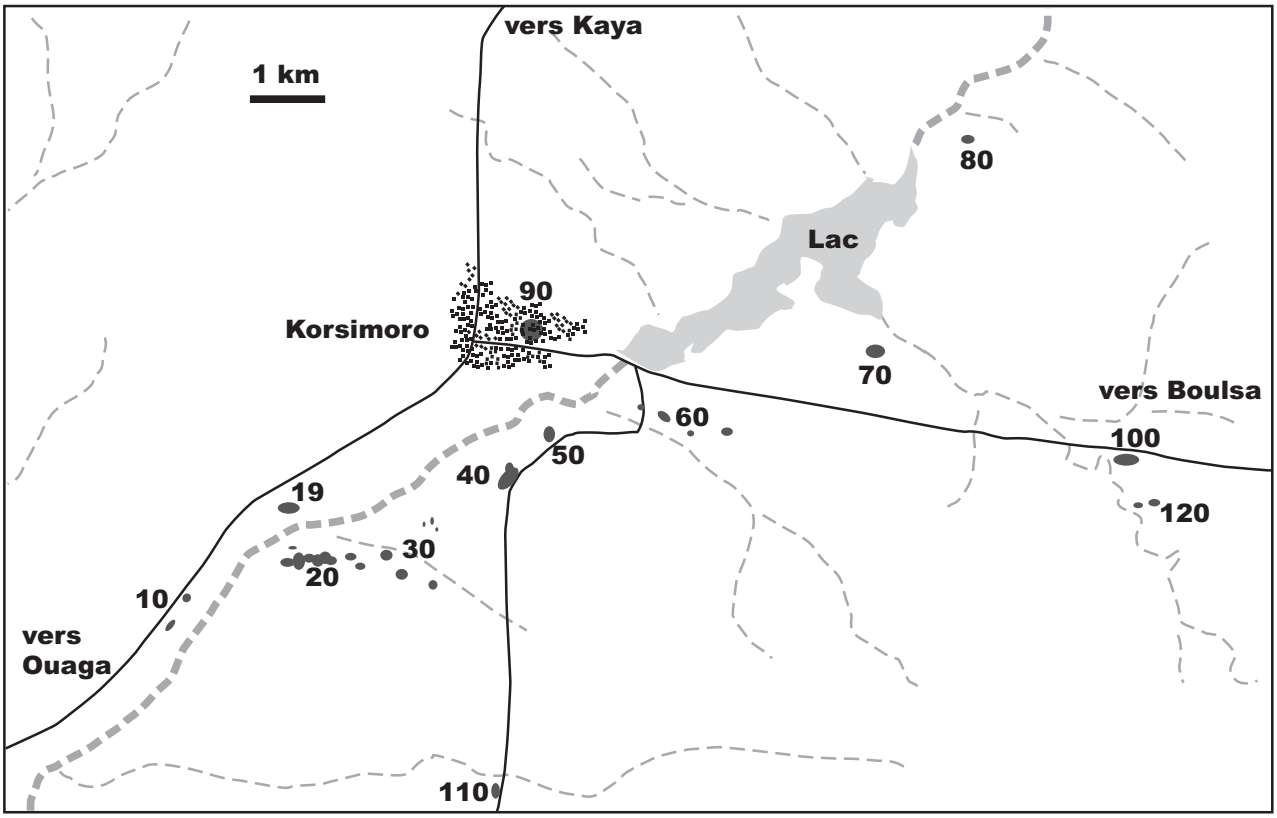
Avant l'arrivée des Dagomba-Nakoomsé, plusieurs groupes ethniques d'agriculteurs sédentaires occupent le territoire, principalement des Kibsi ou Dogon, des Ninsi et des Yonyonsé. L'histoire de ces peuplements plus anciens reste à établir.

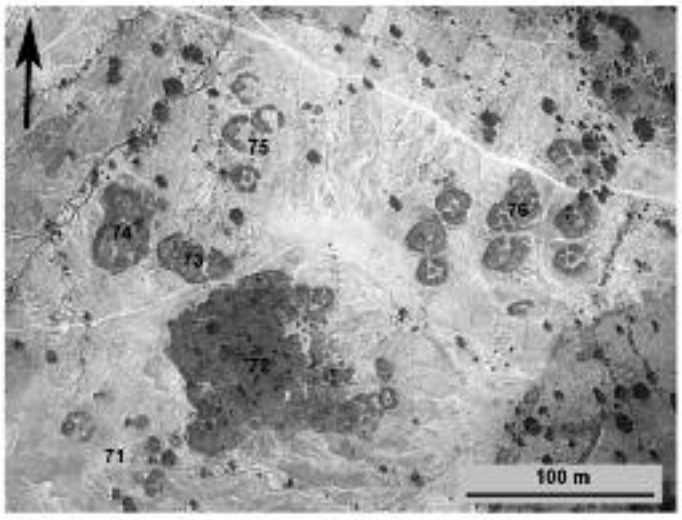
2.2 Les vestiges archéologiques liés à la production de fer

A Korsimoro, on recense une dizaine de concentrations significatives de vestiges métallurgiques, échelonnées sur une distance d'environ 10 km, principalement sur la rive Sud de la rivière (Fig. 3). Ces zones sont subdivisées en secteurs[3]. La concentration de scories la plus importante (zone 20) couvre environ 150'000 m² (750 × 200 m) avec une épaisseur moyenne de 0,5 m. Une dizaine d'autres zones de moindre superficie ont été localisées (Fig. 4). Dans l'état actuel de la recherche, on peut raisonnablement estimer

Fig. 3 Carte du complexe sidérurgique de Korsimoro (Burkina Faso). Le site est divisé en zones (10 à 120). Chaque zone est divisée en secteurs en fonction de la répartition des vestiges. Les travaux ont porté en 2011 sur la zone 20 et en 2012 sur les zones 50 et 100. Des prospections ont été effectuées sur la majorité des zones.

Fig. 4 Photo satellite de la zone 70 du complexe de Korsimoro. Les vestiges métallurgiques sont parfaitement visibles. Les secteurs 71, 75 et 76 correspondent à des groupes d'amas de scories annulaires appartenant à la tradition technique KRS 3. Les secteurs 72, 73 et 74 sont des épandages de scories sans organisation correspondant aux vestiges de la tradition technique KRS 2. Google Earth 2009.





[3] Le secteur 53 est le secteur 3 de la zone 50. La numérotation se fait globalement d'Est en Ouest.

Fig. 5 Datation ^{14}C des échantillons de Korsimoro. Beta Analytic Inc.www.radiocarbon.com

Numéro Chantier	Numéro Laboratoire BETA	Age mesuré	Age calibré 2 sigma	Localisation			Tradition Technique
				zone	secteur	structure	
KRSM 1	313115	560 +/- 30 BP	Cal AD 1390 - 1430	20	226	base de la couche de scories	KRS 3
KRSM 2	313116	920 +/- 30 BP	Cal AD 1030 - 1210	20	26-7	base de la couche de scories	KRS 2
KRSM 3	313117	860 +/- 30 BP	Cal AD 1030 - 1220	20	26-1 F1	base de la couche de scories	KRS 2
KRSM 4	313118	100 +/- 30 BP	Cal AD 1640 - 1670 Cal AD 1780 - 1800	20	22-7 F28	fond du fourneau	KRS 4
KRSM 5	313119	150 +/- 30 BP	Cal AD 1520 - 1660	20	22-7 F26	fond du fourneau	KRS 4
KRSM 6	313120	1150 +/- 30 BP	Cal AD 780 - 970	20	21-9 F2	fond du fourneau	KRS 1 ?
KRSM 7	313121	390 +/- 30 BP	Cal AD 1140 - 1520 Cal AD 1570 - 1630	20	24-12	base de la couche de scories	KRS 3
KRSM 8	313122	260 +/- 30 BP	Cal AD 1630 - 1670 Cal AD 1520 - 1560 Cal AD 1780 - 1800	999		base de la couche de scories	forge
KRSM 9	316570	650 +/- 30 BP	Cal AD 1280 - 1400	20	29-2 F1	remplissage du fourneau	KRS 3
KRSM 10	316571	920 +/- 30 BP	Cal AD 1020 - 1170	50	51 F1	remplissage du fourneau	KRS 2
KRSM 11	316572	1390 +/- 30 BP	Cal AD 640 - 680	50	52-1	habitat sous les scories KRS 3	
KRSM 12	316573	990 +/- 30 BP	Cal AD 710 - 890	50	53 F1	remplissage du fourneau	KRS 1
KRSM 13	316574	910 +/- 30 BP	Cal AD 1150 - 1220 Cal AD 1050 - 1140	100	104-1	base de la couche de scories	KRS 2
KRSM 14	316575	1030 +/- 30 BP	Cal AD 660 - 780	100	105 F24	remplissage du fourneau	KRS 1

la masse totale de scories entre 100'000 et 200'000 tonnes[4]. Des milliers de bases de fourneau sont visibles, émergeant des accumulations de débris. Au moins quatre traditions techniques différentes sont présentes.

Les habitants de Korsimoro n'ignorent ni la présence ni la nature de ces vestiges, mais la tradition orale est pauvre à leur sujet. Personne n'admet avoir assisté au fonctionnement de ces installations ni en connaître l'histoire[5]. Les premières datations obtenues couvrent une longue période d'environ 1'000 ans, entre le 7ème et le 17ème siècle AD (Fig. 5).

La première campagne de recherches (janvier-février 2011) a porté essentiellement sur l'étude de la zone 20. Seules quelques brèves prospections ont été effectuées en périphérie. Au cours de la seconde campagne (décembre 2011–janvier 2012), les travaux sur la zone 20 ont été achevés et la zone 50 a fait l'objet de recherches systématiques. La zone 100 a été étudiée rapidement mais s'est avérée très complexe, avec des zones d'habitats et des nécropoles. Les zones 10, 30, 40, 60 et 70 ont été prospectées et/ou partiellement étudiées. Faute de temps, les riches vestiges d'occupation, habitats et nécropoles, n'ont fait l'objet que de quelques sondages ponctuels et d'observations de surface[6].

2.3 Les différentes traditions techniques

Sur le site de Korsimoro, au sein des vestiges liés à la production du fer, on peut identifier quatre traditions techniques différentes (Fig. 6 et Fig. 7). Chacune d'elles est caractérisée par des déchets métallurgiques spécifiques, des fourneaux différents et une organisation spatiale particulière. Il faut aussi mentionner l'existence de vestiges qui, faute d'étude approfondie, n'ont pas encore pu être rattachés à l'une ou l'autre tradition technique. Au vu des observations préliminaires, on pense que des recherches complémentaires permettraient de mettre en évidence d'autres traditions techniques.

A ce stade de l'étude, il convient de rester prudent quant à la chronologie de l'occupation dans la mesure où l'on dispose seulement de 14 datations radiocarbones et que les relations stratigraphiques ou spatiales sur le terrain sont souvent ambiguës. Néanmoins, on constate une excellente corrélation entre les datations radiocarbones et l'attribution aux traditions techniques. On peut donc distinguer quatre horizons chronologiques correspondant chacun à une tradition technique. Provisoirement, les

[4] Les données récoltées sur le terrain (topographie détaillée avec nivellement, masse de scories par unité de volume) permettront d'établir un calcul précis. Les analyses chimiques des minerais et scories permettront de calculer une estimation de la quantité de fer produite sur le site (travail de Master de A. El Kateb, université de Fribourg – en cours).

[5] Les enquêtes orales sont restées très superficielles et seront approfondies à l'avenir par les chercheurs Burkinabé. Certains anciens gardent le souvenir de la production traditionnelle du fer, mais dans des villages voisins et pas à Korsimoro même.

[6] Dans la zone 20, plusieurs épandages de quartz taillés attestent d'une occupation antérieure à l'activité métallurgique. Aux alentours de cette zone, on note la présence de buttes associées à des concentrations de céramique et autres objets. Dans les zones 10 et 40, des vestiges d'ateliers de teinturerie ont été observés. Un sondage stratigraphique dans la zone 50 a permis de mettre en évidence des niveaux d'habitat. La zone 100 s'est avérée particulièrement riche en vestiges non métallurgiques, y compris de nombreuses tombes livrant des ossements, du mobilier céramique et des objets en fer (anneaux, perles, etc.).

TRADITION TECHNIQUE	KRS 1		KRS 2		KRS 3		KRS 4	
Datations	7e - 10e AD	3 dates	11e - 13e AD	4 dates	14e - 16e AD	3 dates	17e AD	2 dates
Organisation spatiale	batteries linéaires	5 à 10 fourneaux	fourneaux isolés		fourneaux isolés		batteries linéaires	10 à 50 fourneaux
disposition des fourneaux		5 à 20 m2	ou en petits alignements	3 à 5 fourneaux				10 à 50 m2
	avec amas de minerai						batteries aggrégées	50 à 150 fourneaux
	et amas de tuyères	env 10 tuyères						10 à 50 m2
	regroupement de batteries	50 à 150 fourneaux	regroupement de fourneaux	5 à 50 fourneaux			regroupement de batteries	10 à 350 fourneaux
		250 à 1000 m2	sans organisation apparente					10 à 1000 m2
Orientation	variable		non reconnue		systématique		variable	
disposition des rejets de scories	pas de rejet		épandages de blocs		amas de scorie annulaires	avec butte surélevée W	pas de rejet	
			grandes surfaces	500 à 5000 m2	diamètre	20 à 40 m		
			épaisseurs faibles	0,1 à 1 m	épaisseur	0,1 à 1,5 m		
masse totale de scorie reconnue	50 tonnes						20 tonnes	
masse totale de scorie estimée	pas plus de 500 tonnes		50'000 à 100'000 tonnes		20'000 à 50'000 tonnes		pas plus de 500 tonnes	
Fourneau	utilisation unique		utilisation multiple		utilisation multiple		utilisation unique	
ventilation supposée	tirage naturel		tirage naturel		tirage naturel		soufflets	une seule paire ?
évacuation de la scorie	scorie piégée laissée en place		scorie piégé fracturée et rejetée à l'extrérieur		scorie écoulée à l'extérieur		scorie piégée laissée en place	
					et scorie piégé fracturée et rejetée à l'extrérieur			
Section au niveau de circulation	circulaire	80 cm (60 - 110 cm)	circulaire	100 cm (90 - 110 cm)	circulaire ou elliptique	100 cm (90 - 150 cm)	circulaire	15 à 25 cm
Partie enterrée	cuvette tronconique	30 cm (20-40 cm)	cuvette cylindrique	60 cm	cuvette évasée ?	20 cm ?	fosse cylindrique	30 à 40 cm
Ouverture(s)	non		4 grandes	50 x 50 cm	5 (ou 4) grandes	dimensions mal connues	une seule supposée	5 x 5 à 10 x 10 cm
			dont une porte plus large		dont une porte plus large ?			
cheminée	amovible utilisée pour plusieurs opérations		cheminée faiblement conique		cheminée faiblement conique		cheminée cyclindrique supposée	
forme de la cheminée	inconnue / tronconique ?	100 - 150 cm ?	tronconique	200 cm ou plus ?	tronconique	150 cm ou plus ?	inconnue / cylindrique ?	moins de 50 cm
			resserrée à la base					
matériaux de la paroi / épaisseur	inconnu		mottes de banco	10 à 12 cm	tuyères recyclées et banco	8 à 12 cm	argile sableuse	5 à 10 cm
			rarement briquettes					
revêtement interne	inconnu		argile	3 à 5 cm	argile	2 à 5 cm	inconnu	
traces de rechapage	inconnu		fréquentes		fréquentes		inconnu	
dispositif d'accès	non		non		rampe ou escalier en scories ?		non	
estimation du volume de la cuve	0,3 m3		1 m3		1 m3		0.01 m3	
Tuyères	oui	banco	oui	banco	oui	banco	non	
Forme	cylindrique à extrémité conique		cylindrique		cylindrique			
diamètre externe / interne	15 à 17 cm	5 à 6 cm	12 à 15 cm	4 à 5 cm	7 à 9 cm	3 à 4 cm		
nombre de tuyères par fourneau	8 à 12		24 à 40		inconnu mais sans doute élevé		une seule arrivée d'air	
	tuyères utilisées pour plusieurs opérations		tuyères recyclées pour remplir la cuvette du fourneau		tuyères recyclées pour remplir la cuvette du fourneau			
	rejetées à la fin de la campagne				tuyères recyclées pour la construction des parois			
Scories	fayalitique		fayalitique	environ 500 kg / m3	fayalitique	environ 1000 kg / m3	fayalitique riche en fer	
masse de scorie par opération	10 à 200 kg	très variable	300 à 500 kg		inconnu		40 kg	10 à 60 kg
morphologie de la scorie	scorie piégée	bloc cylindrique massif	scorie piégée	bloc cylindrique massif	scories coulées	coulures plates	scorie piégée	bloc cylindrique
		ou bloc semi-cylindrique		fragmenté à l'extraction	et			bloc évasé vers le bas
		ou bloc informe			scorie piégée	bloc semi-cylindrique		
		ou placage sur la paroi				ou bloc informe		
particularité morphologique	paille calcinée à la base		contient des tuyères recyclées		contient des tuyères recyclées		tiges de mil verticales	

Fig. 6 Tableau comparatif des caractéristiques techniques des quatre traditions techniques mises en évidence sur le site de Korsimoro.

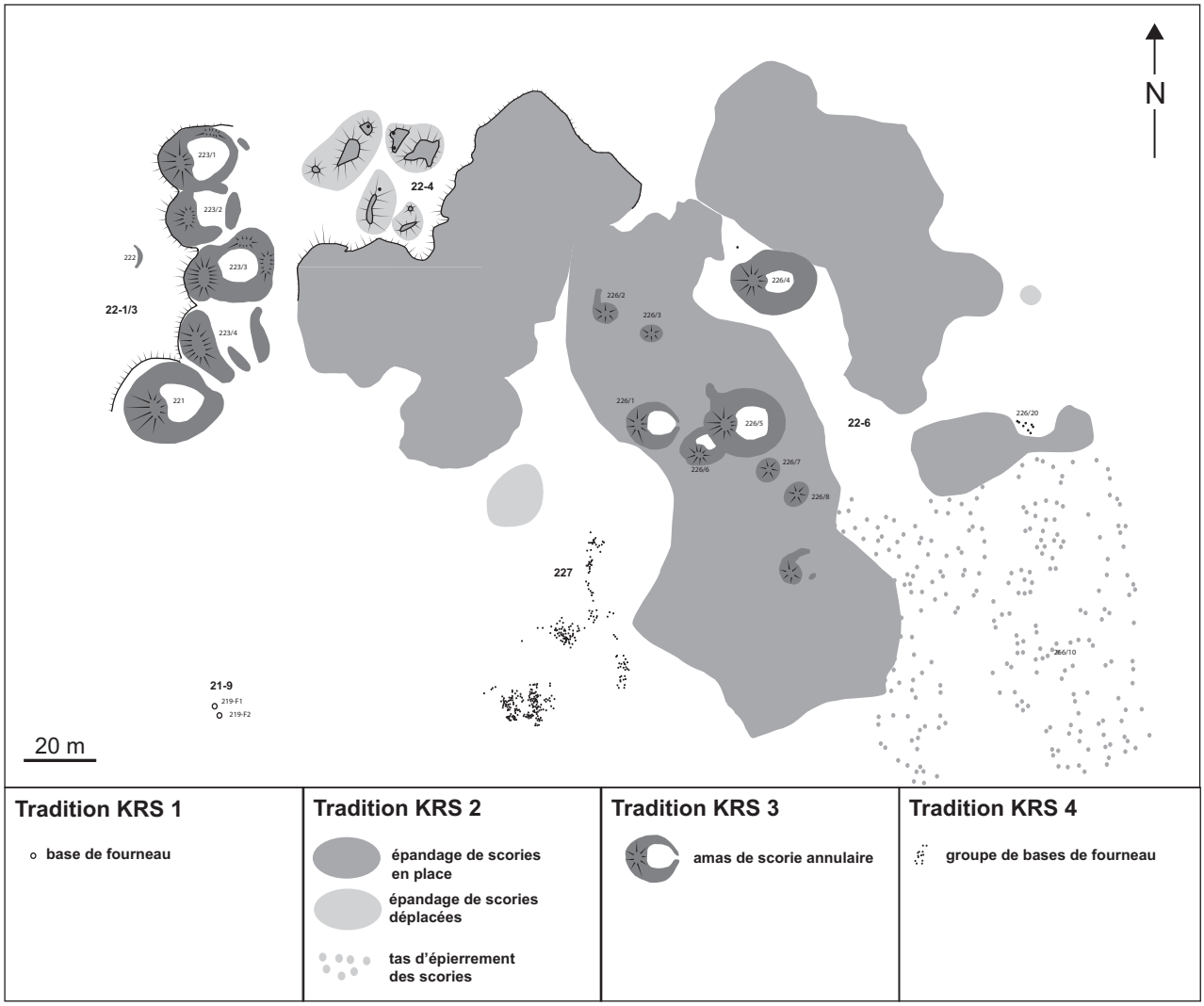


Fig. 7 Relevé topographique général de la partie Ouest de la zone 20 avec des vestiges appartenant aux quatre traditions techniques (2011).

Fig. 8 Anciens travaux d'extraction minière dans la cuirasse latéritique, secteur 27-sud (2011).

quatre traditions techniques et les 4 horizons chronologiques ont été dénonmés KRS 1 à 4, le 1 étant le plus ancien.

Dans les collines situées au Sud de la zone 20, quelques prospections ont permis d'identifier d'anciens travaux miniers (Fig. 8). Les mineurs ont installé leur galeries à la base de la cuirasse latéritique qui coiffe les collines. Le minerai exploité est constitué d'oxydes et d'hydroxydes de fer et se présente soit sous forme de concrétions soit sous forme massive.

3. La tradition technique KRS 1: grands fourneaux à scorie piégée et à utilisation unique (7e–10e siècle AD)

3.1 Caractéristiques techniques de la tradition KRS 1

Les vestiges de la tradition KRS 1 sont constitués principalement par des bases de fourneau circulaires disposées en batteries de cinq à dix individus, juxtaposées les unes aux autres pour former des champs de quelques dizaines à plusieurs centaines de fours (Fig. 9). Ces champs de fourneaux sont parsemés d'épandages de fragments de minerai, très abondants. Par contre, on n'observe que peu de morceaux de scorie et très peu de paroi. Les tuyères sont regroupées ponctuellement en tas.

Fig. 9 Batterie de 9 bases de fourneau appartenant à la tradition technique KRS 1. Les épandages de petits débris à l'arrière-plan masquent des structures similaires. Secteur 53 Sondage 1 (2012).

Au sein de chaque batterie, les fourneaux sont le plus souvent alignés sur une ligne droite ou une courbe assez régulière (Fig. 10). La distance entre deux fourneaux d'un même alignement est inférieure à un mètre. Entre les batteries, elle est de quelques mètres ou dizaines de mètres. On n'observe pas de recoupement entre les structures.

Les bases de fourneau se présentent comme des cuvettes circulaires de 80 cm de diamètre interne (entre 60 et 110 cm) et d'une trentaine de centimètres de profondeur (Fig. 11 et Fig. 12). La fosse est creusée dans le sédiment limoneux orangé sous-jacent. Elle est renforcée, dans sa partie supérieure, par une paroi ininterrompue construite à

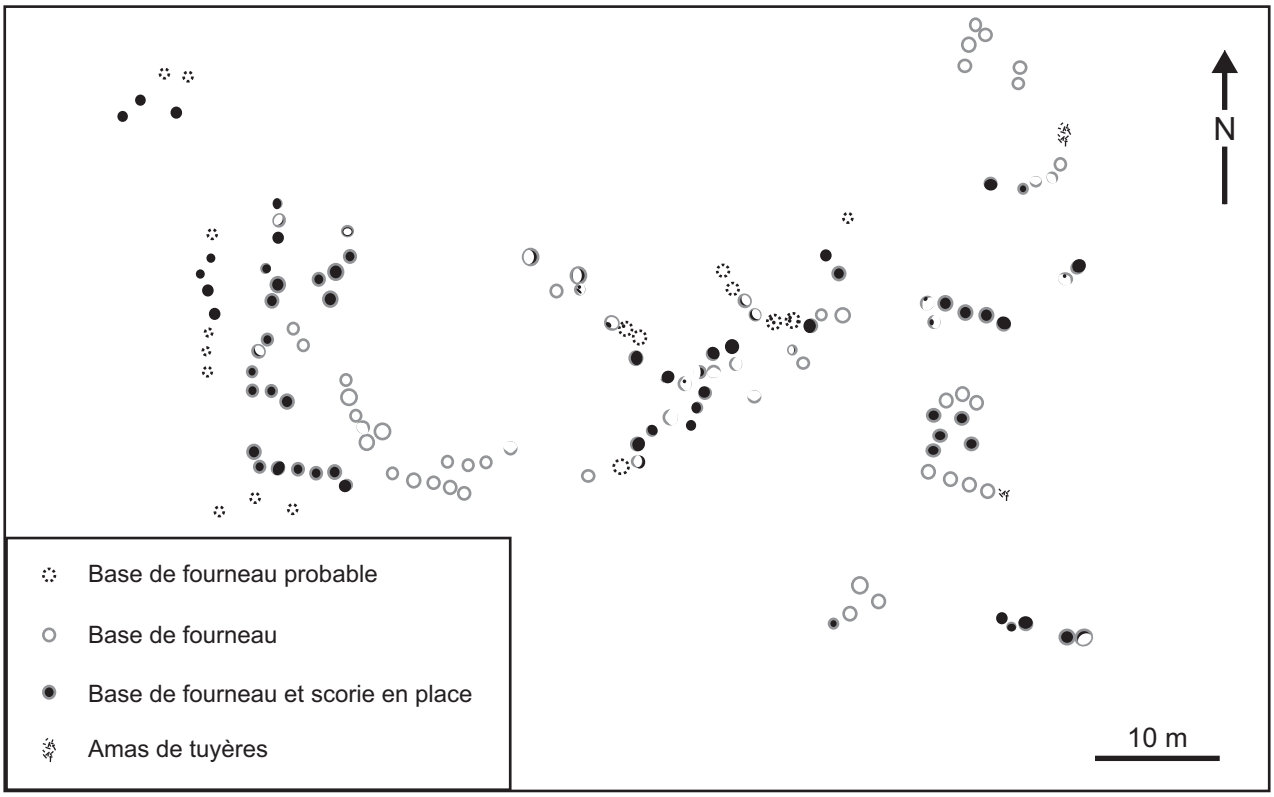


Fig. 10 Organisation spatiale de la tradition technique KRS 1: nombreuses batteries de 5 à 10 fourneaux formant des alignements plus ou moins sinueux. Quelquefois, on observe des amas de tuyères à l'extrémité d'une batterie. Secteur 53 (2012).

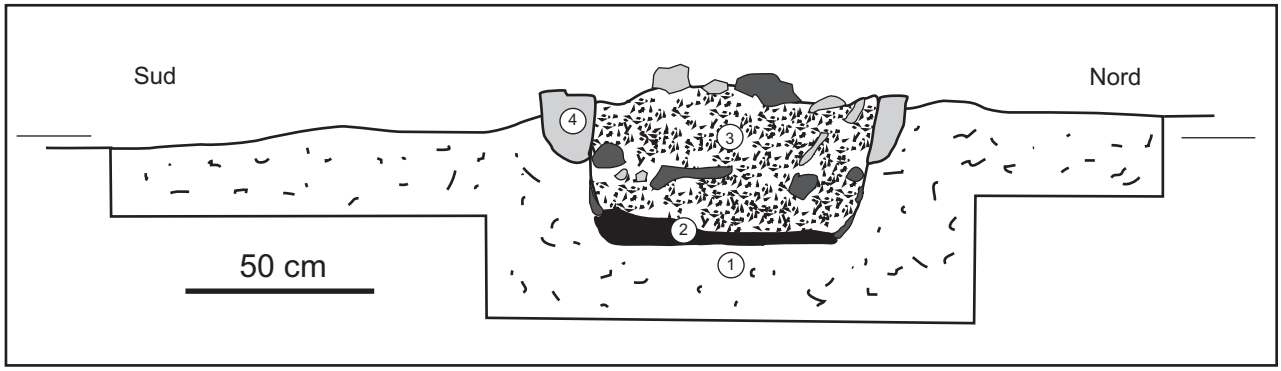


Fig. 11 Profil stratigraphique à travers le fourneau 23F1 appartenant à la tradition technique KRS 1. Secteur 53, Sondage 1 (2012).
1. Limons sableux oranges avec traces de bioturbation et concrétions ferrugineuses pédogénétiques. 2. Couche de paille carbonisée à la base du remplissage de la cuve du fourneau. 3. Limon sableux contenant de nombreuses particules fines de terre cuite, de scorie et de charbon et quelques éléments plus volumineux. 4. Motte d'argile cuite en place faisant partie du rebord construit de la fosse.

Fig. 12 Coupe dans la base de fourneau 53 F1 appartenant à la tradition technique KRS 1. Voir figure 11.

l'aide de mottes de banco[7]. Cette paroi n'a qu'une vingtaine de centimètres de haut et la surface supérieure horizontale est soigneusement lissée, ne présentant pas de trace d'arrachement. La paroi conservée n'est donc qu'un bord de fosse aménagé solidement et non la base arasée d'une paroi fixe. La surface interne a subi un impact thermique variable. C'est au niveau du sommet de la paroi construite que l'induration des matériaux est la plus forte, souvent avec des traces de fusion locale des matériaux argilo-sableux. Cet impact thermique diminue vers le bas et le fond de la cuvette n'est qu'à peine durci.

L'intérieur de la cuvette est parfois complètement occupé par une masse compacte de scorie possédant une surface supérieure plus ou moins plane, se trouvant au niveau du sommet du bord de fosse construit. Le plus souvent, la scorie n'est développée que dans une partie de la cuvette, en général collée contre la paroi, sur un arc de cercle de 150 à 240°. Dans quelques cas, on observe seulement des placages de scorie contre la paroi et des fragments épars dans le remplissage. Les deux fourneaux de ce type fouillés dans la zone 50 (531 F1 et 531 F6) ont livré un remplissage en place marqué à la base par une couche de 5 cm d'épaisseur constituée de paille calcinée. On a fréquemment observé des blocs de scories dont la partie inférieure présente l'empreinte d'un lit de paille. En dehors des bases de fourneaux contenant une quantité de scorie variable, il n'y a pas d'épandage de débris en surface.

Les tuyères en banco associées à ces fourneaux sont particulièrement massives. Le diamètre externe de la tuyère est de 15 à 17 cm et celui du conduit interne est de 5 à 6 cm. Le corps est cylindrique et le bec, c'est-à-dire la partie qui entre dans le fourneau est nettement conique. La longueur maximale conservée est de 30 cm mais elles

[7] Le banco désigne un mélange utilisé comme matériau de construction et obtenu en mélangeant avec de l'eau de l'argile et de la paille coupée.

ne sont jamais complètes. Les fragments de tuyère épars dans les zones de vestiges de la tradition KRS 1 sont rares. Par contre, dans une dizaine de cas, on a observé des amoncellements de gros fragments de tuyères, empilés sans ordre sur le sol, jetés dans une base de fourneau ou soigneusement alignés les uns à côté des autres (Fig. 13). Dans quelques cas, ce tas de tuyères se trouve à l'extrémité d'une batterie de fourneaux. Dans les deux concentrations de tuyères qui ont été fouillées, on dénombre une dizaine d'individus.

Dans la zone 50, la base de fourneau 531 F 126 a livré une scorie en place comblant presque entièrement la cuvette. La surface supérieure a été nettoyée, laissant apparaître les empreintes de huit tuyères disposées horizontalement de manière radiaire et pénétrant d'une dizaine de centimètres à l'intérieur du four (Fig. 14). Si on reconstitue une disposition régulière des tuyères sur toute la circonférence, leur nombre maximum serait de douze.

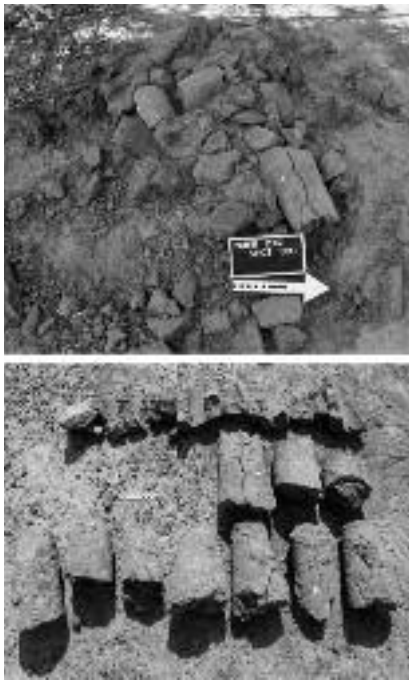


Fig. 13 Amas désordonné de fragments de tuyères à l'extrémité d'une batterie de fourneaux de la tradition technique KRS 1, au moment de la découverte et après démontage. Secteur 53 (2012).

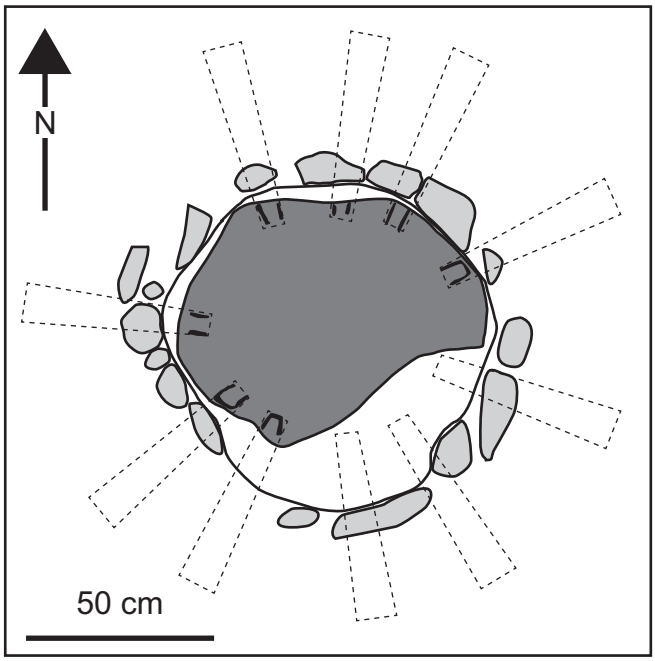


Fig. 14 Plan de la base de fourneau 53F126. La fosse est occupée presque complètement par une scorie massive. La bordure est renforcée avec des mottes d'argile. A la surface de la scorie, on distingue les empreintes de sept tuyères. Une reconstitution graphique permet de suggérer l'utilisation de 10 à 12 tuyères. Secteur 23 (2012).

Il faut souligner l'absence de fragment provenant d'une superstructure construite. Compte tenu de la quantité de bases de fourneau, cette observation est inattendue. L'hypothèse de l'absence de toute superstructure[8] paraît invraisemblable, compte tenu de la répartition des impacts de chaleur sur la partie conservée et l'importance des masses de scorie formées. On peut dès lors penser à une superstructure amovible, réutilisée plusieurs fois sur des fosses différentes.

3.2 Mode opératoire de la tradition technique KRS 1

L'ensemble des observations réalisées sur les vestiges appartenant à la tradition KRS 1 permettent de proposer une reconstitution de l'activité. Cette tentative reste bien entendu hypothétique, en raison de la nature même des vestiges archéologiques. Il faut cependant mentionner qu'une organisation similaire a été décrite pour la production du fer traditionnelle en pays Hausa à la frontière entre le Niger et le Nigéria (Echard 1965, 1983 et film 1968). Des vestiges archéologiques découverts dans d'autres régions d'Afrique de l'Ouest présentent des similitudes au niveau de l'architecture des fourneaux[9] et surtout de l'organisation des sites: près de Niamey/Niger (Célis 1991 et Guillon R. com. pers.), au Gourma/Burkina Faso (Fabre 2009), dans la Zone Lacustre/Mali (Chièze 1991) et jusque sur la rive mauritanienne du fleuve Sénégal (Robert-Chaleix 1994, Robert-Chaleix et Sognane 1983).

[8] Il est possible de réduire du minerai de fer dans une simple fosse sans superstructure à condition d'utiliser des soufflets et de placer les tuyères de manière à ce que l'air pénètre à la base du foyer. Ce type d'installation est décrit en Afrique Centrale, par exemple au Rwanda (Célis 1989).

[9] Dans le cas du pays Hausa (Echard 1983), des opérations de réduction ont été menées à bien dans des fourneaux construits par des artisans contemporains. La cheminée tronconique amovible de 1,5 m de haut a été observée directement. Elle est détruite rituellement à la fin de la campagne. Pour les sites abandonnés, on ne connaît que les bases de fourneau. Différentes variantes de la forme de la cuvette et la morphologie des scories sont décrites.

L'artisan creuse d'abord la fosse et renforce le bord de celle-ci avec des mottes de banco. Il remplit la fosse avec de la paille et dispose les tuyères horizontalement sur le sol extérieur de manière à ce qu'elles pénètrent d'une dizaine de centimètres à l'intérieur du four. Il en met une dizaine. Sur ces tuyères, il place une superstructure amovible en forme de cheminée, construite en banco. La superstructure a dû être fabriquée et cuite au préalable. L'artisan bouche probablement les interstices entre la cheminée et les tuyères avec du sable ou de l'argile et charge le four avec du combustible. Une fois la bonne température atteinte, il charge le minerai et le combustible additionnel et la réduction commence. Les vestiges mis au jour ne fournissent pas d'argument permettant de démontrer l'utilisation du tirage naturel plutôt que de soufflets[10]. La disposition très serrée des fourneaux pourrait indiquer un tirage naturel.

Au cours de la réduction, le combustible brûle et le minerai réagit avec les gaz de combustion. Une partie des oxydes de fer présents sont transformés en métal à l'état solide. Le reste des constituants du minerai forment une scorie qui se liquéfie. Ce liquide migre vers le fond du four et s'accumule dans la fosse. La quantité de scories formées dépend de la quantité de minerai enfournée, de sa composition et de l'efficacité de la réduction. A Korsimoro, certaines bases de fourneau ne contenaient que 10 à 20 kg de scories éparses. D'autres renfermaient un bloc massif dont la masse peut être estimée entre 200 et 300 kg[11]. A la fin de l'opération, qui dure sans doute quelques heures, l'artisan laisse le four se refroidir suffisamment. Ensuite, il déplace la cheminée et récupère la masse de métal qui s'est formée à l'intérieur. L'artisan aménage une nouvelle fosse, dispose les tuyères et installe la cheminée. Une nouvelle opération peut commencer. Pour minimiser le déplacement de la cheminée, la nouvelle fosse est installée aussi près que possible de la précédente.

L'opération est répétée autant de fois que nécessaire pour produire la quantité de fer voulue ou bien jusqu'à ce que la cheminée soit trop abîmée pour être réutilisée. A la fin de la campagne, les tuyères sont abandonnées et la cheminée est probablement détruite volontairement.

Les batteries de fourneaux de Korsimoro suggèrent que chaque campagne de réduction comporte entre 5 et 10 opérations. Cela correspond à deux ou trois semaines de travail intensif pour une équipe de quelques personnes, en tenant compte de l'extraction et du transport du minerai ainsi que de la préparation du charbon de bois[12]. L'organisation en batteries juxtaposées peut être interprétée de deux façons: soit il s'agit de campagnes de production successives menées par un même groupe d'artisans, soit de plusieurs groupes d'artisans travaillant au cours d'une seule campagne. Le nombre de batteries sur une même zone de production, de l'ordre d'une ou deux dizaines, reste relativement faible.

Dans l'hypothèse d'un travail saisonnier répété régulièrement par un même groupe d'artisans, le faible nombre de batteries serait une indication pour une durée d'utilisation du site limitée dans le temps. Si on envisage des campagnes annuelles, l'occupation de chaque site ne correspond qu'à quelques décennies au plus. On peut aussi envisager que les campagnes de réduction ne sont organisées que tous les 3, 5 ou 10 ans et on atteindrait une occupation de l'ordre du siècle. On peut difficilement imaginer une périodicité plus longue qui rendrait particulièrement difficile l'acquisition et la transmission des savoir-faire. Malheureusement, les datations radiocarbones ne permettent pas d'appréhender cette question de manière plus concrète[13].

L'autre modèle correspond aux données ethno-historiques sur les Hausa du Niger au 19e siècle (Echard 1965, 1983). Un site de réduction peut accueillir un regroupement de métallurgistes venant de toute la région pour réduire le fer ensemble. Dans ce cas, chaque batterie correspond à une équipe d'artisans venant d'un village et le regroupement de batteries correspond à une seule campagne. L'emplacement est sans doute choisi en tenant compte de la disponibilité du combustible. Une telle campagne dure probablement quelques semaines en admettant une dizaine d'opérations de réduc-

10 Les opérations de réduction observées en pays Hausa ont été menées à bien avec un tirage naturel. Ces artisans mentionnent toutefois la possibilité d'utiliser des soufflets si nécessaire.

11 Dans le cas du fourneau 53 F 126, contenant une masse compacte de scorie remplissant l'ensemble de la fosse (diamètre 70 cm et épaisseur 20 cm), le volume de la scorie est de 70 dm^3. En admettant une densité de 4, le calcul de la masse donne 280 kg.

12 Pour la réduction du minerai de fer, l'utilisation du charbon de bois est très répandue en Afrique de l'Ouest à la veille de l'arrivée des Européens mais il existe aussi des cas d'utilisation du bois. On peut combiner les deux types de combustible, en réservant le charbon à la phase principale de la réduction alors que le préchauffage du fourneau est effectué avec le bois, un combustible moins efficace.

13 Dans le cadre de ce projet, une collaboration a été établie avec Dr. Fabio Donadini (ETH Zurich) qui permettra de tester une approche basée sur la mesure du champ magnétique terrestre (archéomagnétisme).

tion par batterie et en tenant compte du temps nécessaire pour la préparation des matières premières et regrouperait une trentaine de personnes, soit une dizaine d'équipes de deux ou trois personnes.

3.3 Datations et relations stratigraphiques des vestiges de la tradition technique KRS 1

Les vestiges typiques de la tradition KRS 1 on été identifiés clairement en 2012, lors de l'étude du secteur 530 de la zone 50. Les vestiges affleurent à la surface sur une superficie de 2000 m² et l'on peut observer plus de 120 bases de fourneaux, répartis en 15 à 20 batteries (Fig. 10). Deux fourneaux (531 F1 et 531 F6) on fait l'objet d'une fouille complète. La paille carbonisée découverte au fond du remplissage du fourneau 531 F1 a fait l'objet d'une datation radiocarbone (KRSM12) qui date le fonctionnement de la structure entre le 8e et le 10e AD. Plusieurs autres structures ont été nettoyées en surface. Un tas de minerai et deux tas de tuyères ont également été étudiés. Tous ces vestiges correspondent à un seul niveau d'occupation et il n'y a pas de recoupement entre les structures. Topographiquement, ce niveau se trouve dans une partie basse du site et a été mis à nu par l'érosion récente. Il se trouve nettement en contrebas par rapport aux autres vestiges des secteurs 51 (tradition KRS 2) et 52 (tradition KRS 3) qui occupent le sommet d'une terrasse fluviatile nettement plus élevée et certainement plus jeune.

Une datation à peu près contemporaine (KRSM11) a été obtenue pour un niveau d'occupation contenant du matériel d'habitat (céramiques, meules, outils en fer) mis en évidence 20 cm en-dessous de la base de la couche de scories de l'amas 522 (tradition KRS 3). Cet emplacement se trouve à 200 m de distance du secteur 53 où se trouvent les vestiges de la tradition KRS 1.

Dans la partie Ouest de la zone 50, des vestiges similaires ont été observés (secteurs 55 et 56), couvrant une superficie environ deux fois plus étendue que le secteur 53. Faute de temps, ce secteur n'a fait l'objet que de prospections. Dans la partie Sud, des fourneaux de la tradition KRS 4 recoupent ceux attribués à la tradition KRS 1 et indiquent que ces derniers sont donc les plus anciens.

Des vestiges similaires ont été étudiés en 2012 dans le secteur 105 de la zone 100 (Fig. 15). Les fourneaux visibles sont au nombre de 44, formant au moins 7 batteries sur une superficie d'environ 1000 m². Le fourneau 104 F 24 a été fouillé et le charbon prélevé dans le remplissage a été daté par le radiocarbone (KRSM14). Il a un âge similaire au fourneau 531 F1. Dans la zone 100 également, les vestiges de la traditions KRS 1 se trouvent en contrebas par rapport à ceux des traditions plus récentes. A 800 m au

Fig. 15 Batterie de 6 bases de fourneau appartenant à la tradition technique KRS 1. Secteur 105 (2012).

Fig. 16 Deux bases de fourneau appartenant probablement à la tradition KRS 1, découvertes dans le secteur 21–9 (2011). Photo en cours de fouille. Voir Fig. 7.

Fig. 17 Epandage de blocs pluridécimétriques de scorie piégée fragmentée appartenant à la tradition technique KRS 2. L'épaisseur de la couche de débris varie entre 10 et 100 cm. Secteur 22 sud (2012).

Sud-Est de la zone 100, une autre concentration d'une trentaine de fourneaux a été repérée.

En 2011, dans la zone 20, secteur 21–9, les bases arasées de deux fourneaux juxtaposés (219 F1 et F2) possédant des dimensions similaires à celles des fourneaux de la tradition KRS 1, avaient été identifiés dans le talus d'érosion d'une ravine (Fig. 16). Des charbons de bois prélevés dans le remplissage de 219 F2 ont donné une datation légèrement plus récente (KRSM6). Topographiquement, ces vestiges se trouvent plus bas que les vestiges voisins attribués aux traditions KRS 3 et 4. Cependant, leur niveau d'arasement ne correspond pas au niveau de circulation ancien qui n'a pas pu être identifié.

Lors des prospections sur la zone 40, des vestiges similaires ont été observés, dans une situation topographique comparable, c'est-à-dire nettement en contrebas de la terrasse fluviatile occupée par les vestiges de la tradition KRS 2 (secteur 46).

Les quatre dates radiocarbones et les observations stratigraphiques soutiennent l'hypothèse d'un premier horizon chronologique au dernier quart du premier millénaire de notre ère. Dans les zones prospectées du site de Korsimoro, six concentrations de vestiges attribuables à la tradition technique KRS 1 ont été repérées totalisant plus de 500 fourneaux. Il est certain que d'autres vestiges de ce type existent dans les parties qui n'ont pas été prospectées en détail. Il est aussi possible que d'autres structures soient recouvertes par les épandages et les amas de scories plus récents. Malheureusement, ces vestiges sont pratiquement invisibles sur les photos satellite et il est donc impossible de faire une estimation globale précise.

Avec environ 500 bases de fourneau identifiées et en admettant que chaque base ne contient pas plus de 100 kg de déchets, la masse totale de scorie reconnue est donc de 50 tonnes, c'est-à-dire bien moins de 1 % de la masse totale des scories de Korsimoro.

4. La tradition technique KRS 2: grands fourneaux à scorie piégée réutilisables (11e–13e siècle AD).

4.1 Caractéristiques techniques de la tradition KRS 2

La tradition KRS 2 est caractérisée par des épandages de scories et déchets associés couvrant de grandes surfaces mais avec des épaisseurs relativement faibles de l'ordre de 0,5 m en moyenne[14] (Fig. 17). Les déchets sont rejetés de manière aléatoire sans organisation apparente. Les épandages sont d'extension variable, couvrant de 500 à 5'000 m² et possèdent des formes irrégulières lobées (Fig. 18). A travers ces nappes de scories, pointent les cheminées des fourneaux partiellement arasés (Fig. 19). Ce sont des

14 Plusieurs sondages permettent d'appréhender l'épaisseur de la couche des épandages de scories de la tradition KRS 2. Les mesures varient entre 10 et 100 cm. Ces observations restent ponctuelles et ne permettent pas de calculer statistiquement une véritable moyenne. La valeur proposée de 0,5 m paraît une estimation raisonnable.

Fig. 18 Organisation spatiale de la tradition technique KRS 2: grand épandage de scories (épaisseur moyenne 50 cm) et des bases de fourneau disposées sans organisation précise. Secteur 51 (2012).

Fig. 19 Groupe de 5 grands fourneaux arasés appartenant à la tradition technique KRS 2. Chaque base mesure environ 1 m de diamètre. Secteur 26–2 (2011).

structures solides et imposantes dont le diamètre interne avoisine un mètre. Les fourneaux sont dispersés apparemment sans ordre, souvent isolés à plus de dix mètres les uns des autres, parfois quelques individus sont groupés à quelques mètres de distance.

Les fourneaux sont des constructions massives. Une fosse est creusée à la base, avec un diamètre interne d'environ 1 m et une profondeur de 0,6 m (Fig. 20). La paroi est installée en périphérie de la fosse et montée à l'aide de mottes de banco et incorpore quelques fragments de scories. Quatre ouvertures sont aménagées de façon sy-

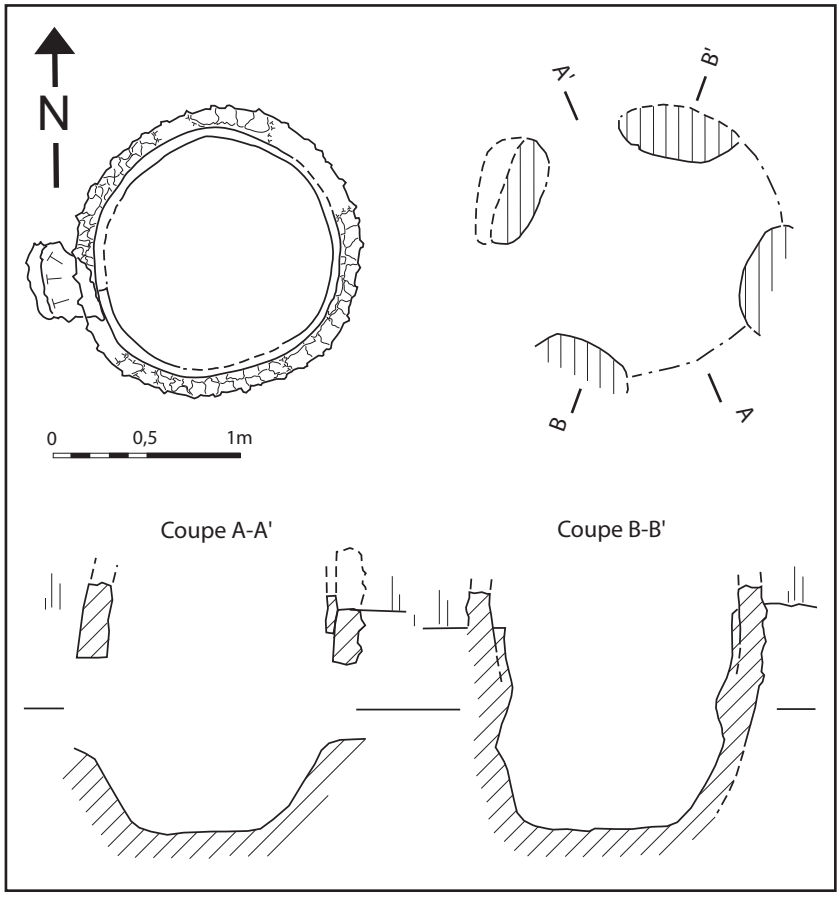


Fig. 20 Plans et coupes d'un grand fourneau appartenant à la tradition technique KRS 2. Secteur 26–1 Fourneau 1 (2011). DAO M. Mauvilly.

métrique. L'orientation est décalée d'une trentaine de degrés par rapport au Nord (Fig. 21). La base de ces ouvertures se trouve un peu en dessous du niveau de circulation extérieur. Ces ouvertures ont une cinquantaine de centimètres de haut et autant de large. Elles permettent assez facilement à un homme d'entrer dans le fourneau. L'ouverture située au Nord-Nord-Est est un peu plus large et plus haute que les autres. Au niveau de la base des ouvertures, le plan est presque carré, avec les ouvertures situées aux angles du carré. Au-dessus des ouvertures, la section de la cuve devient pratiquement circulaire. Plus haut, la paroi s'élève en se resserrant légèrement. La paroi fait un angle de 5 à 10° par rapport à la verticale.

Dans la partie inférieure du four, la paroi est construite avec des mottes de banco de forme irrégulière pressées les unes contre les autres et n'incorpore que de rares fragments de scorie (Fig. 22). Les dimensions des mottes sont de l'ordre de 5 à 10 cm d'arête, soit environ 150 cm^3. Dans la partie supérieure du four, la paroi est construite avec des mottes de banco renforcées par des lits discontinus de petits morceaux de scorie qui forment des reliefs à l'extérieur. Dans la zone 20 (secteur 23), on a observé l'utilisation de briquettes ($8 \times 5 \times 2$ cm) pour la construction de plusieurs fourneaux. A l'intérieur, la paroi de la cuve est recouverte avec une couche d'argile fine. Le mur lui-même a une épaisseur de 10 à 12 cm. Le revêtement interne est une couche d'argile de 3 à 5 cm. Dans certains cas, on observe plusieurs couches internes successives qui correspondent à des rechapages ou des réparations.

Les fourneaux fouillés à Korsimoro sont conservés sur une hauteur totale qui avoisine 1,2 m. La partie en élévation au-dessus du sol de circulation ancien est de l'ordre de 0,7 m. Il est très probable que la construction ancienne avait au moins un mètre de plus que les vestiges préservés. Il n'y a cependant pas d'argument vraiment convaincant pour évaluer précisément la hauteur.

Les fourneaux sont noyés dans une épaisse couche de remblai constitué de déchets métallurgiques. Ces remblais contiennent environ 500 kg de fragments de sco-

rie par m³. Au voisinage immédiat des fourneaux, la couche contient une très forte proportion d'éléments provenant de la cheminée effondrée du fourneau et relativement peu de scories. Ailleurs, la proportion s'inverse. Le calcul de quantification de la masse totale des scories attribuables à la tradition KRS 2 est en cours. A ce stade de l'étude, on peut affirmer que ces vestiges sont les plus abondants sur le site de Korsimoro. Au minimum, il représente 50 % du volume total de déchets, soit entre 50'000 et 100'000 tonnes. Si l'on prend le secteur 51 de la zone 50 en exemple, la surface est de 4'000 m², le volume global de la couche de scories à 2'000 m³ et la masse de scories de 1'000 tonnes. On dénombre une trentaine de fourneaux visibles. Chaque fourneau aurait produit plus de 30 tonnes de scories.

Les tuyères de la tradition KRS 2 sont cylindriques et massives. Le diamètre externe est de 12 à 15 cm et le diamètre interne de 4 à 5 cm. Les pièces conservées les plus longues dépassent 30 cm de longueur et correspondent toujours à l'extrémité qui entre dans le fourneau. Les traces d'impact thermique sont généralement asymétriques avec une face scorifiée sur une plus grande surface que les autres, ce qui suggère que les tuyères sont disposées de manière inclinée. Dans les ouvertures, on n'observe pas de traces d'arrachement ou d'usure qui permettrait de reconstituer la disposition des tuyères. En tenant compte des dimensions des ouvertures et de celles des tuyères, le nombre de tuyères que l'on peut placer dans une ouverture est de 6 à 9, et donc entre 20 et 40 pour un fourneau[15]. Les fragments de tuyères sont présents dans les déchets, mais pas particulièrement abondants, car les tuyères sont réutilisées.

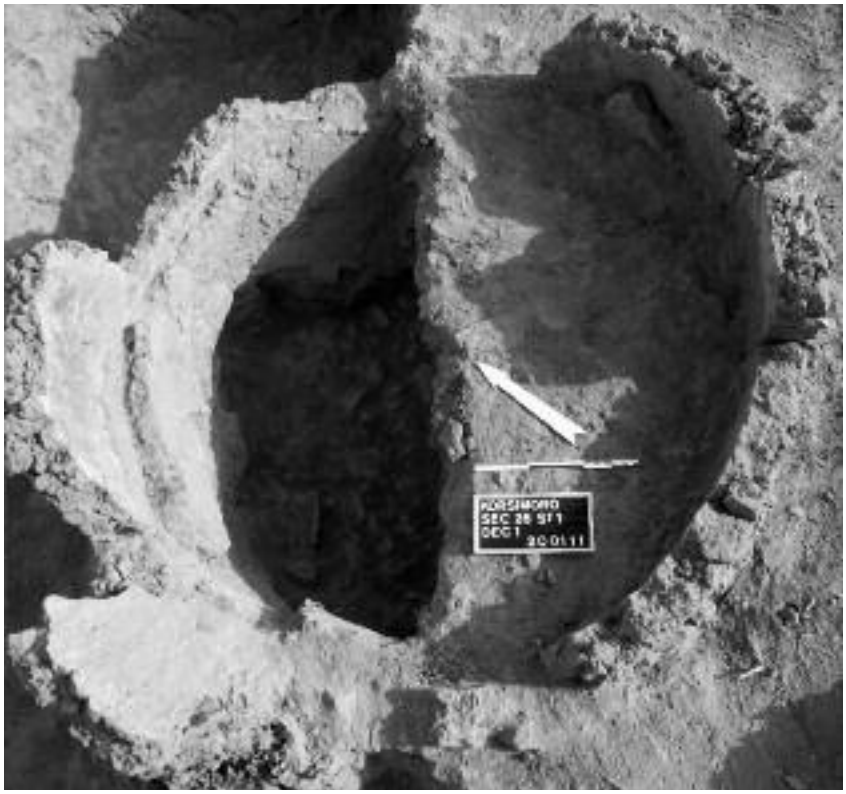
15 D'après les observations contemporaines d'opérations de réduction en Afrique de l'Ouest, on constate que le nombre de tuyères est très variable. Fréquemment, les grandes ouvertures à la base des fourneaux sont remplies avec des tuyères empilées en couches successives. Dans d'autres cas, il n'y a qu'une seule tuyère par ouverture. Pour la tradition KRS 2, les vestiges ne fournissent pas d'argument précis pour une reconstitution minimaliste ou maximaliste.

Fig. 21 Grand fourneau appartenant à la tradition KRS 2. Le fourneau possède 4 ouvertures. Secteur 51 Fourneau 1 (2012).

Fig. 22 Grand fourneau appartenant à la tradition technique KRS 2. La paroi est construite en mottes de banco irrégulières et possède un revêtement interne en argile fine. La paroi de ce fourneau a subi un rechapage important. Secteur 26–1 Fourneau 1 (2011).

Fig. 23 Gros fragment de bloc de scorie piégée appartenant à la tradition technique KRS 2. Au moment de la formation, les écoulements en cordons se font verticalement. La scorie englobe des fragments de tuyère de grand diamètre. Secteur 22 (2011).

Fig. 24 Bloc de scorie piégée complet en place au fond d'un grand fourneau appartenant à la tradition technique KRS 2 et très fortement arasé par l'érosion récente. Le niveau de circulation contemporain du fourneau se trouvait sans doute à 20 cm au-dessus du sommet de la scorie. Secteur 22–3 Fourneau 1 (2011).



Les scories associées sont systématiquement des gros fragments de blocs constitués de scorie fayalitique, grise et dense, qui n'est pas magnétique (Fig. 23). Les fragments sont souvent très compacts avec des formes complexes d'écoulements verticaux et contiennent de fragments de tuyère incorporés dans la masse de scorie. Plusieurs blocs de scorie complets ont été observés en place au fond de fourneaux qui ont subi une très forte érosion (Fig. 24). Ces blocs complets possèdent un diamètre de l'ordre de 1 m et une épaisseur qui peut atteindre 30 cm. Le volume est de l'ordre de 250 dm^3, ce qui signifie que la masse de scorie est de l'ordre de 500 kg. Il est difficile de fournir des arguments pour prouver que ces blocs de scorie se forment au cours d'une seule ou de plusieurs opérations de réduction.

On observe très clairement comment les fragments de tuyère de réemploi ont été installés dans le fond de la cuve du fourneau. Le plus souvent, au centre, ils sont disposés verticalement les uns à côté des autres et en périphérie, ils sont placés horizontalement parallèlement au bord de la fosse[16]. Cette disposition bien ordonnée est fréquente mais est loin d'être une règle absolue. La fonction de ces tuyères de réemploi n'est pas claire. A l'évidence, elles ne servent pas à amener l'air dans le fourneau. Leur présence au début de l'opération permet de soutenir la masse de combustible et de permettre à la scorie de s'infiltrer dans la partie inférieure du fourneau. On peut aussi penser que le bloc de scorie contenant des éléments de tuyère est plus facile à casser en vue de son évacuation. Certains fourneaux ont été abandonnés avec un bloc de scorie occupant le fond de la cuve alors que d'autres ont été complètement vidés. Ces fourneaux étaient certainement utilisés plusieurs fois comme le démontrent les rechapages internes. Malheureusement, il n'y a pas d'observation directe permettant d'évaluer la durée de fonctionnement de ces fourneaux ni le nombre d'opérations qu'ils peuvent supporter.

4.2 Mode opératoire de la tradition technique KRS 2

Les vestiges de la tradition KRS 2 se rapportent à des fourneaux de grandes dimensions fonctionnant probablement avec un tirage naturel. Il s'agit de fourneaux permanents, réutilisés un grand nombre de fois. Le cas échéant, ils sont réparés et remis en état. L'opération de réduction implique une bonne séparation du métal et de la scorie, mais sans écoulement de celle-ci à l'extérieur (scorie piégée). De manière générale, on peut rattacher ces vestiges à la famille des fourneaux «boanse» (Kiethéga 2009)[17]. Divers modèles ethnographiques se rapprochent de la tradition KRS 2. En particulier la tradition technique Aridiny[18] de la falaise de Bandiagara en pays dogon au Mali est basée sur des principes techniques similaires mais avec des fourneaux possédant une architecture significativement différente et sans réutilisation des tuyères (Huysecom 2001, Robion-Brunner 2010).

L'artisan creuse une fosse circulaire d'environ 1,2 m de diamètre et de 0,5 m de profondeur. La paroi du four est construite en prenant appui sur le bord de la fosse et en recouvrant la partie supérieure. Les quatre ouvertures sont réservées. La cheminée est ensuite progressivement montée en utilisant des mottes de banco tassées les unes contre les autres. Dans la partie supérieure, on incorpore des fragments de scorie. Le revêtement interne argileux est posé, depuis l'intérieur du four, en lissant la surface de manière très régulière.

Le fourneau est chargé en commençant par installer des fragments cylindriques de tuyère usagée dans la cuve, sur une épaisseur d'une trentaine de centimètres. On n'a pas trouvé de restes de paille carbonisée ni d'empreinte de paille sur les scories. Les tuyères neuves sont ensuite disposées dans les ouvertures, probablement en couches superposées. On peut supposer que chaque ouverture reçoit 6 à 9 tuyères. Les interstices sont sans doute bouchés avec de la terre. Le fourneau est ensuite chargé avec du combustible et du minerai. Les vestiges archéologiques ne permettent pas de reconstituer la technique de chargement mais, compte tenu de la grande masse de scorie produite, il est très probable que le chargement est effectué par des apports successifs, probablement en alternant les charges de charbon et de minerai. On n'a pas observé de traces d'un dispositif permettant l'accès au sommet de la cheminée, mais la possibilité d'utiliser une échelle en bois doit être prise en compte.

Les vestiges ne fournissent pas de véritables arguments pour reconstituer le dispositif d'alimentation en air mais l'utilisation du tirage naturel est l'hypothèse la plus vraisemblable, d'après le nombre élevé des tuyères, leur disposition dans de grandes ouvertures et leur diamètre interne important. L'opération de réduction est certainement longue, compte tenu de la taille des fourneaux et de la masse des scories. Ce sont sans doute des opérations de plusieurs jours. Les conditions thermiques sont suffi-

16 L'amoncellement de tuyères à la base du fourneau fouillé à Tora Sira Tomo/Burkina Faso et daté des 5e–4e siècles BC pourrait correspondre à une pratique similaire (Holl et Koté 2000, Holl 2009).

17 Le terme «boanga» (pluriel «boense») en mooré, langue du groupe ethnique Moosé, est l'appelation des fourneaux de grandes dimensions fonctionnant avec un tirage naturel. Plusieurs variantes sont reconnues, mais il n'existe pas encore une classification systématique de ces appareils (Kiethéga 2009).

18 Les fourneaux de la tradition Aridinyi du Mali sont très proches de ceux décrits à Toungaré en pays San au Burkina Faso (Kiéthega 2009, fig. 89 à 91).

santes pour provoquer une bonne séparation du métal et de la scorie. Il n'y a pas d'argument permettant de savoir si le défournement se faisait avant ou après le refroidissement du fourneau. Les ouvertures à la base de la structure sont certainement utilisées pour cette opération. Après la récupération du boc de métal brut, les scories ne sont évacuées qu'après un refroidissement complet. Le bloc de scorie formé dans le fond du fourneau doit être cassé en fragments plus petits pour être évacué. Les débris sont rejetés aux environs, mais sans organisation particulière.

Dans les deux fourneaux fouillés, on observe des traces de rechapage interne de la cuve et on peut faire cette observation sur de nombreux fragments de paroi épars ainsi que sur une majorité des fourneaux arasés. Il est cependant impossible d'affirmer que cette pratique est systématique et de connaître la périodicité de ces réparations. Les fourneaux laissés à l'abandon finissent par s'effondrer sur eux-mêmes, comme l'attestent les amoncellements de débris de paroi autour des cheminées en ruine. Ils sont ensuite progressivement recouverts par les scories produites dans les fours voisins. Cette disposition montre une durée d'activité certainement longue sur une même zone d'exploitation où tous les fourneaux ne sont pas contemporains mais se succèdent dans le temps. Les quelques batteries qui ont été mises en évidence montrent que plusieurs fourneaux étaient en fonction simultanément.

Les grands volumes de scories produits par les fourneaux de la tradition KRS 2 sont un argument en faveur d'une activité pérenne sur une durée assez longue. Il n'y a pas d'argument pour discuter le caractère continu ou saisonnier de l'activité.

4.3 Datations et relations stratigraphiques des vestiges de la tradition technique KRS 2

La tradition technique KRS 2 est représentée par les vestiges les plus abondants sur le site de Kosimoro. Dans la zone 20, les épandages de scories en blocs couvrent une surface de plus de 50'000 m² et leur masse équivaut au moins aux deux tiers du total. Dans la zone 50, la surface est moindre (4'000 m²), mais la proportion est similaire. Des vestiges appartenant à cette tradition ont été observés dans presque toutes les zones prospectées (zones 10, 20, 40, 50, 70, 100 et 110). En tout, le nombre de bases de fourneaux appartenant à cette tradition se monte à plus de 250.

En 2011, un fourneau de ce groupe a été fouillé complètement dans le secteur 26–1 et, toujours dans la zone 20, une dizaine d'autres ont fait l'objet d'un nettoyage superficiel et d'une description. En tout, une cinquantaine d'emplacements ont été identifiés. Un charbon de bois provenant de la base de la couche de scories, à proximité immédiate du fourneau 26–1 F1, a été daté au radiocarbone (KRSM2). La date est comprise dans la fourchette 11e–13e siècles AD. Un second charbon occupant une position stratigraphique similaire, mais dans un sondage distant de 50 m du premier a donné une date presque identique (KRSM3).

En 2012, dans la zone 50, un autre fourneau, 51 F1, presque identique a été fouillé (Fig. 21). Le charbon utilisé pour la datation provient de la couche la plus profonde du remplissage de la cuve (KRSM10). La fourchette chronologique est la même. On compte une trentaine de fourneaux de ce type dans le secteur 51.

Dans la zone 100, des charbons provenant de la partie supérieure d'une nappe de scories appartenant à la tradition KRS 2 ont également été datés de la même période (KRSM13). Seuls deux fourneaux sont suffisamment bien conservés pour être localisés.

Les vestiges de la tradition KRS 3 se sont le plus souvent installés en périphérie des épandages de scories de la tradition KRS 2. Le secteur 22–6 est cependant une exception: sept buttes appartenant à la tradition KRS 3 ont été installées sur un épandage de la tradition KRS 2. Il n'y a cependant pas eu de sondage dans ce secteur et donc la relation stratigraphique n'a pas été clairement mise en évidence. A l'extrémité Est du secteur 22, on observe la présence d'une batterie d'une dizaine de petits fourneaux appartenant à la tradition KRS 4. Ils sont implantés en périphérie d'un grand

épandage de scories de la tradition KRS 2. La position topographique de ces structures suggère que les petits fourneaux sont postérieurs à l'épandage de scories.

La série de datations sur les vestiges de la tradition technique KRS 2 est donc très cohérente et cela, pour les trois zones étudiées. La quasi absence de recouvrement par des sédiments et l'état de conservation des fourneaux qui est souvent excellent peuvent surprendre pour des vestiges qui ont presque 1'000 ans. Cela est sans doute lié à la solidité des constructions et au fait que les superstructures se sont effondrées sur les bases.

Les vestiges de la tradition KRS 2 sont les plus abondants sur le site de Korsimoro. Ils sont présents dans presque toutes les zones prospectées. Ces vestiges correspondent certainement à une période de production massive qui représente un saut quantitatif énorme par rapport à la tradition KRS 1.

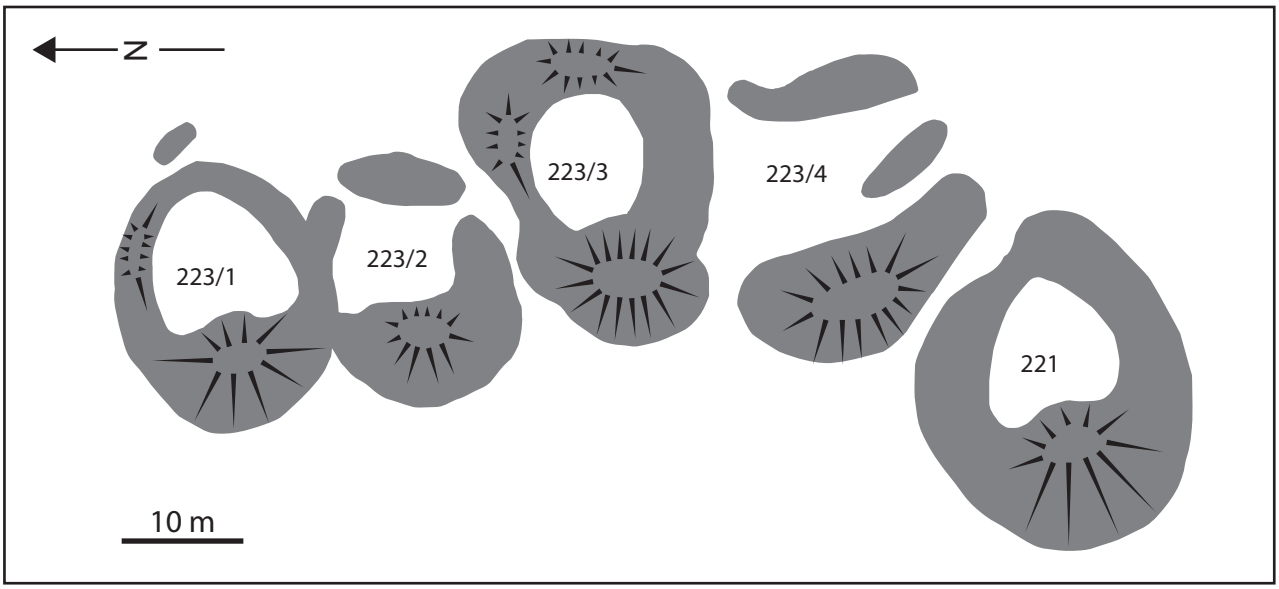
5. La tradition technique KRS 3: grands fourneaux à scorie coulée réutilisables (14e–16e siècle AD)

5.1 Caractéristiques techniques de la tradition KRS 3

L'organisation spatiale des vestiges appartenant à de la tradition KRS 3 est pratiquement toujours la même. Le fourneau, unique et de grande dimension, est implanté au centre d'une aire de travail elliptique, dont le grand axe est orienté Est-Ouest (12 à 15 × 10 à 12 m). Cet espace est entouré par des rejets de scories disposés en anneau (Fig. 25 et Fig. 26). Du côté Ouest, les scories sont rejetées pour former une butte elliptique avec une forte pente, à cheval sur l'anneau. Le reste de l'anneau présente une élévation moindre et une pente plus faible. A l'opposé de la butte, à l'Est, l'épaisseur de l'accumulation de scories est fréquemment la moins importante, parfois même nulle, ce qui correspond à un accès vers l'aire de travail.

Fig. 25 Amas de scories annulaire avec une butte surélevée à l'Ouest et un accès à l'Est appartenant à la tradition technique KRS 3. Le fourneau occupait une position centrale. Secteur 35–1 (2012).

Fig. 26 Organisation spatiale de la tradition technique KRS 3: groupe d'amas de scories annulaires avec fourneau central. Secteur 22–1/3 (2011).



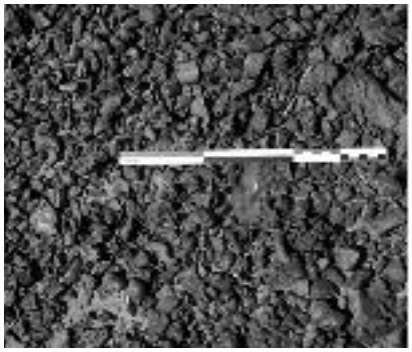


Fig. 27 Petites scories coulées externes très fragmentées, typiques des rejets qui constituent la butte surélevée ouest des amas annulaires de la tradition technique KRS 3. Secteur 22–4-1 (2011).

Fig. 28 Gros fragments de bloc de scorie piégée interne, typique des rejets qui constituent l'anneau des amas de la tradition technique KRS 3. Secteur 52–3 (2012).

Les dimensions de ces amoncellements et donc la quantité de scories sont assez variables, reflétant l'intensité et la durée de l'activité de chaque fourneau. Dans les cas les plus imposants, la butte de scories peut atteindre une hauteur de 4 m et l'épaisseur de l'anneau peut dépasser 2 m. Des structures beaucoup moins développées ont également été observées avec une butte dépassant à peine de 20 cm et un anneau qui n'est qu'un simple épandage superficiel. Le plus souvent, la hauteur de la butte avoisine 1,5 m et celle de l'anneau 0,5 m.

La butte Ouest est exclusivement constituée de petits fragments, de 1 à 5 cm d'arête, de scorie coulée en cordons accolés (Fig. 27). Il s'agit de scorie grise dense, compacte, à base de fayalite, sans réaction à l'aimant. L'état de fragmentation est très fort et il est difficile de reconstituer les dimensions des pièces originales. On observe le plus souvent des épaisseurs faibles (superposition de 2 ou 3 cordons, rarement plus de 3 cm). Ces rejets de scorie contiennent entre 1'000 et 1'200 kg de scorie par m^3.

Les matériaux rejetés sur l'anneau sont de natures diverses et en proportions variables. On observe la présence d'éléments argilo-sableux, principalement des fragments de tuyère, mais aussi des éléments informes provenant des parois du fourneau. Il y a des scories coulées similaires à celles de la butte, en faible proportion. Enfin, on note la présence de blocs de scorie refroidis à l'intérieur du fourneau qui contiennent des fragments de tuyère recyclés (Fig. 28).

Les tuyères associées à la tradition KRS 3 sont de forme cylindrique et faites en banco. Le gabarit est relativement petit (diamètre intérieur de 3 à 4 cm, extérieur 7 à 9 cm). La longueur excède 30 cm mais aucune pièce complète n'a été observée.

De nombreux anneaux de scories appartenant à la tradition KRS 3 ont été identifiés. Dans la grande majorité des cas, l'aire de travail qui forme une cuvette entourée par les rejets de scories est comblée par un sédiment brun très fin et très homogène, d'origine éolienne (loess). Plusieurs amas[19] de ce type ont fait l'objet de sondages dans le centre de la cuvette (Fig. 29). Malheureusement, ces sondages n'ont jamais livré de vestiges de fourneau bien conservés. Sous une couche de lœss de 20 à 40 cm, apparaît une couche (20 à 30 cm) de débris désordonnés avec de nombreux éléments de paroi, des fragments de tuyère et des scories. Le substratum est constitué par un sédiment brun orange fin et homogène ne contenant pas de débris métallurgiques. L'épaisseur de la couche de lœss s'explique par la forme en cuvette qui facilite le piégeage du sédiment et implique une durée relativement longue de sédimentation postérieure à l'abandon. La couche de débris atteste la destruction du fourneau. Il est difficile d'expliquer de manière satisfaisante l'absence de substruction en place.

Plus rarement, en général dans des amas annulaires de faible épaisseur, on peut localiser le fourneau au centre de la structure par un amoncellement de débris argilo-sableux. Plusieurs bases ont fait l'objet d'un nettoyage en surface permettant de décrire le mode de construction de la paroi.

[19] Deux amas de scories en anneau avec butte à l'Ouest, typiques de la tradition KRS 3, ont fait l'objet de sondages dans l'aire centrale au cours de la campagne de janvier 2011 (amas 24–12 et 22–61). De même en janvier 2012, des sondages ont été effectués dans trois autres amas du même type (amas 32–1, 35–1 et 35–2). Aucun vestige de fourneau en place n'a été observé dans ces cinq sondages.

Fig. 29 Accumulation de sédiments éoliens (loess) dans la partie centrale d'un amas annulaire de la tradition technique KRS 3. La couche dont l'épaisseur atteint au maximum 50 cm recouvre une couche de débris comportant de gros morceaux de paroi de fourneau. Secteur 24–1-2 (2011).

Fig. 31 Grand fourneau appartenant à la tradition technique KRS 3. Le fourneau possède 4 ou 5 ouvertures (l'état de conservation ne permet pas d'être affirmatif). Les bloc alignés à l'Ouest pourraient faire partie d'un dispositif d'accès à la cheminée (rampe ou escalier). Secteur 29–2 Fourneau 1 (2012).

Une seule structure de fourneau conservée en élévation a pu être localisée et fouillée (secteur 29–2 F1). L'état de conservation est cependant décevant et ce fourneau reste difficile à reconstituer. En particulier, la paroi est interrompue par deux brèches importantes. Vu la fragilité de la structure, il n'a pas toujours été possible de la dégager complètement. D'autres fouilles seraient nécessaires pour comprendre tous les détails des fourneaux de la tradition KRS 3[20].

5.2 Le fourneau 29–2 F1 (tradition KRS 3)

La paroi du fourneau 29–2 F1 est conservée sur une hauteur de 65 cm au maximum (Fig. 30 et Fig. 31). Dans la partie inférieure, la paroi possède une forte inclinaison de 25° par rapport à la verticale. A 50 cm au-dessus de la base, la paroi semble devenir quasiment verticale. A la base, la section de la cuve est elliptique irrégulière (110 × 95 cm). Dans sa partie verticale conservée, la cheminée devait avoir un diamètre de 95 cm et une section presque circulaire. Il est probable que le diamètre devait diminuer faiblement vers le haut. Il n'y a pas d'argument archéologique pour évaluer la hauteur de la cheminée; on peut s'attendre à une construction de 2 m de haut environ.

A la base, la paroi est interrompue par un certain nombre d'ouvertures, probablement 5 en tout[21]. Dans la partie conservée du four, on peut repérer clairement une grande ouverture, large de 50 cm, ouverte en direction du Nord. Les deux pieds droits de cette ouverture ont été observés, ainsi que la voûte, en très mauvais état et la base, soulignée par une fine pellicule de cendres. La hauteur de cette ouverture est de 20 cm. Cette ouverture a été obstruée volontairement par un gros bloc de scorie.

Il est probable qu'il y avait 4 autres ouvertures, plus étroites (30 cm environ) disposées régulièrement. Les deux pieds droits de l'ouverture sud-ouest sont visibles, mais cette ouverture paraît très peu élevée, à peine 10 cm. De l'ouverture sud-est, il ne reste

31

[20] Quatre autres fourneaux ayant fait l'objet d'observations en surface pourraient être rattachés à la tradition KRS 3: 21–4 F1; 21–5 F1; 25–1 F1; 25–2 F15. Dans tous les cas, les conditions d'observation sont médiocres (mauvais état de conservation et/ou fouille incomplète).

[21] En raison de l'état de conservation du fourneau, il est impossible de prouver le nombre exact des ouvertures. La solution la plus plausible est une reconstitution avec 5 ouvertures. On ne peut exclure une reconstitution avec seulement 4 ouvertures qui manquerait simplement de symétrie.

[22] Ce mode de construction des parois, au moyen de fragments de tuyère, a été observé systématiquement sur des fragments de paroi retrouvés dans les amas de scories annulaires présentant l'organisation spatiale typique de la tradition KRS 3.

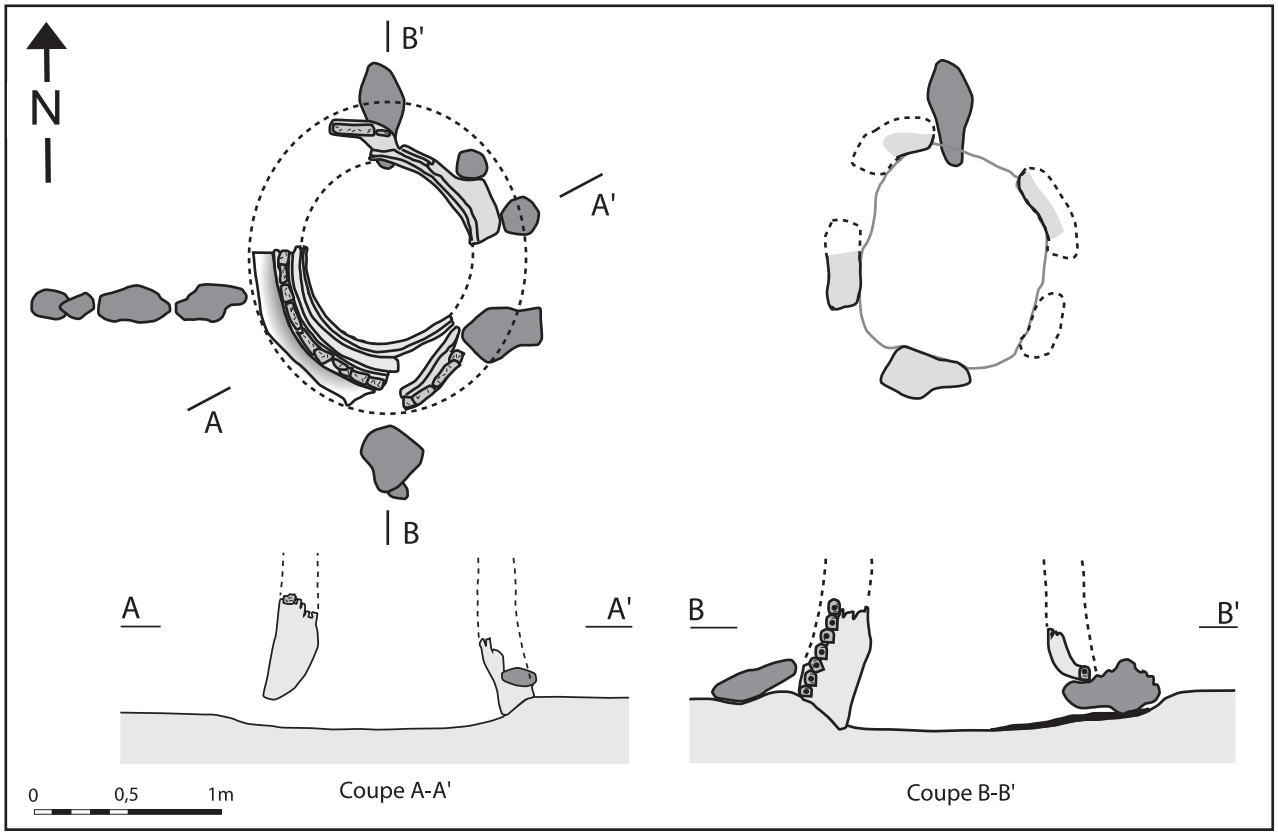


Fig. 30 Plans et coupes d'un grand fourneau appartenant à la tradition technique KRS 3. Secteur 29–2 Fourneau 1 (2011–12).

Fig. 32 Détail de la paroi du fourneau 29–2 F1. Le mur externe est monté à l'aide de fragments de tuyère réutilisés. On peut observer quatre couches de revêtement interne correspondant à autant de rechapages successifs.

qu'un pied droit et une partie de la voûte. Elle est nettement plus haute que l'autre, 15 cm au moins, mais la base n'est pas bien visible. Les deux autres ouvertures possibles auraient dû se trouver dans les parties détruites.

La paroi prend appui sur le sédiment stérile sous-jacent. La base du parement externe se trouve 20 cm plus haut que le parement interne, ce qui laisse penser que la construction est installée sur le bord d'une cuvette de faible profondeur. Le fond de cette cuvette est à peu près horizontal et ne se trouve qu'à quelques centimètres en dessous du niveau de la base des parois et des ouvertures. On n'a pas mis en évidence une fosse plus profonde sous ce fourneau. Cette dernière observation pose un problème dans la mesure où des blocs de scorie internes épais d'une vingtaine de centimètres ont été trouvés associés dans les amas de la tradition KRS 3. Le fourneau fouillé 29–2 F1 ne présente pas de cuvette suffisamment profonde pour recevoir ce type de bloc pendant le fonctionnement.

La paroi est construite de manière complexe (Fig. 32). La partie externe est réalisée en empilant des fragments de tuyère de réemploi de 10 à 15 cm de long[22]. Les fragments de tuyère sont liés entre eux avec du banco. La surface externe est recouverte par une fine couche (1–2 cm) de ce même matériau. La surface interne porte également un revêtement en argile fine. Par endroits, on observe 4 revêtements internes successifs dont l'épaisseur varie entre 2 et 5 cm. L'application de ces couches de réparation a modifié significativement le diamètre interne du fourneau au cours de son activité.

Plusieurs blocs de scorie de grandes dimensions sont disposés sur le sol de circulation externe en périphérie du fourneau 29–2 F1 (Fig. 30). En particulier, en direction de l'Ouest, quatre blocs dessinent un alignement long de 1,2 m et perpendiculaire à la paroi du fourneau. Il est tentant de voir dans cette structure un élément fonctionnel de la construction, par exemple la base d'une rampe ou d'un escalier pouvant faciliter le chargement du fourneau. D'autres blocs de taille similaire disposés aux 3 autres points cardinaux ont été mis en évidence. Il ne s'agit cependant pas d'un dispositif comportant quatre rampes car la fouille a montré que le bloc situé au Nord n'est pas placé contre la paroi mais est engagé dans l'ouverture principale du fourneau.

5.3 Mode opératoire de la tradition technique KRS 3

La tradition KRS 3 met en œuvre des fourneaux de grand diamètre réutilisés à de nombreuses reprises. Ils sont probablement activés par un tirage naturel. Une partie de la scorie se rassemble au fond du fourneau mais la majorité de la scorie produite est écoulée en dehors du fourneau au cours de l'opération. Ce dernier point est, du point de vue technique, la différence la plus significative entre les traditions KRS 2 et KRS 3. L'organisation spatiale de l'aire de travail est significativement différente.

De manière générale, comme pour la tradition KRS 2, on peut aussi rattacher les fourneaux KRS 3 à la famille des fourneaux «boanse» (Kiethéga 2009). L'organisation spatiale avec des rejets de scories annulaires trouve des parallèles dans diverses régions d'Afrique de l'Ouest. On peut en particulier mentionner les traditions Ouin et Ama du plateau dogon au Mali (Robion-Brunner 2010).

L'artisan installe le fourneau dans une cuvette de faible profondeur. La paroi s'appuie sur le bord de la fosse. Elle est montée à l'aide de fragments de tuyère réutilisés liés avec du banco. La surface intérieure du fourneau est recouverte par un enduit à base d'argile. Le fond de la cuve du fourneau est garni avec des morceaux de tuyère de récupération. Les nouvelles tuyères sont installées dans les ouvertures et le fourneau est chargé. Pendant l'opération de réduction, de la scorie liquide s'est écoulée en dehors du fourneau, sans doute par la porte principale située au Nord. Ces coulures sont ensuite rejetées sur la butte de déblais située à l'Ouest. Ce système d'évacuation de la scorie permet sans doute de traiter une plus grande masse de minerai dans le fourneau au cours d'une seule opération. Dans ces fourneaux de grandes dimensions, l'opération de réduction activée par un tirage naturel dure certainement longtemps, sans doute plus d'une journée complète.

A la fin de l'opération, le bloc de métal est extrait par la porte. Après refroidissement complet, les scories piégées au fond du fourneau sont enlevées et rejetées sur l'anneau de déchets. Si nécessaire, l'artisan répare le revêtement interne de la cuve.

L'absence de vestiges de fourneau en place dans la majorité des amas annulaires étudiés pourrait s'expliquer par la destruction volontaire des fourneaux après leur abandon.

5.4 Datations et relations stratigraphiques des vestiges de la tradition technique KRS 3

Les vestiges de la tradition KRS 3 sont très fréquents sur l'ensemble du site. Ils sont présents dans toutes les zones prospectées. Ils représentent entre un quart et un tiers de la masse totale des déchets. La forme caractéristique des amas de scorie facilite leur identification sur les photos satellite. On dénombre au moins 80 amas de ce type sur l'ensemble du complexe de Korsimoro. Les plus petits correspondent à des épandages de quelques tonnes à peine; les plus gros atteignent 500 tonnes.

Plusieurs amas de scories appartenant à la tradition technique KRS 3 ont fait l'objet de sondages qui ont permis de prélever des charbons de bois dans des contextes stratifiés, à la base des couches d'accumulation de déchets. Des débris de paille calcinée prélevés dans des éléments de tuyère pris dans un gros bloc de scorie interne ont été datés de la période entre le milieu du 15e et la début du 16e siècle AD (KRSM7). Le bloc de scorie a été découvert à la base de la couche de débris métallurgiques dans la partie centrale de l'amas de scorie annulaire 24–1-2, sous une épaisse couche de loess ne contenant pas de mobilier archéologique. Une datation légèrement plus ancienne (14e–15e siècle AD) a été obtenue sur les charbons prélevés à la base de la butte de scories de l'amas 22–6 (KRSM1). Enfin un charbon provenant de la partie inférieure du remplissage du four fouillé en 29–2 F1 (KRSM9), donne une date équivalente.

La série de datations pour les vestiges de la tradition technique KRS 3 présente une bonne homogénéité. Les trois prélèvements proviennent cependant d'une seule zone d'activité (zone 20), mais de secteurs éloignés les uns des autres.

Fig. 33 Petites batteries de fourneaux de faible diamètre à scorie piégée appartenant à la tradition KRS 4. Secteur 54 (2012).

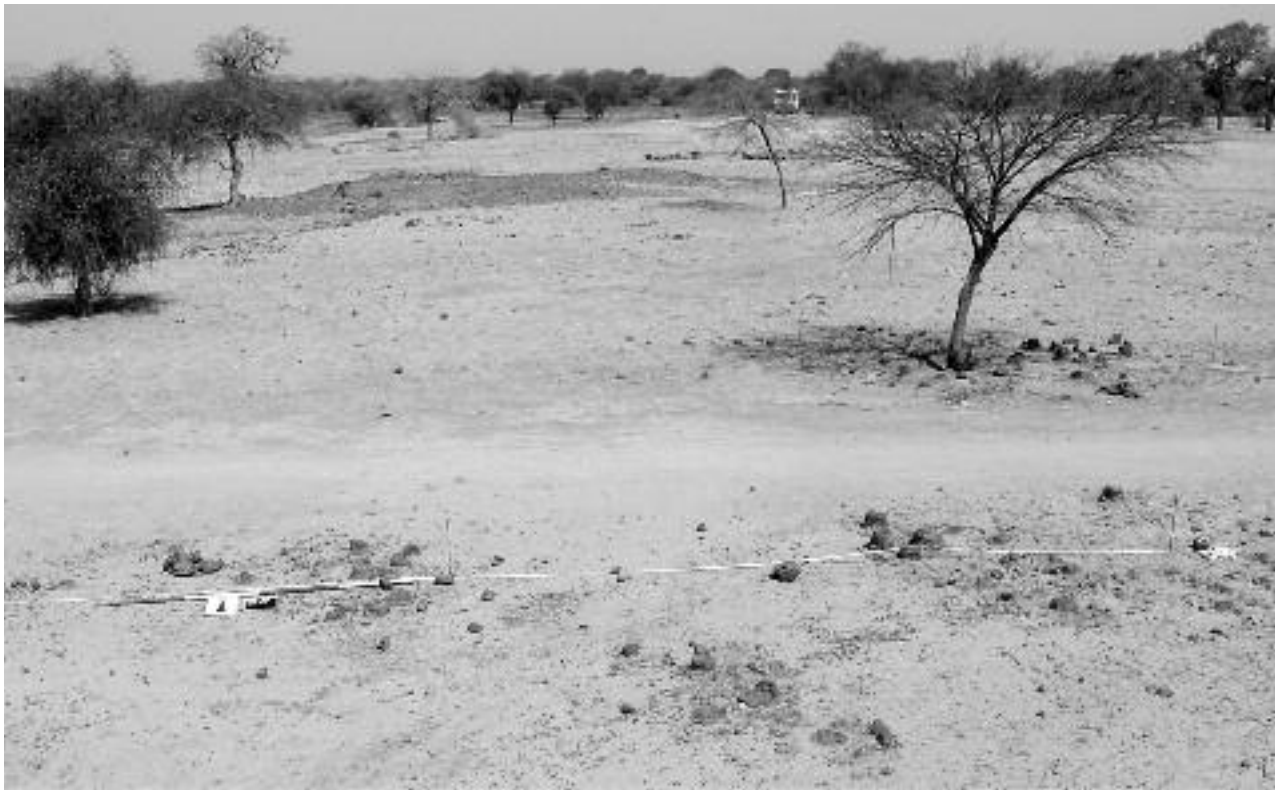
Fig. 34 Batterie de fourneaux de faible diamètre à scorie piégée appartenant à la tradition KRS 4. La fouille a mis en relief la partie souterraine des fourneaux. Secteur 27 Sondage 1 (2011).

6. La tradition technique KRS 4: petits fourneaux à scorie piégée à usage unique (17e siècle AD)

6.1 Caractéristiques techniques de la tradition KRS 4

Les vestiges typiques de la tradition technique KRS 4 sont des bases de fourneau de très faible diamètre, remplies avec une scorie cylindrique massive. Ces bases apparaissent en batteries de 10 à 50 unités, souvent disposées en ligne avec un espacement inférieur à un mètre (Fig. 33 et Fig. 34). Plus rarement, elles forment un nuage dense et dépourvu d'organisation claire, pouvant compter plus de 100 individus sur quelques dizaines de mètres carrés (Fig. 35).

Ces structures se présentent comme des fosses avec un profil cylindrique ou s'évasant faiblement vers le bas (en bouchon de champagne). Le diamètre interne varie de 15 à 25 cm. La profondeur est de 30 à 40 cm sauf dans quelques cas exceptionnels (jusqu'à 80 cm pour le fourneau 54 F 3). Elles sont creusées dans les limons fluviatiles oranges. Dans la partie supérieure, le bord de la fosse est recouvert par un revêtement



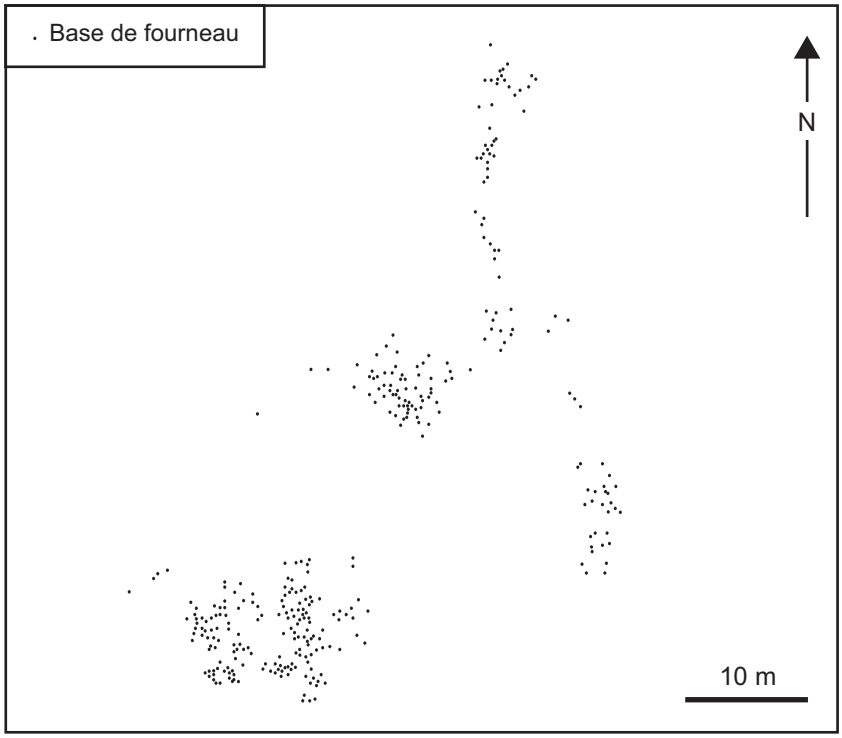


Fig. 35 Organisation spatiale de la tradition technique KRS 4: groupes de petits fourneaux cylindriques agrégés ou en ligne. Secteur 22–7 avec 340 scories internes en place (2011).

Fig. 37 Vue verticale d'un petit fourneau de faible diamètre appartenant à la tradition KRS 4. Le bloc de scorie remplit la fosse dont la paroi est renforcée par un revêtement interne en argile sableuse. Secteur 27, Sondage 2, Fourneau 32 (2011).

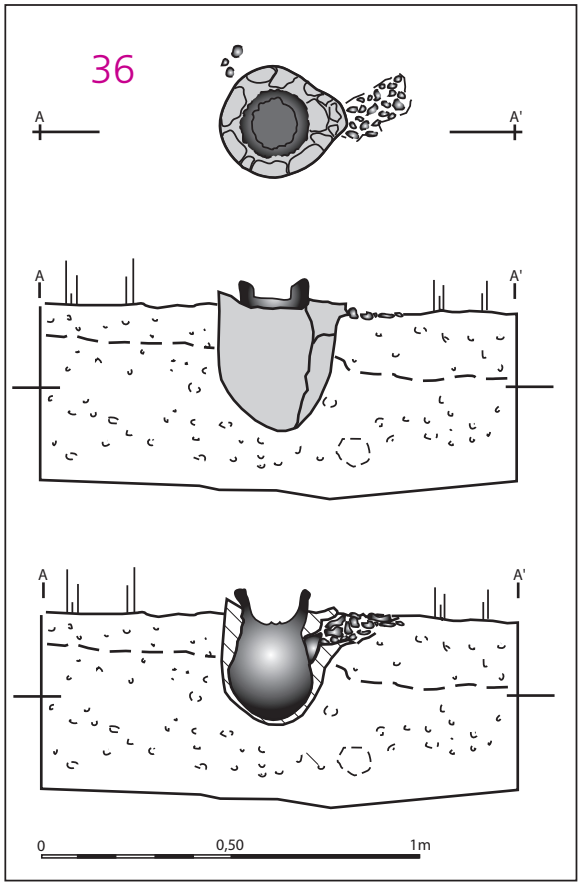
d'argile sableuse de 3 à 5 cm d'épaisseur qui forme la base d'une paroi (Fig. 36, Fig. 37 et Fig. 38). Celle-ci se prolongeait en élévation, comme le montrent les traces d'arrachement au niveau d'arasement. Aucune ouverture n'est visible dans la partie inférieure de ces fourneaux. La forme évasée d'un seul côté de certain blocs de scorie pourrait indiquer l'existence d'une ouverture unique située un peu au-dessus de la surface de la scorie. Ce serait logiquement à cette hauteur que devrait être placée une arrivée d'air. Aucun fragment de tuyère n'a été trouvé en association avec les fourneaux de la tradition KRS 4. Vu les très faibles dimensions des fourneaux, l'utilisation de soufflets est l'hypothèse la plus probable.

Les scories typiques sont des blocs cylindriques ou en forme de bouchon de champagne. La surface supérieure est marquée par des rides concentriques et une dépression centrale. Les surfaces latérales sont caractérisées par des écoulements verticaux parallèles comprimés. Très souvent, sur un côté de la partie supérieure, on observe un placage de paroi argilo-sableuse adhérant très fortement à la scorie, ce qui est une indication pour une température plus élevée et donc la proximité d'une arrivée d'air. La surface inférieure montre un relief très marqué avec des stalactites de scorie de lon-

Fig. 36 Plan et coupes du fourneau 227F32 appartenant à la tradition technique KRS 4. Secteur 227 (2011). DAO M. Mauvilly.

Fig. 38 Vue en coupe d'un petit fourneau de faible diamètre appartenant à la tradition KRS 4. Le bloc de scorie a une forme en bouchon de champagne. Il y a une couche de paille calcinée à la base de la scorie. Le revêtement interne en argile sableuse n'est présent que dans la partie supérieure de la fosse. D'un côté, l'induration du sédiment est nettement plus importante en raison d'un impact thermique plus fort. C'est sans doute lié à la présence d'une soufflerie. Secteur 27, Sondage 2, Fourneau 32 (2011).

Fig. 39 Coupe verticale dans une scorie piégée provenant d'un fourneau appartenant à la tradition technique KRS 4. La matrice est à base de fayalite (Fe2SiO4). On observe clairement les pores cylindriques allongés et verticaux (noir) correspondant aux empreintes de tige de mil. La partie supérieure est extrêmement riche en métal (blanc et brillant). Secteur 54 (2012).



gueur variable. On observe systématiquement des empreintes de tiges de mil disposées verticalement. En coupe, ces tiges de mil sont bien visibles dans toute la hauteur de la scorie (Fig. 39). La scorie s'infiltre donc entre les tiges placées verticalement dans la fosse. De la paille calcinée a été retrouvée dans le fond de plusieurs des fourneaux fouillés. La partie supérieure de la scorie contient une forte proportion de fer métallique et réagit très fortement à l'aimant. Ces blocs de scorie pèsent entre 10 et 60 kg, avec une valeur moyenne proche de 40 kg.

6.2 Mode opératoire de la tradition technique KRS 4

Les petits fourneaux de la tradition KRS 4 sont clairement des appareils à fonctionnement unique et l'utilisation de soufflets est très probable. On peut rattacher ces vestiges à la famille des fourneaux «fononse»[23] (Kiethéga 2009). Des vestiges similaires sont décrits pour des sites archéologiques de la province du Sanmatenga où se trouve Korsimoro et dans les provinces voisines du Boulkiemdé (Kiénon-Kaboré 2003) et du Passoré qui se trouvent plus à l'Ouest. L'organisation spatiale en batterie est la même. Les témoignages oraux recueillis permettent de décrire la mise en œuvre de ces appareils pour la réduction du minerai de fer (Kiethéga 2009). Dans la région voisine du Yatenga, des fourneaux également appelés «fononse» et de dimensions comparables sont utilisés pour recuire et purifier le produit brut des grands fourneaux «boense» à tirage naturel[24].

Une fois la fosse creusée, la partie supérieure de la paroi est aménagée sur le rebord de l'excavation. Une cheminée cylindrique de 30 à 50 cm de hauteur est construite en argile. A hauteur du sol, on ménage une arrivée d'air. La partie inférieure du fourneau est remplie avec de la paille de mil disposée verticalement.

Les vestiges de Korsimoro ne permettent pas de préciser le mode de chargement du fourneau. D'après les informations ethno-historiques, celui-ci est effectué avec une séparation verticale de la charge, c'est-à-dire que le charbon de bois est placé du côté de la soufflerie et le minerai à l'opposé. Ensuite, l'artisan rajoute du minerai ou du combustible au fur et à mesure de l'avancement de l'opération. L'opération ne dure sans doute pas plus de quelques heures.

Une fois l'opération terminée, l'artisan récupère la masse de métal et laisse les scories au fond de la cuve. Les informations ethno-historiques indiquent qu'un fourneau peut être utilisé 3 ou 4 fois avant d'être abandonné. A Korsimoro, les scories qui présentent une structure interne non stratifiée semblent résulter d'une opération unique, sauf peut-être dans le cas du four 54 F 3. Après l'abandon d'un premier four, l'artisan reconstruit une nouvelle installation à proximité. La disposition en batterie alignée ou agrégée reflète sans doute l'organisation de campagnes de réduction. Le nombre de fourneaux dans chaque batterie varie entre une dizaine et une cinquantaine.

6.3 Datations et relations stratigraphiques des vestiges de la tradition technique KRS 4

Les deux datations obtenues sur des petits fourneaux du secteur 22–7 ont été faites sur la paille calcinée découverte en-dessous de la scorie piégé à l'intérieur du fourneau (KRSM4 et 5). Elles proviennent de deux fourneaux très proches l'un de l'autre et sont quasiment identiques. Elles permettent de dater l'activité du 17e AD. Dans le secteur 22–7, tous les fourneaux fouillés en 2011 ont livré une couche de paille calcinée. Malheureusement, sur les six fourneaux fouillés en 2012 dans le secteur 54 de la zone 50, aucun n'a livré de matériel datable. Les nombreuses structures similaires identifiées dans la zone 100, souvent presque complètement déchaussées par l'érosion récente, n'ont pas fait l'objet de fouilles. On peut seulement noter que ces fourneaux recoupent des niveaux d'occupation plus anciens (habitat et nécropoles) pour lesquels il n'y a pas encore de datation absolue.

Une autre datation du 17e siècle a été obtenue pour l'atelier de forgeage du fer mis en évidence au Sud de la zone 20, au pied des collines où se trouvent les mines.

Ces datations plus tardives que celles des autres traditions sont un argument important pour considérer les fourneaux de la tradition KRS 4 comme des fourneaux de réduction du minerai de fer et non comme des installations destinées à recuire le produit brut d'autres fourneaux.

Les petits fourneaux de la tradition KRS 4 sont présents dans la zone 20, étudiée en détail. Une très importante concentration, plus de 300 structures, a été observée

23 Le terme «fononse» (singulier «fonoga») en mooré, est l'appellation des fourneaux cylindriques de petites dimensions fonctionnant avec des soufflets.

24 Les descriptions des «fonose» du Yatenga utilisés pour recuire le fer brut ne permettent pas de s'assurer de la présence d'une fosse creusée en-dessous de la construction.

Fig. 40 Batterie de petits fourneaux appartenant à la tradition technique KRS 4. Une partie des scories ont été complètement dégagées par l'érosion et ne sont plus dans la position originale. Secteur 107 (2012).

dans le secteur 22–7 sur une surface d'environ 100 m². Elle se subdivise en trois sous-ensembles principaux (182, 65 et 88 fourneaux) à l'intérieur desquels on distingue des regroupements plus petits. Quelques recoupements entre structures et le manque de lisibilité de certains groupes serait plutôt une indication pour l'organisation de quelques campagnes successives au même endroit plutôt que pour un seul et unique évènement regroupant une grand nombre d'équipes. Deux autres batteries, d'une dizaine de fourneaux chacune, ont été repérées entre les secteurs 22 et 24.

Dans la zone 50, on dénombre 251 fourneaux, répartis en 11 sous-ensembles dont les effectifs varient entre 5 et 60 individus. Les groupes sont distants les uns des autres de quelques dizaines de mètres. A cela, il faudrait rajouter quelques dizaines de blocs de scories cylindriques, complètement dégagés par l'érosion et qui ne sont plus en place. Les fourneaux de la tradition KRS 4 dans la zone 100 n'ont pas été étudiés en détail, faute de temps. Ils se répartissent en une dizaine de groupes similaires à ceux de la zone 50 (Fig. 40). Dans les autres zones prospectées, on n'a pas observé la présence de ces vestiges. Dans une partie du village moderne de Korsimoro, ces blocs de scories sont très fréquents et ont été réutilisés à grande échelle pour la construction des bâtiments modernes.

Les quelques 600 fourneaux qui ont été observés en place ne représentent qu'à peine une vingtaine de tonnes de scories. Cela représente donc une masse très limitée par rapport au volume global du site. Même en tenant compte du fait que les prospections sont loin d'avoir couvert la totalité de la région, ces vestiges ne représentent qu'une activité mineure.

7. Synthèse générale et perspectives

Les deux campagnes de recherche ont permis de faire une reconnaissance approfondie du site métallurgique de Korsimoro. Les résultats présentés ici restent très préliminaires dans la mesure où il n'a pas été possible de parcourir le site dans toute son étendue et où les travaux de laboratoire sont à peine entamés. Dans le détail, les bilans chiffrés seront donc certainement révisés à l'avenir, mais les ordres de grandeur sont acquis. De même, l'étude de l'occupation du territoire (habitats, nécropoles, etc.) n'est pas assez avancée pour placer le site dans son contexte. On peut néanmoins présenter un bilan des connaissances acquises.

Les vestiges métallurgiques de Korsimoro s'étendent sur une bande de 10 km de long et 1 km de large environ. On recense une dizaine de concentrations importantes avec des amas de scorie couvrant des superficies de 10'000 à 100'000 m². La masse totale de déchets métallurgiques qui peut être évaluée en première approche entre 100'000 et 200'000 tonnes, témoigne d'une activité intense. L'occupation se répartit sur environ 1'000 ans entre le 7ᵉ et le 17ᵉ siècle de notre ère. On peut distinguer quatre horizons chronologiques, caractérisés chacun par une tradition technique particulière. Il n'est pas possible d'établir avec précision la durée de ces phases. De même, on ignore les raisons qui provoquent ces changements dans la technique et dans l'organisation de la production.

Les vestiges les plus anciens (tradition KRS 1: 7ᵉ–10ᵉ siècle AD) correspondent à une production limitée (6 aires d'activité regroupant quelques 500 fourneaux à utilisation unique et environ 50 tonnes de scorie). La disposition des vestiges laisse supposer une organisation de la production sous la forme de campagnes de réduction saisonnières regroupant des artisans venant de toute la région pour fabriquer le fer dont ils ont besoin.

Les vestiges de la seconde période (tradition KRS 2: 11ᵉ–13ᵉ siècle AD) montrent une intensification remarquable de la production (50'000 à 100'000 tonnes de scories). Les unités de production sont très étendues et regroupent toujours plusieurs fourneaux. Les fourneaux sont des structures de grandes dimensions très solidement construites, manifestement destinés à assurer une production à grande échelle et sur une longue

durée. Cette organisation témoigne d'un changement social important avec la mise en place d'une population spécialisée dans la production du fer, produisant des surplus qui sont écoulés en dehors de la région. Cela reflète avant tout une augmentation énorme de la consommation du fer par la population au cours des premiers siècles du second millénaire de notre ère. Cette augmentation de la disponibilité du fer a forcément des conséquences significatives sur l'organisation de la production agricole et de la vie quotidienne des populations. Il faut aussi envisager un impact écologique significatif.

Au cours de la troisième période (tradition KRS 3: 14e–16e siècle AD), l'activité reste très intense (plus de 80 aires de travail, 30'000 à 50'000 tonnes de scorie). L'organisation spatiale change radicalement avec la juxtaposition de multiples unités de production limitées, chacune centrées sur un seul fourneau actif. L'introduction d'une technologie avec écoulement de la scorie correspond peut-être à un progrès technique et une amélioration des rendements. L'importance des vestiges laisse penser qu'une population spécialisée est toujours active et que le site continue à produire des surplus importants. Par rapport à la période précédente, les vestiges de la tradition KRS 3 pourraient tout de même indiquer une diminution globale de la production. Pour appréhender ce phénomène, il faudrait pouvoir préciser la durée de ces phases de production.

Enfin, les traces les plus récentes (tradition KRS 4: 17e AD) correspondent à une diminution drastique de la production (4 aires d'activité regroupant 600 fourneaux de petite taille à usage unique et environ 20 tonnes de scorie). La technique change complètement avec l'introduction de l'utilisation de soufflets. L'organisation se modifie à nouveau et pourrait revenir à une production coopérative à l'échelle de la région qui ne serait plus tournée vers la production de surplus significatifs.

Il est tentant d'essayer de mettre en relation cette succession avec des évènements historiques, mais les correspondances sont peu convaincantes. D'après la tradition orale, c'est vers 1700 AD que la cour du roi de Busma quitte le site de Korsimoro pour s'installer à Ouahiguya. A ce moment, le royaume marque son indépendance par rapport à Wogdogo et se lance dans des conquêtes militaires importantes. Les vestiges étudiés seraient tous antérieurs à ces évènements et ne reflèteraient donc pas la montée en puissance militaire du Busma.

Entre 1550 et 1700 AD environ, le royaume de Busma se met en place, avec à sa tête des princes de Wogdogo qui occupent le trône. Pendant cette période, c'est à Korsimoro qu'est installée la cour du roi. Les petits fourneaux à usage unique de la tradition KRS 4 correspondent à cette période. L'activité métallurgique dont ils témoignent est limitée sur le plan quantitatif. Ce n'est donc pas au moment où Korsimoro joue un rôle politique significatif que se développe une production massive de fer.

Les grands fourneaux à scorie coulée de la tradition KRS 3 sont probablement antérieurs à l'élévation de Korsimoro au rang de capitale du Busma[25]. Mais leur existence pourrait expliquer pourquoi cet emplacement a été choisi et mettre en lumière le rôle économique significatif que jouait peut-être cette localité dans la période qui précède le développement des royautés mossé. On ne sait que peu de choses sur l'identité précise des habitants avant la formation des groupes Mossé. La tradition orale parle de Kibsi aussi appelés Dogon dont une partie au moins seraient partis vers le Nord au moment de l'arrivée des Dagomba-Nakoomsé. D'autres populations comme les Ninsi et les Yonyonsé sont restées sur place et se sont fondues dans le nouveau groupe Mossé. Faut-il attribuer la tradition KRS 3 à l'une de ces populations? Les ressemblances que l'on retrouve dans la technologie sidérurgique entre le Plateau de Bandiagara et Korsimoro ne paraissent pas être un argument probant en l'état actuel des connaissances[26]. C'est cependant une piste intéressante à suivre.

Pour les deux horizons plus anciens, KRS 2 et KRS 1, la tradition orale n'offre plus aucun de point de repère. Les évènements qui ont pu motiver les changements dans la production du fer autour de l'an 1000 AD puis de l'an 1200 AD nous échappent totalement pour le moment.

25 L'imprécision des dates radiocarbone et celle de la chronologie traditionnelle font qu'il est impossible d'exclure que la tradition KRS 3 soit contemporaine de la première phase du royaume de Busma.

26 La tradition Ouin du plateau dogon au Mali (Robion-Brunner 2010) présente des points communs mais aussi des différences avec les vestiges de la tradition KRS 3. Pour le moment, il n'y a pas de datation radiocarbone pour les sites maliens.

Enfin, les vestiges étudiés ne permettent pas de remonter avant le milieu du premier millénaire de notre ère et laissent dans l'ombre plusieurs siècles de production de fer.

La succession de plusieurs techniques sidérurgiques significativement différentes les unes des autres qui a été mise en évidence à Korsimoro est un cas inhabituel en Afrique de l'Ouest. D'autres études aboutissent plutôt à la conclusion que les techniques de production du fer persistent localement sur de très longues durées. Par exemple, la tradition Fiko identifiée sur le plateau dogon au Mali couvre une période d'environ 1'000 ans d'après une quinzaine de datations absolues et on n'observe pas de changement technique significatif (Robion-Brunner 2010).

Les comparaisons technologiques sont difficiles à faire. Des grands fourneaux à usage multiple, à scorie piégée et à tirage naturel, comme ceux de la tradition KRS 2, sont connus dans bien d'autres districts de l'Afrique de l'Ouest et pour diverses périodes. En se basant sur ces caractères généraux de la technologie, on ne peut pas établir de comparaisons significatives. Pour cela, il faudrait prendre en compte des détails du mode opératoire, comme le recyclage des tuyères ou l'organisation spatiale des aires d'activité. Malheureusement, ces données sont rarement disponibles.

Pour la tradition KRS 1, les vestiges de fourneau et surtout l'organisation des sites se laissent comparer à d'autres ensembles pour lesquels il y a des datations dans la même fourchette chronologique (région de Niamey et du Nord Burkina, région lacustre du Mali, rive nord du fleuve Sénégal). On se prend à espérer qu'il est possible de tracer un horizon chrono-technologique valable pour une grande partie de l'Afrique de l'Ouest. Malheureusement, ces vestiges se laissent aussi comparer aux témoignages du 19e et aux observations du 20e siècle au Niger. Pour mener à bien une démarche de technologie comparée dans le domaine de la sidérurgie Ouest africaine, il est encore nécessaire d'accroître significativement la quantité et la qualité des données archéologiques.

A côté des résultats scientifiques qui renouvellent profondément la compréhension de l'histoire de la production du fer au Burkina Faso, il faut aussi rappeler que l'expérience de Korsimoro a aussi été très fructueuse sur le plan humain et pédagogique.

Bibliographie

ALPERN, S., 2005: Did they or did'nt they invent it? Iron in sub-sahatan Africa. History of Africa 32, pp. 41–94.

BOCOUM, H., (dir.) 2002: Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique, Une ancienneté méconnue, Ed. UNESCO, Paris, 240 p.

CÉLIS, G., 1989: La métallurgie traditionnelle au Burundi, au Rwanda et au Buha; essais de synthèse. Anthropos 84, pp. 24–46.

CÉLIS, G., 1991: Eisenhütten in Africa/Les fonderies africaines du fer, Museum für Völkerkunde, Frankfurt am Main, 225 p.

CHIÈZE, V., 1991: La métallurgie du fer dans la Zone Lacustre, archéologie – archéométrie, p. 449–472 in Raimbault, M., Sanogo, K., Recherches archéologiques au Mali, Prospection et inventaire, fouilles et études analytiques en Zone Lacustre, Editions Karthala, Paris, 567 p.

ECHARD, N., 1965: Note sur les forgerons de l'Ader (Pays Hausa, République du Niger), Journal de la Société des Africanistes 35/2, p. 353–372.

ECHARD, N., 1968: «Noces de Feu» 16 mm. Comité du Film Ethnographique (Musée de l'Homme), Paris.

ECHARD, N., 1983: Scories et symboles, remarques sur la métallurgie hausa du fer au Niger, pp. 173–197, in Echard 1983.

ECHARD, N., (éd.) 1983: Métallurgies africaines. Nouvelles contributions, Mémoires de la Société des Africanistes 9, 339 p.

FABRE, J.-M., 2009: La métallurgie du fer au Sahel burkinabé à la fin du 1er millénaire AD. pp. 167–178 In Magnavita et al 2009.

HOLL, A., 2009: Iron Metallurgy in West Africa: An Early Iron Smelting Site in the Mouhoun Bend, Burkina Faso, pp. 59–86 In Magnavita et al 2009.

HOLL, A., KOTÉ, L., 2000: Settlements Patterns, Food Production, and Craft Specialization in the Mouhoun Bend (NW Burkina Faso): Preliminary Results of the MOBAP 1997–1999 Field Seasons. West African Journal of Archaeology 30 (1), pp. 69–108.

HUYSECOM, E., 2001: Technique et croyance des forgerons africains: éléments pour une approche ethnoarchéologique, pp. 73–82, pl. 1–4 in Descoeudres, J.-P., Huysecom, E., Serneels, V., Zimmermann, J.-L., (eds): The Origin of Iron Metallurgy, International Colloquium Geneva 1999, Mediterranean Archaeology 14.

IZARD, M., 1970: Introduction à l'histoire des royaumes mossi, Paris 1970, 2 volumes (Recherche voltaïques 12 et 13).

KIÉNON-KABORÉ, T., 2003: La métallurgie ancienne du fer au Burkina Faso: province du Bulkiemdé, Editions L'Harmattan, Paris, 328 p.

KIÉNON-KABORÉ, H.T., KOTÉ, L., KOUASSI, S.K., RAMSEYER, D., SERNEELS, V., SIMPORÉ, L., 2011: Prospections archéologiques 2010 dans la région de Toumodi et de Khorogo (Côte d'Ivoire), Jahresbericht SLSA 2010, p. 47–54.

KIETHÉGA, J.-B., 2009: La métallurgie lourde du fer au Burkina Faso – Une technologie de l'époque précoloniale, Editions Karthala, Paris, 500 p.

KILLICK, D., 2004: What do we know about African iron working? Journal of African Archaeology 2, p. 97–112.

MACEACHERN S., 2004: Two Thousand Years of West African History, pp. 441–466 in Stahl, A.: African Archaeology. A critical introduction, Blackwel Publishers, London, 512 p.

MAGNAVITA, S., KOTÉ, L., BREUNIG, P., IDÉ, O.A., (éds) 2009: Crossroads, Cultural and technological developments in first millenium BC/AD West Africa. Journal of African Archaeology Monograph Series 2, Frankfurt am Main, 264 p.

PAGEARD, R., 1965: Une enquête historique en pays mossi (Ziniare, Gaongo, Koubri, Kombissiri, Sapone, Tanghin-Dassouri, Niou et Yaco), Journal des Afrcianistes 35(1), pp. 11–66.

PERRET, S., SERNEELS, V., 2006: Technological characterization and quantification of a large scale iron smelting site in Fiko, Mali, p. 453–463 in: Moreau, J-F, Auger, R., Chabot J. et Herzog, A.: Proceedings/Actes ISA2006, 36th Symposium on Archaeometry, Quebec Canada.

ROBERT-CHALEIX, D., 1994: Métallurgie du fer dans la moyenne vallée du Sénégal: Les bas fourneaux de Silla. Journal des Africanistes 64/2, pp. 113–127.

ROBERT-CHALEIX, D., SOGNANE, M., 1983: Une industrie métalurgique ancienne sur la rive mauritanienne du fleuve Sénégal, pp. 45–62 in Echard 1983.

ROBION-BRUNNER, C., 2010: Forgerons et sidérurgie en pays dogon; vers une histoire de la production du fer sur le plateau de Bandiagara (Mali) durant les empires précoloniaux. Journal of African Archaeology Monograph Series 3, Frankfurt am Main, 167 p.

SAWADOGO, D.S., 1994: Recherches sur l'histoire de l'Etat moaaga de Busma (Burkina Faso), Mémoire de DEA, Centre de recherche Africaines, Université de Paris Panthéon-Sorbonne, 96 p.

TIENDREBEGEO, Y., 1963: Histoire traditionnelle des Mossi de Ouagadougou, Journal des Africanistes 33 (1), pp. 7–46.