Schweizerisch-Liechtensteinische
Stiftung für archäologische Forschungen
im Ausland

Fondation Suisse-Liechtenstein
pour les recherches archéologiques
à l'étranger

Swiss-Liechtenstein Foundation
for Archaeological Research Abroad

SLSA

Rapport annuel
Jahresbericht

Annual report
2012

Impressum

Herausgeber/Distribution
SLSA
Schweizerisch-Liechtensteinische Stiftung
für archäologische Forschungen im Ausland
Museum Rietberg Zürich
Gablerstrasse 15
CH-8002 Zürich
www.slsa.ch

Redaktion
Peter Fux, Generalsekretariat SLSA

Korrektorat
Peter Fux (Deutsch)
Fabienne Tosi, Genf (Französisch)
Eddie Walker, Basel (Englisch)

Übersetzungen Deutsch–Englisch
Eddie Walker, Basel

Grafisches Konzept, Layout
Elizabeth Hefti, Winterthur

Satz
Claudia Rossi, Winterthur

Lithos
Thomas Humm, Matzingen

Druck
werk zwei Print+Medien GmbH, Konstanz

Titelbild/Couverture
Dégagement des vestiges au sud de
l'église Sainte-Cécile (Guran-Croatie)
Photographie: Marion Berti

© SLSA und Autoren, 2013

ISBN 978-3-9523258-6-5

Inhalt

5 **Vorwort**

7 **Wissenschaftlicher Bericht**

Administrativer Bericht

13 Organe der Stiftung
13 Aktivitäten für die Stiftungsmitglieder
15 Finanzielles
18 Mitgliederbeiträge und Spenden
20 Betriebsrechnung 2012
21 Bilanz per 31. Dezember 2012
22 Mehrjahresübersicht Betriebsrechnung
23 Mehrjahresübersicht Projekte

Wissenschaftliche Berichte der Projektleiter

25 Reconnaissance dans la vallée de la Falémé (Sénégal oriental): la 15ème année de recherche du programme international «Peuplement humain et paléoenvironnement en Afrique de l'Ouest»
Eric Huysecom et. al.

113 Origine et développement de la métallurgie du fer au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire. Premiers résultats sur le site sidérurgique de Siola (Kaniasso, Denguélé, Côte d'Ivoire)
Vincent Serneels, Hélène Timpoko Kienon-Kaboré et. al.

145 Bhutan-Swiss collaboration to institutionalise archaeology in Bhutan: Report on Activities in 2012
Philippe Della Casa, Peter Fux, Hansruedi Diggelmann, Christoph Walser

161 The Obtsho Dzong Ruin – Inventory and Documentation of a pre-Zhabdrung Dzong under Gasa Dzongkhag in Northern Bhutan
Christian Bader et al.

187 La onzième campagne de fouilles sur les sites de l'église Sainte-Cécile et de l'agglomération médiévale de Guran en Istrie (Croatie)
Jean Terrier, Miljenko Jurkovic et Iva Maric

Anhang

199 Publikationsliste
225 Stiftungsorgane
227 Mitgliederverzeichnis

Origine et développement de la métallurgie du fer au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire. Premiers résultats sur le site sidérurgique de Siola (Kaniasso, Denguélé, Côte d'Ivoire).

Vincent Serneels[1], Hélène Timpoko Kiénon-Kaboré[2], Lassina Koté[3], Siméon Kouakou Kouassi[2], Michel Mauvilly[4], Denis Ramseyer[5], Lassina Simporé[3]

Résumé

A la suite de plusieurs missions de prospection en 2011 et 2012 ciblées sur les vestiges métallurgiques du nord de la Côte d'Ivoire, une campagne de recherche approfondie a été organisée en janvier 2013 sur le site de Siola (Côte d'Ivoire) en collaboration avec les universités d'Abidjan et de Ouagadougou.

Le district sidérurgique du Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire, au Nord de la ville d'Odiénné, peut être classé dans les zones de production de fer importantes en Afrique de l'Ouest. Dans les environs du village de Siola, une dizaine de concentrations d'amas de scories de réduction du minerai de fer et plusieurs centaines de bases de fourneau ont été localisées. Une partie de ces vestiges ont fait l'objet de relevés topographiques et de sondages stratigraphiques.

Trois traditions techniques différentes (KAN 1 à 3) ont été caractérisées et datées. Des vestiges appartenant à d'autres traditions ont été mis en évidence mais leur caractérisation est incomplète. Les datations couvrent l'ensemble du second millénaire de notre ère, entre 1000 et 1900 AD.

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

La production de fer est un élément essentiel dans l'organisation des sociétés pré-coloniales en Afrique de l'Ouest. Le fer est le métal des outils agricoles et des armes; le contrôle de la production est donc un facteur essentiel pour le développement économique et la force militaire. Dans bon nombre de régions d'Afrique de l'Ouest, cette activité a laissé des vestiges qui sont encore bien visibles, parfois d'ampleur considérable. Le projet «Origine et développement de la métallurgie du fer au Burkina et en Côte d'Ivoire» vise à contribuer à une meilleure connaissance de ces vestiges et à soutenir les efforts des chercheurs africains dans ce domaine de la recherche en leur fournissant un support matériel et méthodologique. Comprendre le développement et l'intensification de la production et l'impact socio-économique de l'utilisation généralisée du fer est la problématique centrale.

Au Burkina Faso, deux campagnes de recherches ont été organisées en 2011 et 2012, sur le site sidérurgique de Korsimoro au Burkina Faso (Serneels et al. 2012). Plusieurs chercheurs poursuivent des recherches sur la sidérurgie dans d'autres parties du Burkina Faso. Une réflexion sur la protection et la mise en valeur du patrimoine archéométallurgique se met en place au niveau national et international.

En Côte d'Ivoire, les prospections des dernières années ont permis de mettre en évidence des vestiges sidérurgiques dans plusieurs régions du pays (Kiénon-Kaboré et al. 2011). Dans le Nord-Ouest, à une cinquantaine de kilomètres au Nord d'Odiénné, un groupe de sites de réduction du minerai de fer, caractérisés par des accumulations significatives de scories, des fourneaux bien conservés et des indices d'une activité de longue durée sont particulièrement remarquables et peu connus. On trouve dans la bibliographie ancienne quelques mentions de la présence de scories dans la région de Odiénné mais pas de description détaillée (Faucquez-Tao 1987 et 1993, Fofana 1993, Célis 1991). En outre, ces mentions ne concernent pas directement les sites de la région de Kaniasso.

Les sites de la région de Kaniasso ont été initialement signalés par N. Yao. Des recherches préliminaires ont été effectuées par D. Ballo, N. Yao et A. Yeo en juillet 2012.

[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] Departememnt d'Histoire et d'Archéologie (DHA), Université de Ouagadougou, Burkina Faso.
[4] Service Archéologique de l'Etat de Fribourg, Suisse.
[5] Département d'Archéologie, Université de Neuchâtel, Suisse.

1

Fig. 1 Les participants à la campagne de fouille de janvier 2013 à Siola (Côte d'Ivoire) derrière le fourneau 1103.

Fig. 2 Localisation de la zone d'étude 2013: Département de Kaniasso (Province du Denguélé, Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest) et des zones d'étude 2011–12 (Korsimoro, Burkina Faso) et 2002–09 (Pays dogon, Mali).

Fig. 3 Carte générale des vestiges miniers et métallurgiques localisés dans les environs du village de Siola (Département de Kaniasso). Etat des connaissances en janvier 2013. Les travaux ont porté principalement sur les zones 1000 et 2000.

A la suite d'une mission de reconnaissance en septembre 2012, la décision d'étudier les sites des environs du village de Siola a été prise. La campagne de recherche s'est déroulée en janvier 2013.

Les missions de prospection en Côte d'Ivoire ont été menées à bien par H. Kiénon-Kaboré et S. Kouassi avec les doctorants et étudiants de ISAD (université de Cocody, Abidjan). La campagne de janvier 2013 a été organisée par V. Serneels, H. Kiénon-Kaboré et S. Kouassi. En plus, M. Mauvilly, P. Jobin, A. El Kateb et S. Koffi ont contribué à l'encadrement sur le terrain. Une délégation de l'université de Ouagadougou, conduite par L. Koté et E. Thiombiano Ilboudo, a également participé aux recherches. En tout, seize étudiants et six doctorants africains ont pris part aux travaux (Fig. 1)[6]. P. Jobin a exécuté une bonne partie des relevés topographiques difficiles sur le terrain et M. Mauvilly a considérablement contribué à la mise au net des plans.

Dans le village de Siola, l'accueil de la population et la bienveillance des autorités ont permis le bon déroulement de la campagne. MM. le Préfet et le Sous-Préfet du département de Kaniasso nous ont apporté tout leur soutien et considérablement facilité notre installation au Centre de formation polyvalent de la ville. M. le Préfet d'Odiénné a également tenu à épauler la mission. En outre, l'université d'Abidjan a mis à disposition gratuitement un bus, véhicule indispensable pour le transport des participants. Nous avons bénéficié de l'appui du Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire.

1. Le district sidérurgique de Kaniasso et les sites de Siola

1.1 Contextes géographique et historique

Le village de Siola se trouve à environ 60 km au Nord de Odiénné, capitale de la province du Denguélé, dans le Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire à environ 900 km d'Abidjan (Fig. 2).

C'est un pays de plateau d'altitude moyenne (350–400 m) parsemé de rares buttes granitiques circonscrites. Situé entre le bassin supérieur du fleuve Niger au Nord et celui des petits fleuves côtiers (Sassandra) au sud, le plateau est parcouru par plusieurs cours d'eau tributaires du Niger qui s'écoulent globalement vers le Nord. Le village de Siola se trouve sur la rive droite du Baoulé. C'est une zone de forêt de densité moyenne avec des sols épais développés sur des roches granitiques précambriennes. Localement, on perçoit des reliefs de quelques dizaines de mètres correspondant à des lambeaux d'une cuirasse latéritique éocène épargnés par l'érosion récente.

La région est peuplée actuellement par des populations du groupe Mandé (Malinké). Entre 1000 et 1700 AD, cette zone se trouve à la marge sud des grands empires sahéliens médiévaux: Ghana, Mali, Songhai (Niane 1984). En 1880, le petit royaume ma-

[6] Liste des participants aux recherches de Siola 2013:

Département de Géosciences, Université de Fribourg, Suisse: Prof. V. Serneels, A. El Kateb.

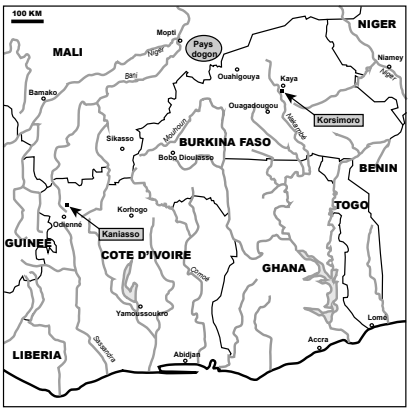
Service Archéologique de l'Etat de Fribourg, Suisse: M. Mauvilly.

Département d'Archéologie, Université de Neuchâtel, Suisse: P. Jobin.

Département d'Archéologie, Institut des Sciences Anthropologiques de Développement (ISAD), Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire: Dr. H. Kiénon Kaboré, Dr. S. K. Koffi, C. A. Aka, M. A. Aka, L. N Aka, J.-M. K. Angoua, E. E. Baki, D. Ballo, R. K. Bouadi, M.-J. A. Dapa, J. D. Kazio, J. A. B. Kobenan, E. A. Kouadio, P. K. A. Kouakou, L. Lorng, G. G. R. Tie Bi, L. L. Tui, N. K. Yao, A. Yeo, A. Ymba.

Département d'Histroire et d'Archéologie (DHA), université de Ouagadougou, Burkina Faso: Dr. L. Koté, Dr. E. Thiombiano Ilboudo, C. Moundiba, H. Ouedraogo, T. Traoré, L. Tougba.

2a



2b

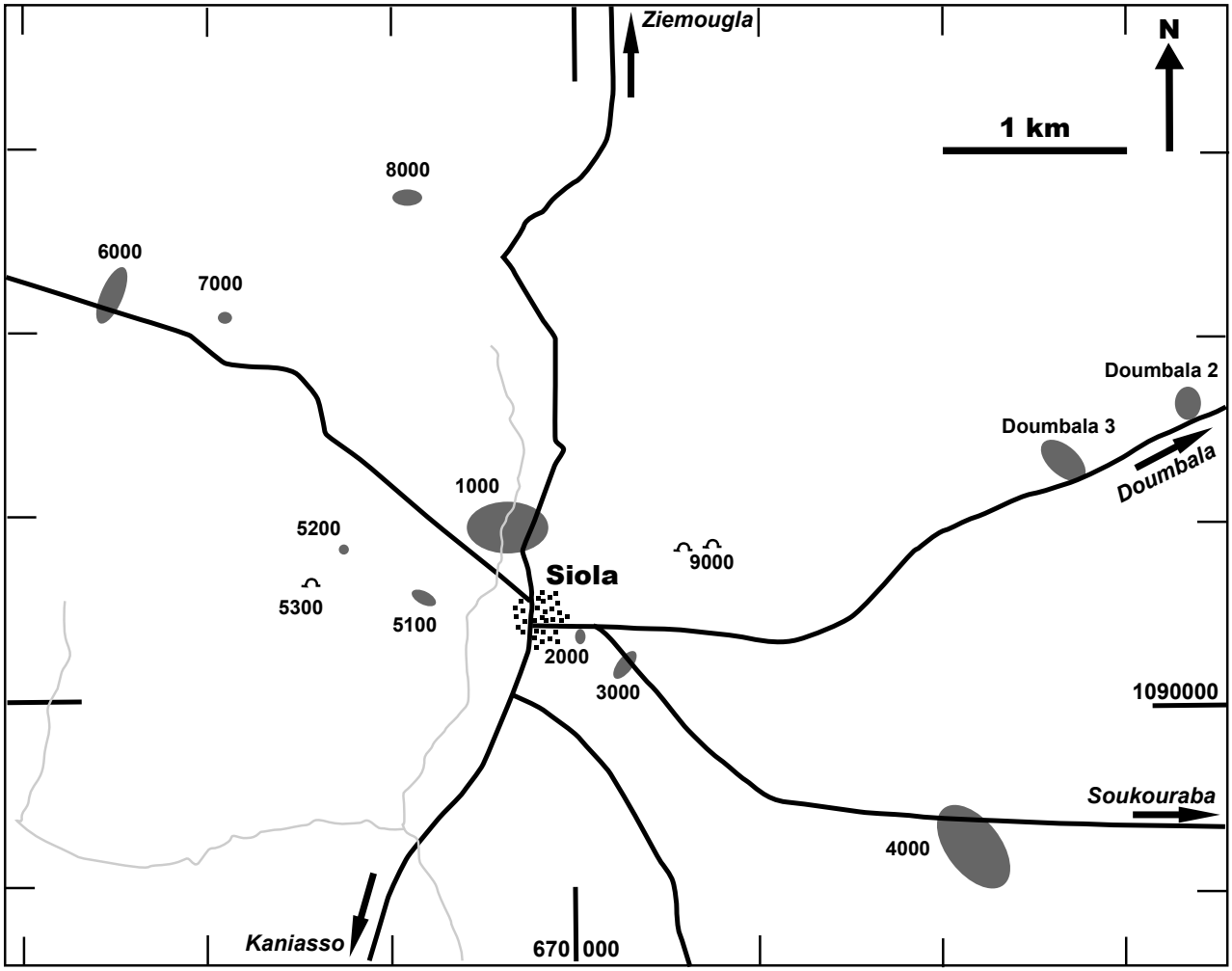
linké de Kabadougou dont la capitale est Odiénné, passe brièvement sous la domination de Samory Touré jusqu'à la défaite de ce dernier face aux Français en 1898. Les 18e et 19e siècles sont une période d'insécurité et de turbulences dans toute la région nord de la Côte d'Ivoire.

La population actuelle du village de Siola rapporte son installation sur ce territoire au lendemain des guerres de Samory Touré et admet que les fourneaux et amas de scories étaient déjà abandonnés à cette époque. Dans le village voisin de Doumbala, les habitants pratiquent encore activement le travail du fer. Ils font remonter leur présence dans la région à une époque nettement antérieure et attribuent les vestiges de la production du fer à leurs ancêtres. Quelques personnes très âgées se rappellent encore avoir observé les fourneaux en activité. La production était donc encore effective localement au début du 20e siècle. L'étude des traditions orales est en cours par D. Ballo.

1.2 Les vestiges archéologiques liés à la production du fer au Nord Est de Kaniasso

Les recherches viennent de commencer dans la région et ne permettent pas encore d'avoir une vue d'ensemble de la répartition des vestiges archéologiques et de l'occupation du territoire. Le couvert végétal empêche l'utilisation des photos satellite pour l'identification des sites. Seules quelques prospections pédestres et des enquêtes orales préliminaires ont pu être menées à bien. Dans une zone de quelques 100 km², on observe une concentration notable de sites métallurgiques sur les territoires des villages de Siola (9 emplacements), Doumbala (3), Sangouani (3) et Linguekoro (1) (Fig. 3 et 4).

Dans le cadre du projet, les travaux ont porté principalement sur deux zones riches en vestiges métallurgiques, à proximité du village de Siola, l'une au Nord (zone 1000)



3

Village	N° Zone	Lieu dit	Coordonnées UTM		Vestiges métallurgiques			Vestiges miniers	Travaux effectués	Datation 14C
					Tradition	nb amas	nb four			
Siola	1100		29P 669750	1090850	KAN 3	11	11		relevés + sondages	SIOL 5 1670 - 1950 AD SIOL 9 1680 - 1930 AD SIOL 11 1650 - 1950 AD
	1200		29P 669680	1090850	KAN 2		22		relevés + sondages	
	1300	Sagalezeni	29P 669630	1090850	KAN 2 KAN 3	 25	3		relevés + sondages	SIOL 17 1490 - 1650 AD SIOL 14 990 - 1040 AD
	1400		29P 669500	1090980	KAN 2 ou 3		34		prospection	
	2000		29P 670050	1090400	SIO 1	10	3		relevés + sondages	SIOL 3 1280 - 1400 AD
	3000		29P 670300	1090200	KAN 2 ou 3		32		prospection	
	4000		29P 672100	1089300	autre	31			prospection + sondage	SIOL 16 1450 - 1640 AD
	5100	Sorokoni	29P 669150	1090550	KAN 1		11		visite	
	5200	Sorokoni	29P 668750	1090850	KAN 2 ou 3		4		visite	
	5300	Gbala	29P 668550	1090650				30 puits	visite	
	6000	N'Dominako	29P 667500	1092200	KAN 2 ou 3		> 20		visite	
	7000	Kotoloni	29P 668100	1092100	KAN 2?		> 5		visite	
	8000	Kotoloni	29P 669100	1092750	KAN 1 KAN 2 ou 3	> 5	 7		visite	
	9000		29P 670600	1090850				> 15 puits	visite + relevé	
Doumbala	1		29P 674600	1092680	?	x	x		visite	
	2	Neguebo Koni	29P 673300	1091700	KAN 3 KAN 1	> 7 > 2	7		visite	
	3	Gnangba Soumanbaga	29P 672700	1091300	KAN 3?	x	x		visite	
Sangouani	1		29P 675050	1093850	?	x	x		visite	
	2		29P 675050	1094400	?	x	x		visite	
	3		29P 679350	1093550	?	x	x		visite	
Linguekoro	1		29P 677550	1087550	?	x	x		visite	

4

et l'autre à l'Est (zone 2000). Les autres zones n'ont fait l'objet que de simples visites ou de prospections sommaires. En tout, plus de 200 bases de fourneau ou amas de scories ont été identifiés. Le couvert forestier assez dense ralentit fortement le travail de terrain.

Trois traditions techniques différentes ont été individualisées sur le terrain. Chacune d'elles est caractérisée sur le plan de l'organisation spatiale, de l'architecture des fourneaux et de la nature des déchets associés (Fig. 5). Des observations faites aux cours des prospections sur les sites voisins indiquent que d'autres traditions techniques sont également présentes à l'échelle du district. Ces dernières devront être caractérisées dans le cadre de recherches futures.

Les premières datations radiométriques couvrent la période entre 1000 et 1900 AD (Fig. 6). La succession chronologique est conforme aux observations de terrain et on peut donc provisoirement définir trois horizons chronologiques et technologiques qui sont dénommés KAN 1, 2 et 3; KAN 1 étant le plus ancien. Seules sept datations ^{14}C ont été faites et la chronologie doit encore être affinée.

Des vestiges liés à l'extraction du minerai (puits de mine) ont également été observés dans deux secteurs. C'est une formation latéritique qui est exploitée. Elle fournit un minerai à base d'oxydes et d'hydroxydes de fer. Ces vestiges ne sont pas directement datés.

Fig. 4 Tableau récapitulatif des vestiges métallurgiques et miniers par zone dans les environs des villages de Siola, Doumbala, Sangouani et Linguekoro. Etat des connaissances en janvier 2013.

Fig. 5 Tableau comparatif des caractéristiques techniques des trois traditions techniques mises en évidence sur les sites de Siola.

Fig. 6 Tableau récapitulatif des datations ^{14}C pour les sites métallurgiques de Siola. Beta Analytic Inc., www.radiocarbon.com

Numéro Echantillon Chantier	Numéro Laboratoire BETA	Age mesuré	Age calibré 2 sigma	Localisation			Tradition Technique
				zone	secteur	structure	
SIOL 3	342899	640 ± 30 BP	Cal AD 1280 - 1400	2000	2001	intérieur four	KAN 1
SIOL 5	342900	140 ± 30 BP	Cal AD 1670 - 1950	1100	1103	extérieur four	KAN 3
SIOL 9	342901	80 ± 30 BP	Cal AD 1680 - 1930	1100	1102	intérieur four	KAN 3
SIOL 11	342902	150 ± 30 BP	Cal AD 1670 - 1950	1100	1102	tranchée	KAN 3
SIOL 14	342903	1010 ± 30 BP	Cal AD 990 - 1040	1300	1302	tranchée	KAN 1
SIOL 16	342904	350 ± 30 BP	Cal AD 1450 - 1640	4000	4003	sondage	indéfini
SIOL 17	342905	300 ± 30 BP	Cal AD 1490 - 1650	1300	1399	intérieur four	KAN 2

6

5

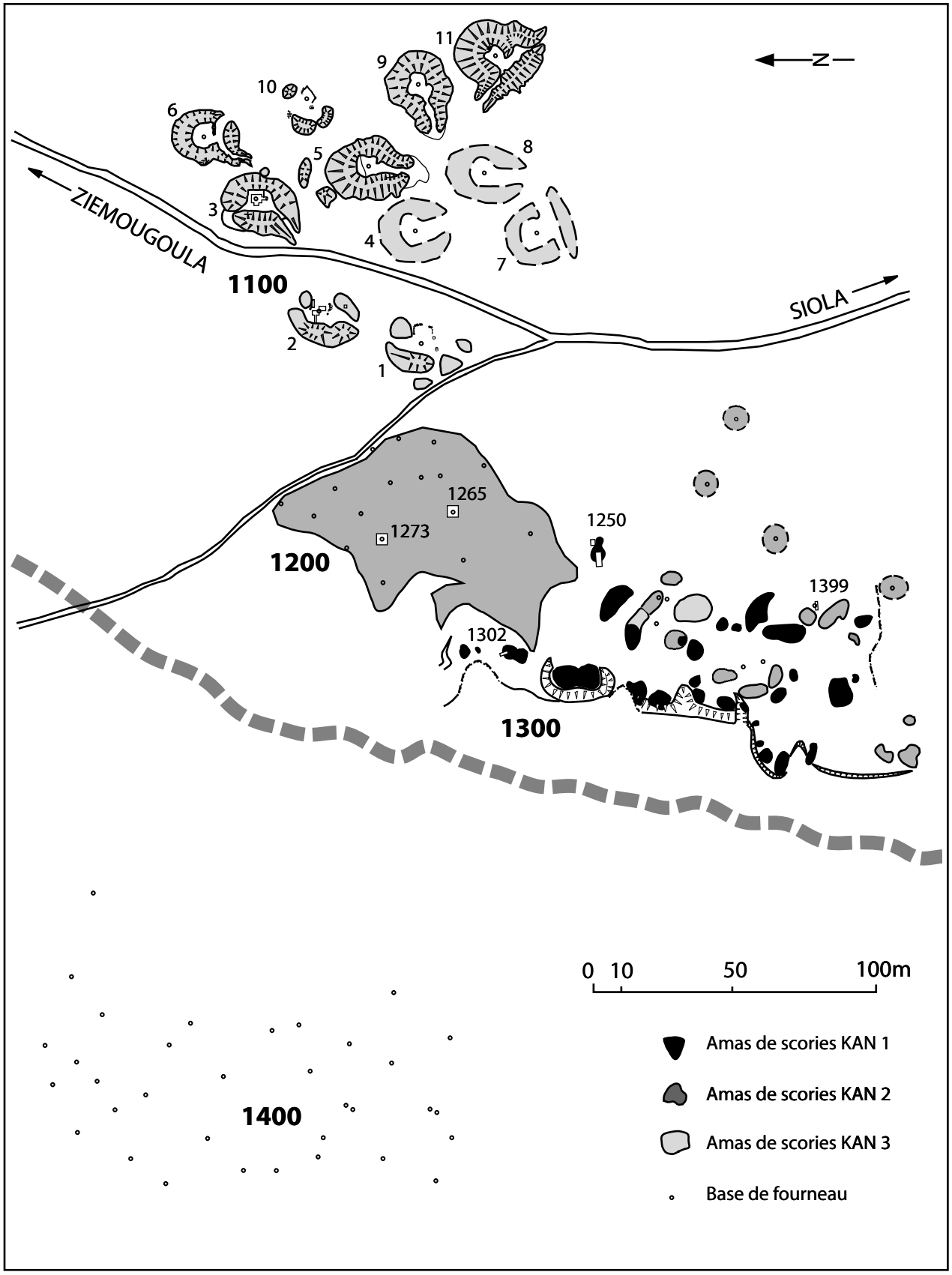
TRADITION TECHNIQUE	KAN 1		KAN 2		KAN 3	
Datations	11e - 14e AD	2 dates	16e - 17e	1 date	18e - 19e AD	3 dates + tradition orale
Organisation spatiale	alignement de buttes		fourneaux isolés / groupés		fourneaux isolés	
distances entre les fourneaux	3 à 20 m		1 à 30 m		30 à 50 m	
aménagements					3 murets délimitant un espace de travail 3 x 5 m 1 ou quelques scories isolées retournées	
disposition des rejets de scories	butte elliptique à l'Est du fourneau dimensions max dimensions min épaisseur	 7 x 10 m = 30 m2 1 x 2 m = 1 m2 0.2 à 1 m	épandages de blocs autour du fourneau épaisseur	 500 m2 0,1 à 1 m	amas de scorie annulaire autour du fourneau 1 ou 2 passage diamètre épaisseur	1 ou 2 passages orientation variabée 20 à 40 m 0.5 à 3.5 m
masse totale de scorie reconnue dans les zones 1000 et 2000	110 tonnes		2000 tonnes		2000 tonnes	
Fourneau	2001 et 2003 quelques bases visibles (zone 2000)		1265, 1273 et 1399 plus de vingt autres bases visibles		1102 et 1103 11 amas annulaires	
Orientation	porte à l'Ouest		porte à l'Ouest		porte à l'Ouest	
fonctionnement	utilisation multiple		utilisation multiple		utilisation multiple	
ventilation supposée	tirage naturel		tirage naturel		tirage naturel	
évacuation de la scorie	scorie écoulée à l'extérieur scorie interne	95% 5%	scorie piégé fracturée et rejetée à l'extrérieur		scorie piégé fracturée et rejetée à l'extrérieur	
Section au niveau de circulation	subcicrulaire	95 cm	subcirculaire	90 - 120 cm	subcirculaire	100 - 150 cm
Partie enterrée	cuvette peu profonde	10 cm	fosse	40 cm	cuvette évasée	80 cm
Ouverture	1 porte 5 embrasures 7 embrasures après réparation	60 cm 20 cm	1 porte 4 embrasures	70 cm 2 x 35 + 2 x 25 cm	1 porte 4 ou 5 embrasures	90 cm 2 x 45 + 3 x 25 cm
superstructure hauteur conservée hautuer estimée	faiblement tronconique	 100 cm 150 cm	en cloche	 80 cm 120 - 150 cm	en cloche avec cheminée diamètre 30 cm	 150 cm 200 cm
estimation du volume de la cuve		0.5 - 0.6 m3		0.7 m3		1,5 à 2 m3
matériaux de la paroi / épaisseur couche externe couche interne	 tuyères recyclées + argile argile cheminée posée sur des blocs de latérite	 8 - 10 cm ?	 argile + tuyères recyclées 1 ou 2 tuyères verticales comme armature des piliers	 10 cm	 argile 3 tuyères verticales comme armature des piliers	 6 - 15 cm
revêtement interne	argile	2 - 3 cm	argile	5 cm	argile	1 à 5 cm
traces de rechapage	rechapages visibles réfection de la paroi depuis l'intérieur		rechapages visibles réfection de la paroi depuis l'intérieur		non réfection de la paroi depuis l'intérieur	
dispositif d'accès à la porte	fosse peu profonde	10 cm	pas identifié		fosse d'accès large	
dispositif d'accès à la cheminée	pas nécessaire		pas nécessaire		pas identifié	
Tuyères	oui	banco	oui	banco	oui	banco
Forme	cylindrique	petite	cylindrique	grande	cylindrique	grande
diamètre externe / interne longueur	7 cm non conservée > 25 cm	3.5 cm	8 à 10 cm non conservée > 30 cm	4 à 5 cm	12 à 13 cm 70 cm	5 cm
nombre de tuyères par fourneau après répartion	min : 5 à 7 min : 7 à 9	max : 10 à 15 max : 10 à 15	min : 6 à 8	max : ?	min : 6 à 10	max : ?
recyclage	pour remplir le fond de la cuvette (scorie) pour la construction de la paroi		 pour la construction de la paroi (armature)		 comme armature pour les piliers	
Scories	fayalitique	environ 1000 kg / m3	fayalitique	non mesuré	fayalitique	environ 600 kg / m3
masse de scorie par opération	inconnu		60 kg ou plus	diamètre 60-80 cm	300 kg ou plus	diamètre 100-120 cm
morphologie de la scorie	scorie coulée et scorie piégée et scorie plaque	90 % coulures plates en cordons 5% bloc à tuyères recyclées 5% plaque sableuse	scorie piégée	bloc semi-cylindrique fragmenté à l'extraction	scorie piégée	bloc semi-cylindrique fragmenté à l'extraction

2.3 Les vestiges de la zone Siola 1000

La zone 1000, au Nord du village de Siola (Fig. 3), qui couvre une surface globale de 50'000 m², a été subdivisée en quatre secteurs (Fig. 7). Des vestiges appartenant aux trois traditions techniques ont été identifiés.

Le secteur 1100 occupe la partie Est du site, de part et d'autre de la piste de Ziemougoula. Il comporte 11 grands amas de scories annulaires, centrés chacun sur un four-

Fig. 7 Plan général des vestiges métallurgiques de la zone Siola 1000 et localisation des principaux sondages de la campagne 2013. Les trois traditions techniques (KAN 1, 2 et 3) sont juxtaposées. Les vestiges de la zone 1400 n'ont pas été étudiés en détail et appartiennent principalement à la tradition KAN 2.



7

8

Fig. 8 Vue générale de l'amas annulaire 1111 de la tradition technique KAN 3. Un grand fromager de plus d'un mètre de diamètre pousse au sommet d'une butte de scories.

neau de très grand diamètre (1101 à 1111). Ces amas présentent des éléments d'organisation récurrents même si la forme et surtout l'épaisseur des accumulations varient de manière importante (Fig. 8). Ces vestiges appartiennent à la tradition technique KAN 3, la plus récente. Les trois datations ^{14}C effectuées couvrent la période 1650–1950 AD. Les 11 amas ont fait l'objet d'observations de surface. Pour 8 d'entre eux, les relevés topographiques ont été faits. Des sondages ont été effectués sur les fourneaux 1102 et 1103. Des prélèvements archéo-magnétiques ont été faits sur 4 fourneaux de ce groupe.

Le secteur 1200 se trouve à l'Ouest du secteur 1100 et s'étend sur une largeur d'environ 50 m jusqu'à la rupture de pente qui domine le talweg d'un petit cours d'eau. Cette rupture de pente est une limite d'érosion récente. L'épandage de scories qui se trouve en surface a contribué à fixer cette limite dans la partie Nord. La rupture de pente correspond aussi à un changement de la végétation: la partie supérieure est occasionnellement cultivée alors que la zone basse est une forêt inculte.

L'organisation spatiale des vestiges métallurgiques est beaucoup moins perceptible dans la zone 1200 que dans la zone 1100. Une grande nappe de scories couvre environ 15'000 m^2 dans la partie Nord. Une vingtaine de bases de fourneau ont été identifiées dans cet épandage (Fig. 7). Elles sont disposées sans ordre apparent. Les distances entre les fourneaux varient entre 4 et 25 m. Dans certains cas, les fourneaux semblent entourés par des accumulations de scories plus ou moins annulaires mais les reliefs sont trop peu marqués pour que l'on puisse vraiment définir l'organisation des rejets.

Plus au Sud, 7 bases supplémentaires ont été localisées. Les scories qui les entourent ne forment pas non plus de véritables reliefs et il n'est pas possible de restituer une organisation des espaces de travail.

Des sondages ont été entrepris sur 2 fourneaux (1265 et 1273). Ces vestiges n'ont pas encore fait l'objet de datation ^{14}C mais ils présentent beaucoup de points communs avec le fourneau 1399. L'ensemble de ces vestiges permet de définir la tradition technique KAN 2. Un prélèvement archéomagnétique a été fait sur le four 1265.

9

Fig. 9 Vue générale du secteur 1300. Buttes elliptiques de scories coulées fragmentées appartenant à la tradition KAN 1. Au premier plan le sondage dans la butte 1302.

Toujours dans le secteur 1200, on note aussi la présence d'une butte elliptique très peu élevée constituée de petits fragments de scories coulées (amas 1250). Ces vestiges se rattachent à la tradition KAN 1 dont les vestiges sont présents dans le secteur 1300. La butte 1250 a fait l'objet d'un sondage.

Le secteur 1300 se trouve à l'Ouest du secteur 1200 et correspond à une bande de 40 m de large le long du talweg. La limite Ouest est constituée par une seconde rupture de pente très raide avec un talus de 2 à 3 m de haut qui surplombe le fond humide du talweg. Dans ce cas également, les buttes de scories contribuent à arrêter l'érosion.

Environ 25 buttes circulaires ou elliptiques constituées de petits fragments de scories coulées, forment deux alignements plus ou moins parallèles, l'un au bord du talus abrupt et l'autre à une dizaine de mètres en retrait (Fig. 7 et 9). Malheureusement, aucune trace de fourneau associé à ces amas n'a pu être identifiée. Ces vestiges sont comparables à ceux qui ont été mis en évidence dans la zone 2000 et qui servent à définir la tradition technique KAN 1, la plus ancienne.

La butte 1302 a fait l'objet d'un sondage et d'une datation ^{14}C. Le charbon récolté à la base de la butte sous une couche de scories de 60 cm d'épaisseur est daté entre 990 et 1040 AD.

Dans la partie Sud du secteur 1300, des épandages de scories en bloc appartenant à la tradition KAN 2 sont également présents, ainsi que quelques bases de fourneau. L'une d'entre elles (fourneau 1399) a fait l'objet d'une fouille. La datation ^{14}C est comprise entre 1490 et 1650 AD. Un prélèvement archéomagnétique a également été réalisé.

Le secteur 1400 occupe la rive Ouest du talweg. Cette partie du site n'a pas été étudiée en détail, faute de temps. Ce sont 34 bases de fourneaux qui ont pu être identifiées, réparties sur une surface d'environ 15'000 m^2. L'organisation et la nature des vestiges sont similaires aux vestiges de la zone 1200 et appartiennent probablement à la tradition technique KAN 2.

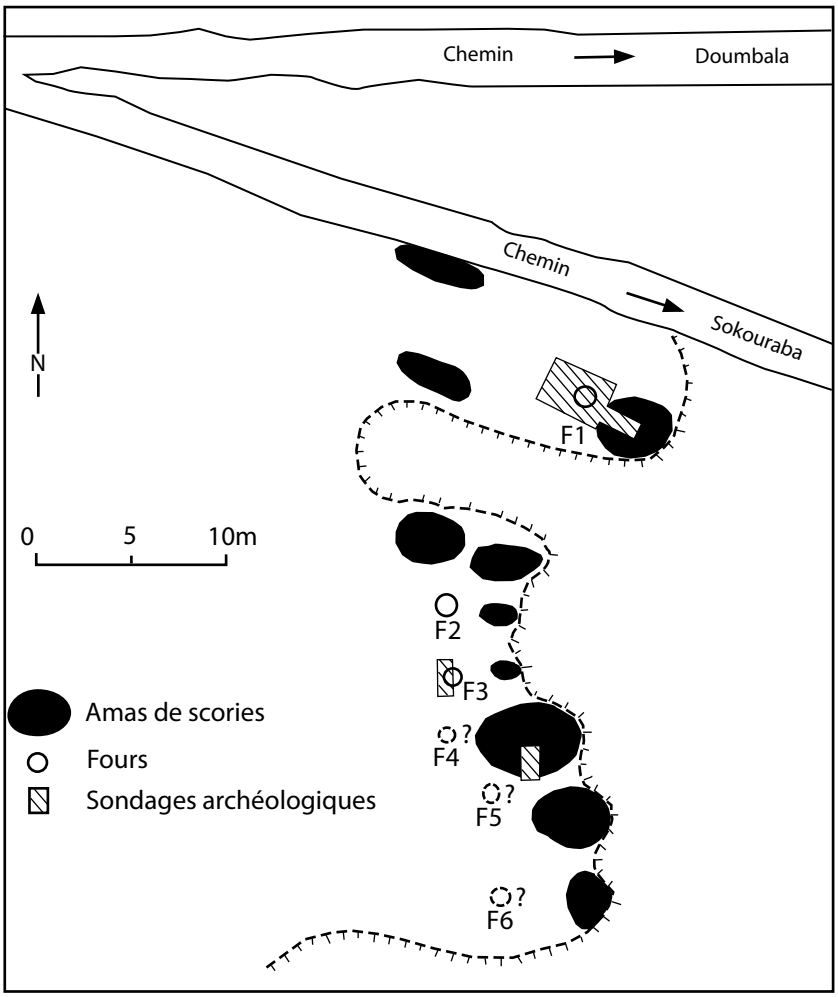
Fig. 10 Plan général des vestiges métallurgiques de la zone Siola 2000, vestiges appartenant à la tradition KAN 2.

Fig. 11 Vue générale de la zone 2000, vestiges appartenant à la tradition KAN 2. Au premier plan, les restes du fourneau 2001 dépassent de 50 cm au-dessus du sol.

2.4 Les vestiges de la zone Siola 2000

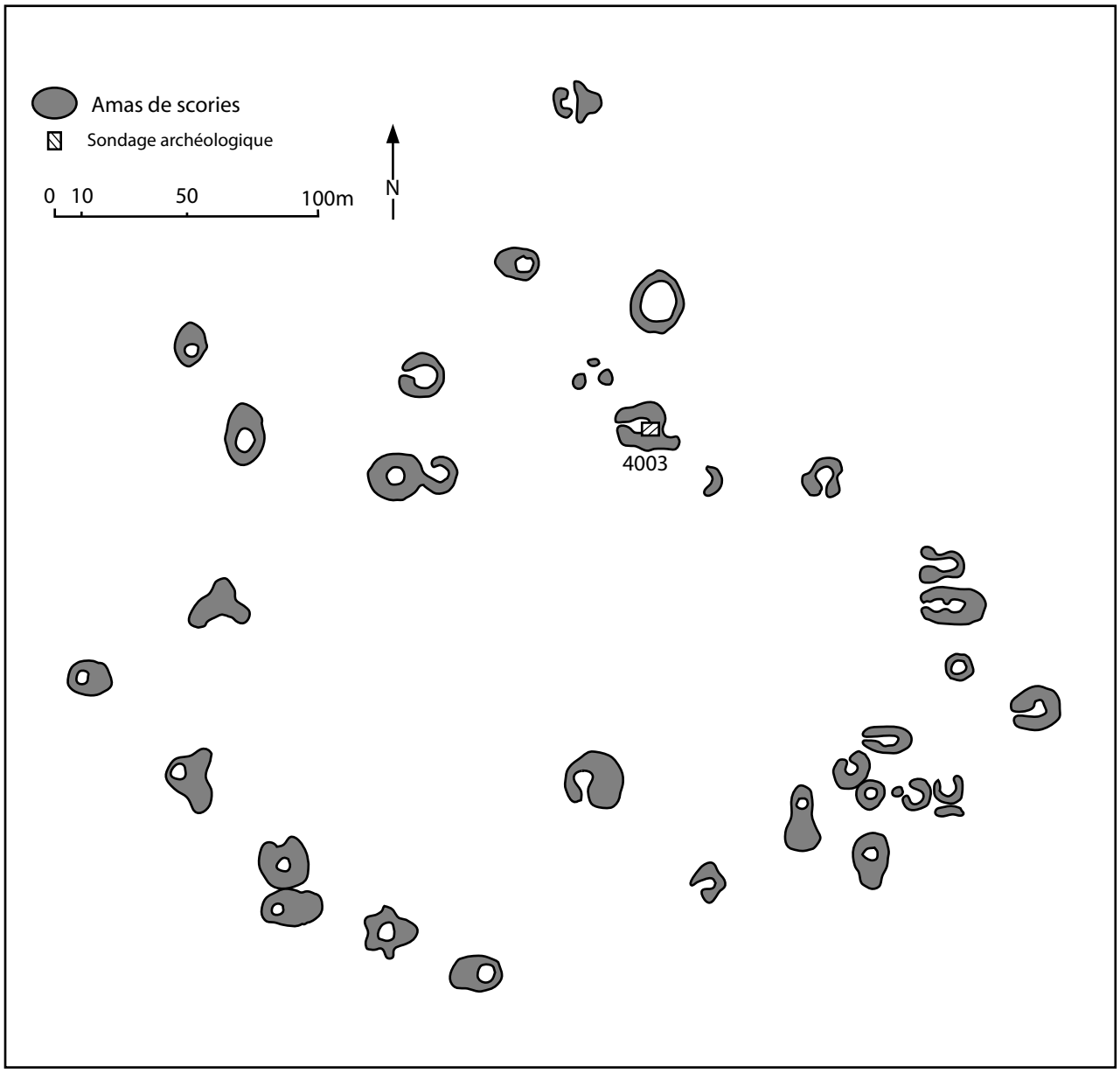
La zone 2000 se trouve à la limite orientale du village de Siola (Fig. 3), le long de la piste qui part en direction du village de Soukouraba. Les vestiges bien conservés ne couvrent qu'environ 300 m² mais plusieurs fourneaux ont été détruits par le passé lorsque la piste a été tracée. On peut encore en observer quelques traces entre la zone 2000 et le village.

Le site compte une dizaine de buttes de scories de forme elliptique (Fig. 10 et 11). Les buttes sont orientées Est – Ouest et forment un alignement Nord – Sud plus ou moins régulier. Une petite rupture de pente est sensible dans la topographie et marque



10

11



12

Fig. 12 Plan schématique des vestiges métallurgiques de la zone Siola 4000. Ces vestiges appartiennent à une tradition différente. Les amas sont grossièrement disposés en cercle.

la limite d'une zone humide. Ces buttes ne forment que des reliefs peu marqués. La hauteur maximale au-dessus du sol n'est que d'une cinquantaine de centimètres alors que l'épaisseur totale de la couche de scories est de 90 cm dans le sondage stratigraphique (butte 4).

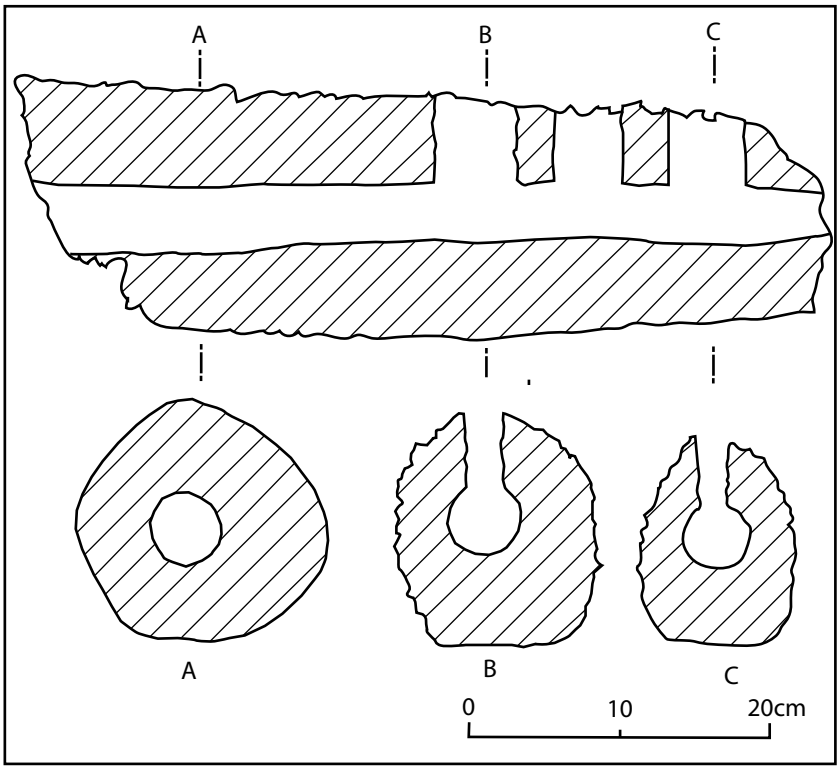
Un unique fourneau bien conservé a été étudié (fourneau 2001) et deux autres bases arasées ont été clairement identifiées. L'une d'elles a fait l'objet d'un sondage (fourneau 2003). Les emplacements de trois autres structures étaient très difficiles à voir. Il semble qu'à chaque butte de scories corresponde un fourneau placé à l'Ouest. Le fourneau 2001 a été daté par ^{14}C entre 1280 et 1400 AD par des charbons provenant de l'intérieur de la cuve, correspondant probablement à la fin de l'activité dans cette zone. Le fourneau 2003 a fait l'objet d'un prélèvement archéomagnétique. Tous ces vestiges appartiennent à la tradition technique KAN 1.

2.5 Les autres vestiges de Siola

La zone 3000 se trouve à 250 m à l'Est de la zone 2000, le long de la piste de Soukouraba (Fig. 3). Le site se trouve sous couvert forestier et n'a fait l'objet que d'une prospection sommaire qui a permis de relever la présence de 32 bases de fourneau sur une superficie de 20'000 m² environ. Les scories sont essentiellement des gros blocs frag-

Fig. 13 Dessin d'une tuyère avec 3 ouvertures latérales, typique de la zone 4000.

Fig. 14 Photo d'une tuyère avec 3 ouvertures latérales, typique de la zone 4000.



13

14

mentés comme ceux qui sont associés aux traditions KAN 2 et KAN 3. Certains fourneaux semblent être entourés d'amas annulaires importants, mais les traits de l'organisation spatiale caractéristique de la tradition KAN 3 n'ont pas pu être observés de manière rigoureuse en raison de la couverture végétale.

La zone 4000 se trouve à un peu plus de 3 km à l'Est de Siola, toujours sur la route de Soukouraba (Fig. 3). Aucun vestige de fourneau n'est visible, mais on compte 31 buttes de scories de forme variée (Fig. 12). Certaines buttes sont subcirculaires, d'autres elliptiques ou même irrégulières. Elles présentent le plus souvent un cratère central, parfois avec un accès. L'orientation des accès est variable. Certaines présentent des amoncellements de plus de 1,5 m de haut. Elles sont réparties sur une surface d'environ 100'000 m^2. A quelques exceptions près, les buttes se trouvent sur un grand cercle de 300 m de diamètre. A ce stade de l'étude, cette constatation est difficile à interpréter en terme d'organisation spatiale délibérée mais elle est troublante. Les déchets associés sont principalement des fragments de gros bloc de scories internes similaires à ceux qui sont présents dans les traditions techniques KAN 2 et KAN 3. Cependant, on ne retrouve pas les éléments d'organisation spatiale de ces deux traditions dans la zone 4000. De plus, plusieurs amas de cette zone ont livré des tuyères dont la forme est tout à fait particulière (Fig. 13 et 14). Ce sont de grandes tuyères massives longues de plus de 40 cm, faiblement coniques avec une section subcirculaire à elliptique. Ce module est similaire à ce que l'on trouve pour les traditions KAN 2 et 3. La particularité étonnante de ces tuyères est l'existence, en plus du bec normal, de 3 ouvertures perpendiculaires de section rectangulaire ou circulaire selon les modèles. Cette disposition est très originale et son utilité est difficile à comprendre.

Il y a donc divers arguments pour considérer que les vestiges de la zone 4000 appartiennent à une autre tradition que celles identifiées dans les zones 1000 et 2000. Malheureusement, la zone étant très difficile d'accès, les recherches sont restées insuffisantes pour définir de manière satisfaisante cette tradition supplémentaire. En particulier, il n'a pas été possible de décrire un fourneau.

Les charbons de bois prélevés à 80 cm de profondeur dans la couche de scories de l'amas 4003 ont été datés entre 1450 et 1640 AD. C'est la même fourchette chrono-

15

Fig. 15 Vue d'un puits de mine avec des encoches rectangulaires permettant au mineurs de monter et descendre (zone Siola 9000).

logique que la datation obtenue sur le fourneau 1399 appartenant à la tradition KAN 2, mais cela ne démontre pas leur contemporanéité stricte.

Les zones 5, 6, 7 et 8000 se trouvent au Nord-Ouest de Siola (Fig. 3). Elles n'ont fait l'objet que de simples visites, insuffisantes pour établir une description. Le secteur 5100 (Sorokoni Est) comporte une dizaines d'amas de scories et autant de bases de fourneaux qui semblent appartenir principalement à la tradition technique KAN 2. Le secteur 5300 (Gbala) correspond à une mine de fer: une trentaine de puits de mine ont été observés dans la latérite. D'autres mines se trouvent à l'Est de Siola sur un petit plateau formé par une cuirasse latéritique (zone 9000, Fig. 3). En surface, la topographie du terrain apparaît complètement perturbée avec des creux et des monticules sur quelques centaines de mètres carrés. Cela pourrait être le résultat de l'effondrement de travaux souterrains sous-jacents. Quelques emplacements de puits sont visibles. Ce sont des creusements quadrangulaires de 1 ou 1,5 m de côté. La plupart sont bouchés à faible profondeur. L'un d'entre eux est encore ouvert sur plus de 4 m. Dans ce cas, on observe très bien sur deux parois opposées un système d'encoches rectangulaires horizontales qui servent d'échelle pour le déplacement vertical des mineurs (Fig. 15).

Fig. 16 Plan, coupes et vue latérale du fourneau F1, secteur 2000 appartenant à la tradition KAN 1 (13e siècle AD).

3. La tradition technique KAN 1: fourneaux construits en tuyères à scorie coulée (11e–13e siècles AD).

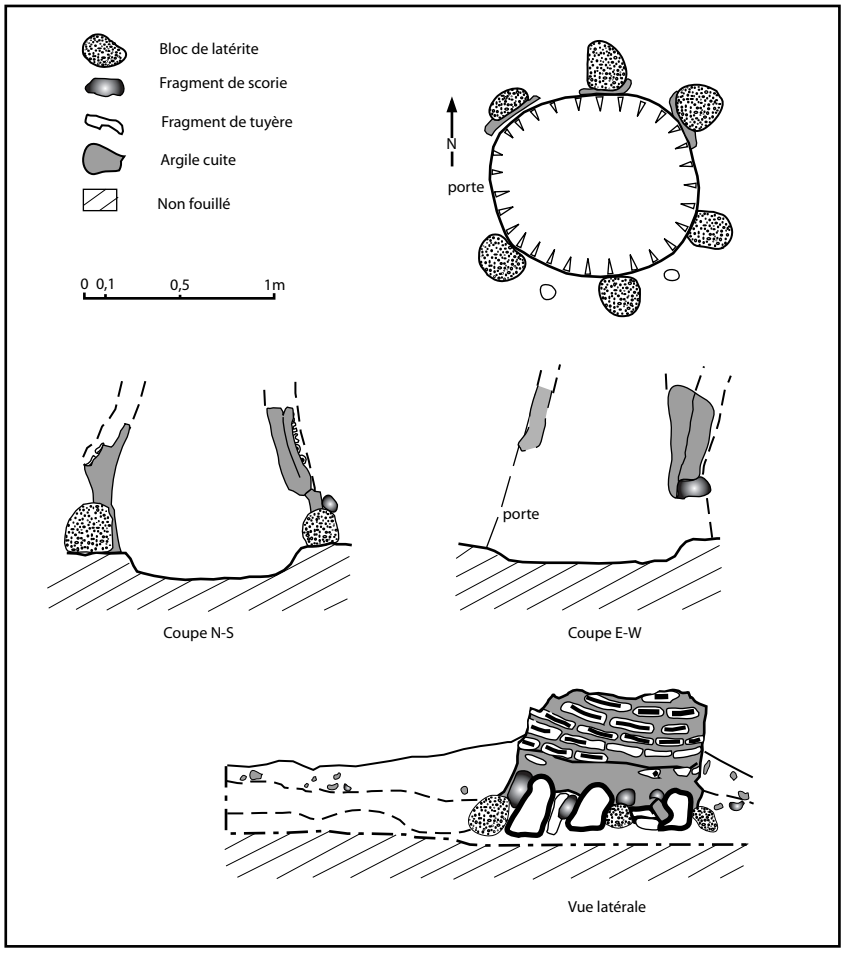
3.1 Caractéristiques techniques de la tradition technique KAN 1

Les vestiges de la tradition KAN 1 sont des buttes elliptiques ou subcirculaires constituées de petits fragments de scorie coulée en cordons (Fig. 5). Ces buttes sont de faible ampleur. Le diamètre maximum peut atteindre 10 m et l'épaisseur maximum 1 m. Il y a des amas nettement moins importants: 1 ou 2 m de diamètre et 10 à 20 cm d'épaisseur.

Dans la zone 2000, les buttes sont orientées Est-Ouest et juxtaposées l'une à côté de l'autre formant un alignement approximatif Nord-Sud (Fig. 10 et 11). Dans le secteur 1300, l'organisation spatiale est plus difficile à comprendre en raison d'une érosion assez forte et de la superposition de rejets plus récents. Les buttes semblent tout de même être disposées selon deux alignements parallèles (Fig. 7). Plusieurs buttes doubles sont visibles, résultant de la coalescence progressive des aires de rejet de deux ateliers. Des vestiges similaires ont été identifiés dans d'autres zones visitées (5100 et 8000), mais les observations de terrain sont insuffisantes pour en décrire l'organisation.

Il semble qu'un fourneau soit associé à chaque butte de scories. Il est placé à l'Ouest, à quelques mètres de distance de la butte. Cette disposition est clairement visible pour le four 1 et la butte 1 du secteur 2000 (Fig. 10). Pour les fourneaux 2 et 3, la disposition pourrait être similaire. Les travaux n'ont pas permis de confirmer clairement la position des fourneaux 4, 5 et 6. Dans la zone 1000, il n'a pas été possible de mettre en évidence les emplacements des fourneaux, probablement à cause de l'érosion importante dans la partie basse du site.

Le fourneau 1 du secteur 2000 a été étudié en détail. C'est le seul fourneau appartenant à la tradition KAN 1 qui est suffisamment bien conservé pour en donner une description (Fig. 16 et 18). Quelques observations complémentaires, en particulier en



16

17

Fig. 17 Scories coulées fragmentées typiques de la tradition KAN 1.

ce qui concerne la partie inférieure du fourneau, ont pu être faites lors de la fouille de la base du fourneau 3 du secteur 2000.

Le fourneau possède des dimensions moyennes (diamètre interne à la base: 95 cm, hauteur estimée: 150 cm). Le volume interne du fourneau peut être évalué entre 0,5 et 0,6 m^3. Dans son état actuel, la cheminée du fourneau 2001 est fortement inclinée vers l'Ouest. Cette situation résulte d'un effondrement partiel à la suite duquel le fourneau a subi des réparations importantes. Elle était probablement verticale au moment de la construction.

A l'origine, le fourneau est installé au-dessus d'une faible dépression elliptique aménagée dans le substratum. Sur le bord, on dispose six blocs arrondis de latérite. A l'Est, on laisse un espace de 60 cm entre les deux blocs qui seront les limites de la porte. Les autres blocs sont disposés à 40 cm les uns des autres. La taille des blocs est décimétrique mais elle varie significativement (5 à 8 dm^3). Les sommets de ces piliers sont ensuite reliés entre eux par une couronne d'argile. La porte et les embrasures pour les tuyères sont laissées libres. Au-dessus, on monte une paroi construite à l'aide de tronçons cylindriques de tuyère usagée. Les pièces ont une vingtaine de centimètres de long et sont disposées tangentiellement à la paroi. Les tuyères forment plus des deux tiers des matériaux de construction utilisés. Entre chaque couche de tuyères, il y a une couche de terre de 1 à 2 cm d'épaisseur. La paroi conservée compte au moins six rangs de tuyères. Cette paroi externe possédait à l'origine une épaisseur de 8 à 10 cm qui est aujourd'hui réduite, en raison de l'érosion de la surface externe. La surface interne était probablement recouverte d'une couche d'argile centimétrique qui est encore visible sur la surface interne des trois blocs de latérite situés au Nord. A l'origine, ce revêtement devait sans doute recouvrir toute la surface intérieure de la cheminée.

Après l'effondrement partiel de la cheminée, les artisans ont réparé le four pour le remettre en fonction. Les deux embrasures Sud ont été subdivisées avec des fragments de tuyère de manière à créer deux nouveaux piliers pour soutenir la cheminée. Il est probable que les blocs de latérite ont aussi été déplacés. Un nouveau revêtement interne a été posé de manière à rectifier le profil interne. Pour cette raison, ce revêtement est beaucoup plus épais du côté Ouest.

18

Fig. 18 Vue générale du fourneau F1, secteur 2000 appartenant à la tradition KAN 1 (13e siècle AD). A gauche: vue de la porte. A droite: vue latérale.

Les cinq embrasures sont clairement destinées à recevoir des tuyères. La largeur de ces ouvertures est relativement faible, de l'ordre de 20 cm et elles sont basses (15–20 cm). Elles ne peuvent pas recevoir plus de deux tuyères à la fois. Il est en fait plus vraisemblable que chaque embrasure ne recevait qu'une seule tuyère. Il est possible qu'une ou deux tuyères supplémentaires aient été disposées dans la porte.

Les tuyères qui ont été découvertes en association avec les vestiges de la tradition KAN 1 sont de forme cylindrique et de petit gabarit[7]. Elles sont relativement peu abondantes dans les amas de déchets mais réutilisées pour la construction des fourneaux.

Les déchets métallurgiques les plus caractéristiques de la tradition KAN 1 sont les petits fragments de scories coulées en cordons entremêlés (Fig. 17). Les fragments sont petits et ne permettent pas de reconstituer la forme originale des écoulements externes. Ces déchets forment plus de 80% des débris. La butte associée au four 1 est presque exclusivement composée de ces fragments (95 %), mais dans la butte du four 3, il y a au moins 20 % de tuyère. Sur le site, on observe aussi la présence de scories avec d'autres formes mais celles-ci semblent ne pas avoir été rejetées sur les buttes mais plutôt éparpillées en périphérie. Elles représentent un faible pourcentage de l'assemblage (5 à 10 %). On observe d'une part des fragments de blocs de scories internes contenant des tuyères usagées. Une pièce a été retrouvée au fond du fourneau F1, correspondant peut-être au dernier fonctionnement. Des pièces de scories cylindriques correspondant au remplissage d'un conduit interne de tuyère ont aussi été observées. Elles résultent de la fracturation de blocs plus importants. Enfin, on observe des grandes plaques de 3 à 5 cm d'épaisseur constituées d'un matériau mixte incorporant de la scorie fayalitique et une forte composante sableuse. Ces pièces se forment à la base des embrasures ou de la porte, sous le bec de la tuyère, par fusion partielle du substrat et contamination avec des matières fondues.

3.2 Mode opératoire de la tradition technique KAN 1

La tradition technique KAN 1 utilise des fourneaux relativement grands destinés à fonctionner de manière répétée. Le cas échéant, les fourneaux sont réparés après dégradation. Ce sont tout de même des structures fragiles dont les fondations sont sommaires. Cela peut expliquer en partie le mauvais état de conservation de la plupart des fourneaux.

Ces fourneaux fonctionnent probablement avec un tirage naturel alimenté par au moins 5 tuyères et l'écoulement des scories par la porte pendant l'opération est la règle. Malgré tout, il se forme aussi quelques scories internes. Les métallurgistes placent au

7 Les tuyères KAN 1 devaient avoir 30 à 40 cm de long, mais les fragments les plus longs ne dépassent pas 25 cm. La forme est cylindrique avec un diamètre externe de 7 cm et un conduit de 3,5 cm. L'impact thermique est fort et la géométrie de la scorification indique plutôt une position plus ou moins horizontale reposant sur le sol.

fond du four des morceaux de tuyère usagée autours desquels se forme un bloc de scories internes. Celui-ci sera évacué à la fin de l'opération de réduction, après que le bloc de métal aura été prélevé.

Les scories sont écoulées par la porte dans la cuvette peu profonde qui se trouve à l'Ouest du fourneau. Elles sont ensuite déplacées et rejetées du côté opposé du fourneau. Ces rejets forment progressivement une butte compacte. Ces rejets restent d'ampleur modeste dans la mesure où les plus grandes buttes étudiées ne dépassent pas les 25 m^3 (environ 25 tonnes)[8] et la plupart sont inférieures à 5 m^3.

3.3 Datations et relations stratigraphiques des vestiges de la tradition KAN 1

Des charbons prélevés au fond du comblement du fourneau F1 de la zone 2000 donne une date qui correspond à la fin de l'activité de cette structure et sans doute de l'ensemble de la zone. La date obtenue se situe au 14e siècle.

Une seconde date provient de la zone 1300 pour des charbons provenant du niveau inférieur de la butte de scories 1302, l'une des plus épaisses du secteur. Cela devrait refléter le début de l'activité. La date obtenue se situe début du 11e siècle.

Ces deux dates sont les plus anciennes sur le site de Siola. Elles permettent de confirmer l'antériorité de la tradition KAN 1 mais couvrent une période assez longue pouvant s'étendre sur quelque 400 ans. Des donnés supplémentaires sont donc nécessaires pour affiner la datation de la tradition technique.

Dans la zone 2000, on ne rencontre pas d'autres vestiges que ceux de la tradition KAN 1. Par contre dans la zone 1000, la position stratigraphique des buttes de scories KAN 1 semblent être inférieure aux rejets attribuables à la tradition KAN 2. Pour les autres secteurs visités, il n'y a pas d'observation interprétable en termes de chronologie relative.

Les vestiges de KAN 1 étudiés à Siola présentent de très nombreux points communs avec ceux de la tradition technique KRS 3 étudiés à Korsimoro au Burkina Faso (Serneels et al. 2012). Les fourneaux ont des dimensions similaires et sont construits de la même manière: pas de fosse sous la base, pas de fondation solide, paroi en tuyères usagées, cheminée conique[9]. Les tuyères et les scories présentent des points communs évidents sur le plan de la morphologie et de l'assemblage. A Korsimoro comme à Siola, les scories coulées cassées en petits fragments sont amoncelées pour former une butte. A Korsimoro, les volumes sont plus importants et les rejets s'organisent aussi en anneaux autour du fourneau, ce qui n'a pas été observé à Siola. Les vestiges KRS 3 de Korsimoro sont datés des 14–16e siècles. Ils sont donc soit contemporains de la phase la plus récente de KAN 1, soit un peu plus récents.

On retiendra que les similitudes observées entre ces deux traditions techniques sont frappantes et que les datations sont compatibles. En admettant l'idée que les détails d'une tradition technique sont le reflet d'une culture technique particulière, il faut bien admettre que les deux groupes installés à 700 km l'un de l'autre partageaient une même culture technique. De là à penser que ces deux groupes ne font qu'un, il reste un pas difficile à franchir dans l'état actuel de nos connaissances. Cette hypothèse trouve cependant quelques appuis dans la tradition orale[10].

Pour la tradition KAN 1, la zone 2000 renferme quelques 10 à 15 tonnes de scories. Dans le secteur 1300, le total est significativement plus important et se situe entre 100 et 150 tonnes. Les quantités entrevues dans les zones 5100 et 8000 sont du même ordre de grandeur. On arrive donc à une estimation globale de quelque 500 tonnes à Siola. Il n'est pas possible de faire des estimations à l'échelle du district tout entier mais on peut signaler la présence de scories similaires à Doumbala. Cette production se répartit sur au moins 300 ans. On a donc affaire ici à des quantités significatives mais pas énormes.

8 La masse de scories par unité de volume a été mesurée dans la butte du fourneau F1 de la zone 2000 (tradition KAN 1). Le résultat est de 1050 kg/1 m^3.

9 La seule différence notable porte sur le nombre des embrasures, 5 à Siola et 4 à Korsimoro. Il faut cependant rappeler que l'état des vestiges à Korsimoro ne permet pas d'être complètement affirmatif sur ce point. (Serneels et al. 2012, p. 44–45).

10 Au Burkina Faso, les généalogies royales permettent de dater l'établissement des nakombse et la fondation des royaumes du Moogo au 15e siècle (Izard 1970). Parmi les populations installées antérieurement se trouvaient les Kibse (ou Dogon) qui eux-mêmes seraient venus du Mandé.

Fig. 19 Plan du fourneau F1265, secteur 1200 appartenant à la tradition KAN 2. La cheminée est effondrée sur elle-même.

Fig. 20 Coupe du fourneau F1399, secteur 1300 appartenant à la tradition KAN 2 (15–16e siècles AD).

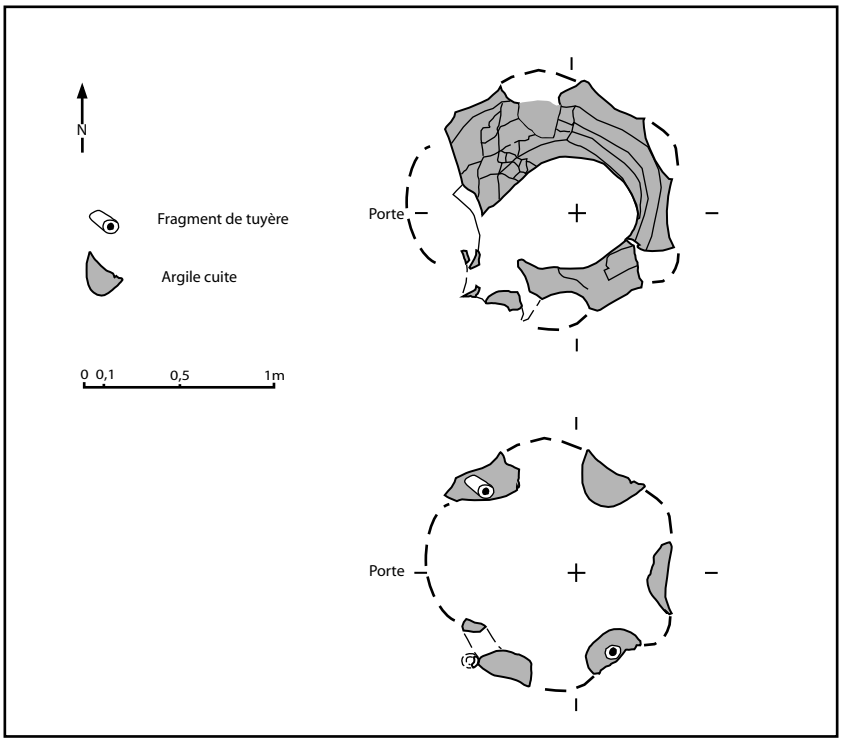
4. La tradition technique KAN 2: fourneaux à scorie piégée (16e–17e siècles AD).

4.1 Caractéristiques techniques de la tradition technique KAN 2

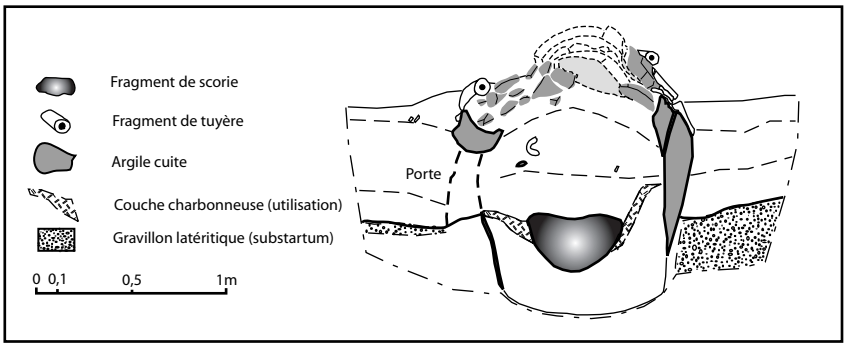
Les vestiges de la tradition KAN 2 sont des épandages irréguliers de blocs de scories internes cassés d'où émergent des bases de fourneau arasées. Les blocs de scories sont dispersés en désordre, formant des petites buttes irrégulières parfois vaguement annulaires. Les reliefs ne dépassent pas 0,5 m de haut.

Dans les secteurs 1200 et 1300, un tel épandage, couvrant environ 15'000 m² a été cartographié et recèle une vingtaine de bases de fourneau. Trois d'entre eux ont fait l'objet de sondages (1265, 1273 et 1399). Les fourneaux ne forment pas d'alignement régulier et les distances qui les séparent sont variables[11]. La position des fourneaux par rapport aux accumulations de scories ne semble pas obéir à une organisation claire. Il n'y a pas d'aménagement identifiable à proximité des fourneaux. Dans d'autres zones, des situations similaires ont été observées mais pas étudiées en détail (3000, 5200, 6000 et 8000, Fig. 3 et 4).

Les fourneaux sont des constructions subcirculaires de 1,3 m de diamètre extérieur dont la partie centrale est occupée par une couverture et une cheminée effondrées sur elles-mêmes (Fig. 19, 20, 21 et 22). Au niveau d'arasement, le diamètre interne de la cheminée est d'environ 50 cm, mais comme les éléments de construction sont déplacés, cette mesure est approximative.

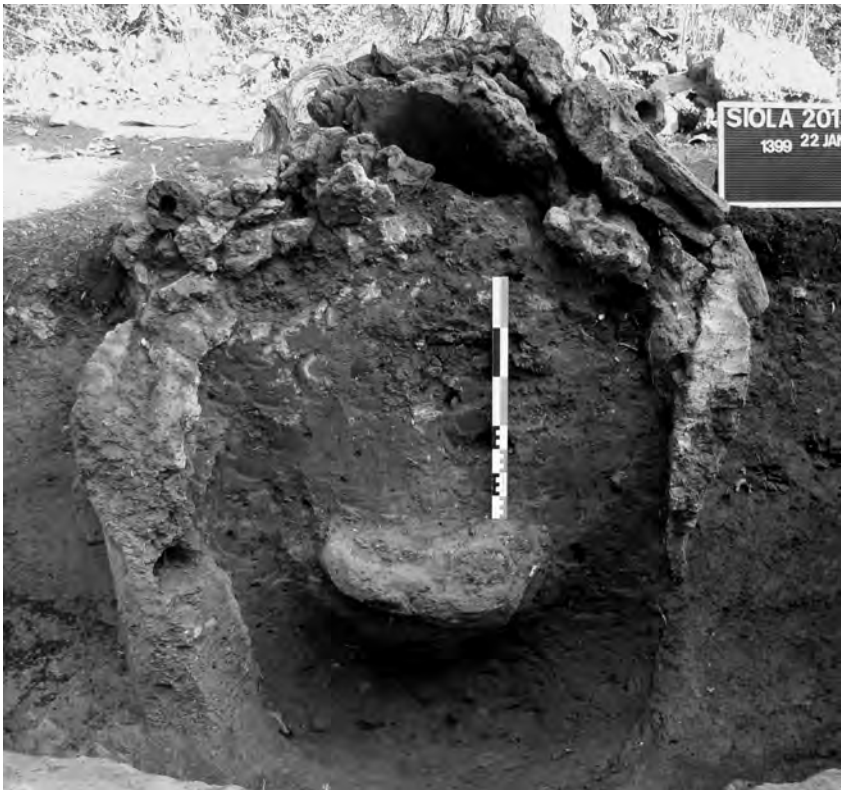


19



20

11 Les deux fourneaux les plus proches sont à peine à 5 m l'un de l'autre mais d'autres sont isolés à plus de 30 m du voisin le plus proche.



21

22

Fig. 21 Photo de la coupe du fourneau F1399, secteur 1300 appartenant à la tradition KAN 2 (15–16e siècles AD). La scorie de la dernière opération est encore en place.

Fig. 22 Vue générale du fourneau F1273, secteur 1200 appartenant à la tradition KAN 2. La cheminée est effondrée sur elle-même.

Les fourneaux possèdent une porte, tournée vers l'Ouest, large de 60 cm et haute de 30 cm. Quatre embrasures sont disposées symétriquement sur le pourtour. Les deux ouvertures proches de la porte sont plus grandes que les deux autres[12]. On peut faire l'hypothèse que les deux grandes embrasures sont destinées à recevoir deux tuyères juxtaposées et les petites, une seule. Le fourneau fonctionne donc avec au moins 6 tuyères auxquelles peuvent s'ajouter des tuyères disposées dans la porte.

Une fosse de 90 cm de diamètre et profonde de 40 cm est creusée dans le substrat stérile. Les cinq piliers qui séparent les ouvertures sont construits en forme de demi-lune en prenant appui sur le bord de la fosse; la convexité est tournée vers l'intérieur du fourneau. Le matériau est une argile avec quelques gravillons mais qui n'est pas mélangée à de la paille. Ces constructions sont renforcées par des tronçons de tuyère usagée, généralement deux, disposés verticalement et qui sont ensuite englobés dans

12 Dans les fours de la tradition technique KAN 2, les grandes embrasures mesurent 30 à 40 cm de large et les petites 25 à 30 cm. La hauteur n'a pas pu être mesurée systématiquement en raison de l'état de conservation. Elle est de l'ordre de 40 cm.

Fig. 23 Blocs de scories internes fragmentés, secteur 1200, typiques pour la tradition KAN 2.

la masse de terre. Ces piliers ont 30 cm de large et 50 cm de haut. Les bâtisseurs posent ensuite une couronne d'argile qui relie les piliers entre eux. L'argile est renforcée avec des éléments de tuyère placés verticalement ou horizontalement. Les éléments de tuyères constituent moins de la moitié du volume des matériaux utilisés.

L'état de conservation des fourneaux ne permet pas de reconstituer sans ambiguïté l'inclinaison de cette paroi qui, à chaque fois, a été retrouvée effondrée sur elle-même. Les observations semblent indiquer une inclinaison assez forte, peut-être 45° qui donnerait donc une forme conique très trapue à la superstructure, presque une coupole. L'orifice au sommet devait avoir une cinquantaine de centimètres de diamètre. Il n'y a pas d'élément permettant de reconstituer une cheminée étroite s'élevant au-dessus de cette construction, mais cette hypothèse n'est pas complètement exclue. On peut estimer la hauteur totale au-dessus du sol à environ 1 m. Le volume de la cuve est donc de 0,7 m^3 dont environ un tiers en dessous du sol de circulation. Dans le fourneau 1399, la scorie interne formée au cours de la dernière opération et qui a été trouvée en place, occupe une position surélevée par rapport au fond de la fosse (Fig. 19 et 20). Il est probable que la partie inférieure s'était progressivement remplie avec des débris au cours de l'utilisation, réduisant ainsi progressivement le volume interne.

Aucune tuyère complète n'a été retrouvée. Les plus longs fragments atteignent une trentaine de centimètres. Les tuyères sont massives, de forme pratiquement cylindrique avec un diamètre externe de 8 à 10 cm et un conduit tubulaire de 4 à 5 cm. Le matériau est une argile mélangée avec de la paille.

Les scories associées sont des blocs ou des fragments de bloc de scories internes (Fig. 23). La proportion de blocs complets est assez élevée dans les rejets. Ils ont une forme grossièrement hémisphérique avec une surface inférieure convexe et une surface supérieure plus ou moins plane. Le diamètre des blocs complets ne dépasse pas 60 cm. Celui du fourneau 1399 mesure 50 cm. On peut estimer la masse d'un tel bloc à environ 60 kg[13]. Ces blocs ne contiennent pas de fragment de tuyère usagée.

23

[13] Malheureusement, les pesages n'ont pas été faits.

4.2 Mode opératoire de la tradition technique KAN 2

Les fourneaux de la tradition KAN 2 ont été utilisés de manière répétée et l'alimentation en air est probablement basée sur un tirage naturel. Ils fonctionnent avec au moins 6 grosses tuyères, peut-être plus. En principe, la forme basse et trapue du fourneau n'est pas idéale pour ce type de ventilation. A vrai dire, les constatations archéologiques ne permettent pas de valider de manière indiscutable le tirage naturel et d'exclure l'utilisation de soufflet. Cette hypothèse est malgré tout celle qui est la plus vraisemblable.

Il n'y a pas d'argument pour restituer le mode de chargement. Compte tenu de la faible hauteur de la cheminée, il n'y a pas de problème d'accès et le fourneau peut être facilement rechargé à plusieurs reprises pendant l'opération. Les quantités de matières premières mises en œuvre n'imposent pas forcément un chargement par apport successifs[14]. La scorie n'est pas évacuée pendant l'opération mais s'accumule au fond du fourneau. Le bloc est extrait et rejeté après refroidissement complet du fourneau. Cette opération de nettoyage intervient sans doute au moment où l'on prépare une nouvelle opération.

4.3 Datations et relations stratigraphiques des vestiges de la tradition KAN 2

Dans la zone 1000, la position stratigraphique des vestiges de la tradition KAN 2 indique assez clairement qu'ils sont plus récents que ceux de KAN 1. Une seule datation ^{14}C est actuellement disponible pour le fourneau 1399. Le charbon provient de l'intérieur du fourneau, en dessous de la scorie en place et correspond donc a priori à la fin de l'activité de cette structure. L'âge calibré se place entre 1490 et 1650 AD.

Malheureusement, cette date unique n'est pas suffisante pour définir la période pendant laquelle cette tradition technique a été active. En particulier, il est difficile de fixer sa relation avec les vestiges observés dans la zone 4000. Logiquement, cette tradition devrait être postérieure à la tradition KAN 1, toujours pratiquée au 13e siècle au moins (date SIOL 3, Fig. 6). De même, KAN 2 devrait être antérieure à KAN 3 qui fonctionne certainement pendant le 19e siècle (dates SIOL 5, 9 et 11, Fig. 6). Comme les tonnages de scories sont importants, il est nécessaire d'envisager une activité étalée sur une durée de plusieurs décennies au minimum, mais elle peut aussi couvrir plusieurs siècles.

Vu le manque d'organisation de l'espace, il est impossible d'attribuer un certain volume de déchets à l'un ou l'autre fourneau en particulier. Il est aussi impossible de dire si les fourneaux ont fonctionné en parallèle ou successivement et combien de fourneaux étaient actifs à un moment donné.

L'estimation de la masse totale de scories associées aux fourneaux de la tradition KAN 2 est particulièrement approximative vu les conditions de travail sur le terrain et la difficultés pour circonscrire les aires de rejet et évaluer les épaisseurs. Enfin, on n'a pas fait de mesure de la masse de scories par unité de volume de sédiment dans ce secteur faute de pouvoir sélectionner un emplacement représentatif. Globalement, les débris couvrent de manière assez dense une surface d'environ 15'000 m^2 et l'épaisseur moyenne ne doit pas être supérieure à 20 ou 30 cm. Il y a peut-être 70 kg de scories par mètre carré, en moyenne. Avec ces données, on calcule une masse globale d'environ 1'000 tonnes de scories pour la tradition KAN 2 dans le secteur 1200. Les prospections menées de l'autre côté du petit cours d'eau dans la zone 1400 on permis de repérer encore 30 fourneaux et des épandages de scories (Fig. 7). Dans l'état actuel des recherches, ces vestiges sont aussi attribués à la tradition technique KAN 2. Des vestiges similaires ont également été identifiés dans plusieurs autres zones (3000, 5200, 6000, 7000 et 8000). En fait, ces vestiges KAN 2 sont les plus fréquents et les plus abondants dans les environs de Siola. L'estimation globale est de 5 à 10'000 tonnes.

14 Pour une scorie de 60 kg, on peut envisager une masse de 80 kg de minerai (0.1 m^3) et 80 kg de charbon (0.4 m^3).

Fig. 24 Plan de l'amas de scories 1103, secteur 1100 appartenant à la tradition KAN 3 (18–19e siècle AD).

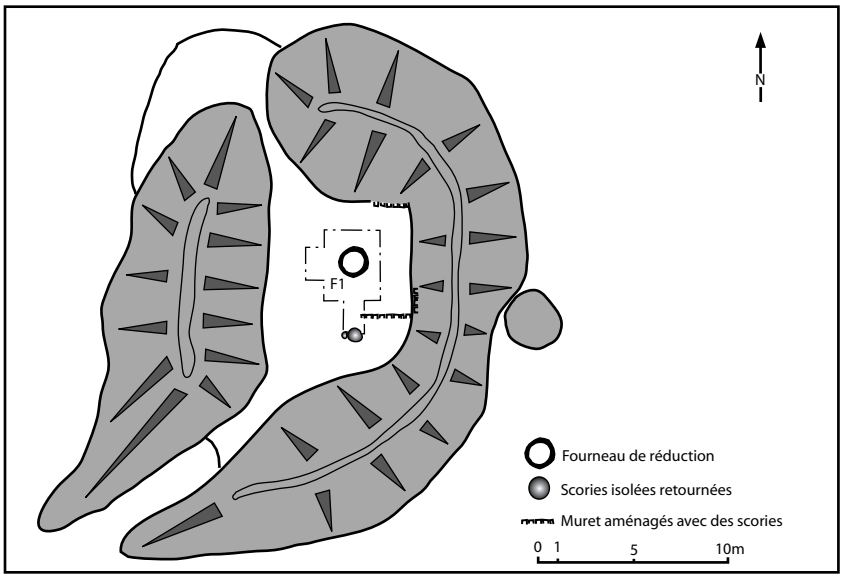
Fig. 25 Vue générale du cratère central l'amas de scorie 1103, secteur 1100 avec le four 1103 (au centre) et une grosse scorie retournée (à droite). Ces vestiges appartiennent à la tradition KAN 3 (18–19e siècle AD).

5. La tradition technique KAN 3: très grands fourneaux à scorie piégée (17e (?) –19e siècles AD).

5.1 Caractéristiques techniques de la tradition technique KAN 3

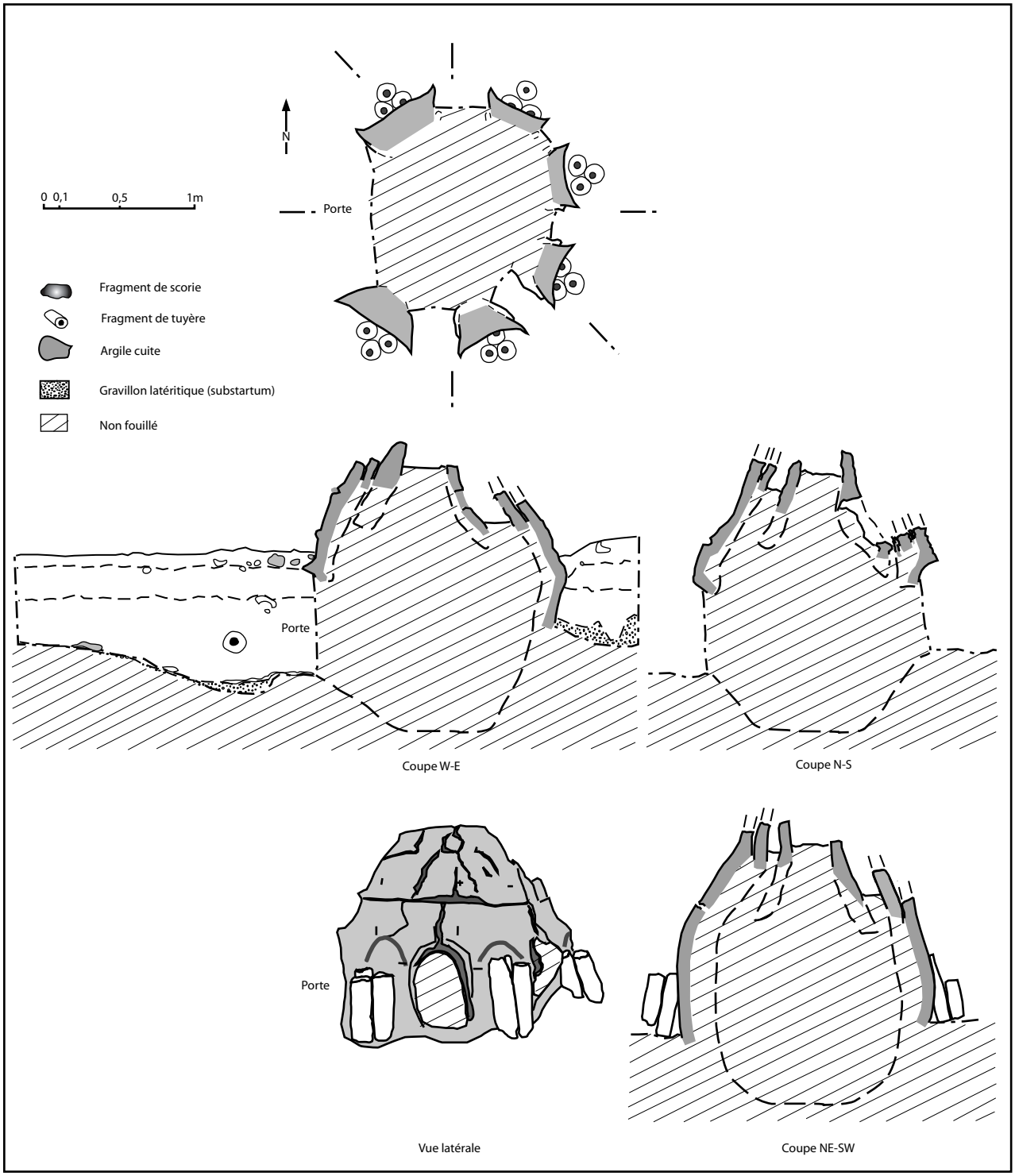
La tradition KAN 3 est représentée par de grands amas annulaires constitués de gros blocs de scories internes entourant une aire de travail structurée (Fig. 8, 24 et 25). L'élément central est un fourneau de très grande taille dont le diamètre externe à la base peut atteindre plus de 2 m. Le fourneau est encadré à l'Est par trois murets délimitant un espace rectangulaire de 5 m de long et 3 m de large. Au Sud du fourneau, un peu au-delà de l'extrémité du muret Sud, on observe de manière récurrente la présence d'une ou plusieurs grosses scories complètes disposées à l'envers. Cette disposition systématique n'est pas le fruit du hasard, d'autant plus que la très grande majorité des blocs de scories qui constituent les amas sont cassés, sans doute pour faciliter leur extraction et leur transport. Tout autour de cet espace de travail, les scories sont rejetées et forment des amas plus ou moins importants, en fonction sans doute de la durée de l'activité. Les amas 1101 et 1110 sont constitués de 3 ou 4 tas d'à peine 50 cm de haut. L'amas 1111 est entouré par un véritable rempart de 2 à 3 m de haut et ses deux accès sont bordés de scories sur une dizaine de mètres (Fig. 8).

Dans le détail, l'organisation des 11 amas du secteur 1100 n'est pas toujours strictement identique et les orientations ne sont pas toujours respectées. Dans la plupart des cas, les trois murets qui encadrent le four sont orientés selon les points cardinaux avec l'ouverture de l'espace en direction de l'Ouest, mais il y a au moins deux excep-



24

25



26

tions (1110 et 1111, Fig. 7). De la même manière, il y a généralement un passage à travers l'anneau de scories aménagé au Sud-Ouest, mais ce n'est pas systématique. Certains amas possèdent deux accès et d'autres un seul.

Dans presque tous les amas, une partie du fourneau est visible au-dessus du sol, mais dans les deux cas étudiés (1102 et 1103), le sol de circulation ancien se trouve à 80 cm sous le niveau actuel, ce qui montre une accumulation très rapide du sédiment.

Les fours sont des constructions très puissantes: le diamètre externe est de l'ordre de 2 m (Fig. 25, 26, 27 et 28). Le fourneau 1103 est un peu plus grand que celui de 1102. En outre, il possède 1 porte et 5 embrasures alors que l'autre fourneau n'en a que 4. A part cela, les deux appareils sont conçus et construits de la même manière. Le four-

Fig. 26 Plan, coupes et vue latérale du four 1103, secteur 1100 appartenant à la tradition KAN 3 (18–19e siècle AD). La cheminée effondrée est encastrée dans la base. Le four a été réparé de l'intérieur et possède deux parois superposées.

27

Fig. 27 Vues du four 1103, secteur 1100 appartenant à la tradition KAN 3 (18–19e siècle AD). A gauche: vue de la porte. A droite: Vue latérale avec les embrasures.

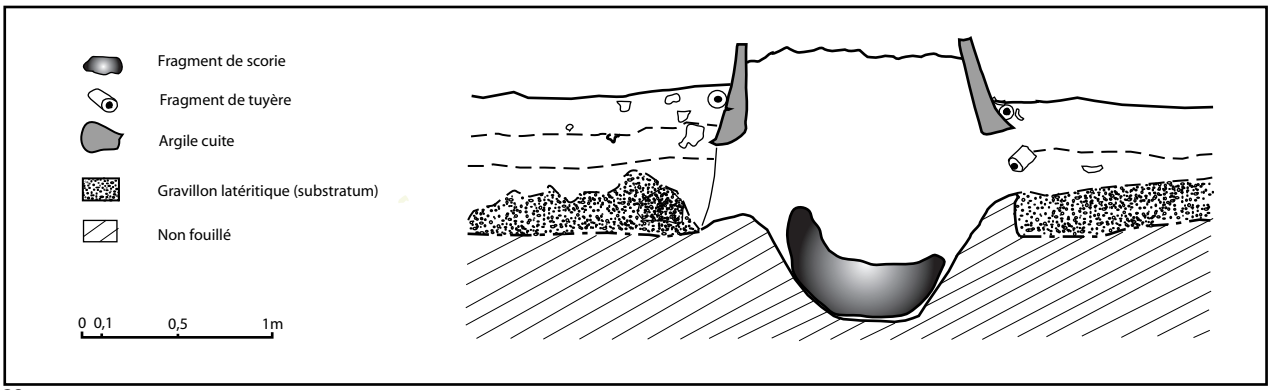
neau 1103 a subit une remise en état importante et une seconde paroi a été construite à l'intérieur de la première. Après son abandon, la cheminée s'est effondrée sur elle-même, la partie supérieure s'encastrant dans la base.

La construction du fourneau débute par le creusement d'une fosse circulaire de 1,2 m de diamètre et de 50 cm de profondeur. Sur le pourtour, on construit les piliers qui vont séparer les ouvertures. A l'extérieur, on place verticalement deux ou trois grosses tuyères usagées de 30 à 40 cm de long sur lesquelles peut prendre appui la construction du pilier en argile. Les piliers sont montés jusqu'à une hauteur de 60 cm. La partie supérieure est arrondie. Les piliers sont laissés à sécher comme le montrent les limites bien visibles sur la surface extérieure du fourneau (Fig. 27). Une fois la terre des piliers durcie, les bâtisseurs mettent en place une première couronne d'argile qui réunit les piliers et enjambe les embrasures et la porte. Cette première couche est à peu près verticale et haute de 25 cm environ. On dispose horizontalement de gros tronçons de tuyères usagées sur la surface externe au niveau de la limite supérieure de cette couche. Après séchage, on place une nouvelle couronne, avec une inclinaison marquée de 30° vers l'intérieur. Cette seconde couche mesure 40 cm. Après séchage, les artisans placent une troisième couche, avec une inclinaison encore un peu plus forte et une épaisseur de 22 cm. Avec la quatrième couche, la paroi forme un épaulement et se redresse progressivement. La partie supérieure n'est malheureusement pas conservée en place mais des fragments provenant de la partie haute de la cheminée indiquent un diamètre assez étroit de seulement 30 cm. On peut estimer la hauteur totale de la construction entre 2 et 2,5 m. Le volume interne total se situe entre 1,5 et 2 m^3 dont environ un tiers pour la fosse en-dessous des embrasures.

La paroi est montée uniquement avec de la terre crue, sans paille. Elle est compacte et épaisse d'une dizaine de centimètres. Les limites de séchage sont bien visibles. La surface interne ne porte pas de revêtement identifiable. Les parois ont subi un impact thermique significatif à l'intérieur.

La porte est orientée vers l'Est. Elle est plutôt basse (40 à 45 cm), très large à la base (80 à 90 cm au niveau des piliers) et s'évase vers l'extérieur (120–130 cm). Au-dessus de la porte, une petite corniche en surplomb s'avance d'une dizaine de centimètres. Les deux embrasures situées de part et d'autre de la porte sont larges et hautes alors que les autres sont plus étroites et plus basses[15]. Les grandes embrasures peuvent recevoir deux tuyères posées l'une à côté de l'autre, alors que les plus étroites ne peuvent en avoir qu'une. Il n'y a pas d'argument pour établir le nombre de tuyères disposées dans la porte. Le nombre de tuyères minimum est donc de 6 (four 1102) ou 7 (four 1103), mais il pourrait être nettement plus élevé.

[15] Dans les fours de la tradition technique KAN 3, les grandes embrasures mesurent 30 à 40 cm de large et 50 à 60 cm de haut, les petites embrasures mesurent 20 à 25 cm de large et 40 à 45 cm de haut.



28

29

Fig. 28 Coupe du four 1102, secteur 1100 appartenant à la tradition KAN 3 (18–19e siècle AD). La dernière scorie a été retrouvée en place dans le fond du fourneau.

Fig. 29 Gros blocs de scories internes complets, secteur 1000, appartenant à la tradition KAN 3 (18–19e siècle AD). Les blocs ont pratiquement un mètre de diamètre.

Les tuyères sont des pièces en argile mélangée de paille, très grandes et massives, de forme légèrement tronconique[16]. Elles sont très abondantes dans les rejets (15–25 %). Localement, de gros fragments sont empilés de manière régulière pour former de véritables murets. Un petit nombre de fragments de tuyère usagée sont utilisés comme éléments de construction dans les fourneaux pour supporter les piliers, mais pas pour la paroi elle-même.

Les déchets associés sont des fragments de gros bloc de scories internes compact. La surface inférieure est convexe régulière et incorpore des matériaux du sol. La surface supérieure est à peu près horizontale avec parfois des excroissances déchiquetées. Elle porte parfois des traces de charbon de bois. La partie supérieure des blocs est souvent moins compacte que la partie inférieure. On trouve quelques blocs complets mais ils sont rares (Fig. 29). Les pièces complètes sont de forme conique avec un diamètre de l'ordre de 100 cm et une épaisseur d'environ 70 cm (0,2 m³). La pièce retrouvée au

[16] Les tuyères KAN 3 mesuraient 70 cm de long. Quelques exemplaires complets ont été retrouvés. La section est elliptique ou subcirculaire. Du côté extérieur, le diamètre externe est de 12 à 13 cm et le diamètre du conduit de 5 cm. Du côté intérieur, le diamètre externe est de 9 à 10 cm et le diamètre du conduit de 4 cm. L'impact thermique est toujours important à l'extrémité interne. La scorification est souvent plus marquée d'un côté que de l'autre, ce qui laisse penser que les tuyères étaient disposées dans le fourneau avec une inclinaison assez marquée (30 à 45°).

fond du fourneau 1102 pèse 300 kg. Les amas sont constitués de fragments dont la dimension maximale ne dépasse pas 50 cm et ne pèsent pas plus de 50 kg. Les pièces complètes, trop lourdes et trop encombrantes, sont systématiquement cassées pour être extraites et rejetées. On n'observe jamais la présence d'éléments en terre cuite (tuyère ou autre) dans ces blocs de scories.

5.2 Mode opératoire de la tradition technique KAN 3

Les fourneaux de la tradition technique KAN 3 sont construits pour servir un grand nombre de fois. Le cas échéant, ils sont réparés. On constate en effet une tendance des parois à se fracturer le long des limites résultant du séchage de la terre au moment de la construction. C'est visible en particulier à l'aplomb des embrasures.

Les fourneaux fonctionnent probablement avec un tirage naturel alimenté par au moins 6 grosses tuyères placées dans les embrasures. On n'a pas d'argument pour reconstituer un éventuel dispositif de fermeture de la porte, mais il devait en exister un. La porte ne sert pas à l'évacuation de la scorie pendant l'opération: celle-ci reste à l'intérieur du fourneau. Des tuyères supplémentaires ont pu être placées dans la porte. L'étroitesse de la cheminée a dû favoriser un tirage fort.

Il n'y a pas d'observation concluante pour reconstituer le mode de chargement du fourneau. On n'a pas observé la présence d'un dispositif d'accès à la cheminée alors que celle-ci atteignait plus de 2 m. On peut cependant interpréter dans ce sens les éléments de tuyères qui sont insérés dans la paroi à mi-hauteur et peuvent servir de marchepied. On peut aussi imaginer un système d'échelle en bois.

La masse des blocs de scories est une indication qui permet de calculer approximativement les quantités mises en jeu. Pour fabriquer des scories de 300 kg, il faut sans doute enfourner quelques 400 kg de minerai (0,5 m^3) et au moins autant de charbon de bois (2 m^3). Ce volume est du même ordre de grandeur que celui de la cuve du fourneau, mais il est tout de même probable que le chargement soit effectué en plusieurs fois, par apports successifs. Au cours de l'opération, la scorie se sépare de la masse métallique et s'écoule vers le fond du fourneau. La morphologie régulière de la surface inférieure des blocs de scories indique que celle-ci se forme en contact direct avec le fond de la fosse. Les tuyères subissent un fort impact de chaleur mais une fusion limitée.

A la fin de l'opération, le produit métallique est récupéré par la porte. Les métallurgistes doivent ensuite entrer dans le four et casser la scorie qui s'est formée au fond de la cuve. Cette opération ne peut se faire qu'après un refroidissement complet. La découverte d'une scorie en place dans le four 1102 indique sans doute que le nettoyage prend place avant l'opération suivante plutôt qu'à la fin de la précédente. Les fragments sont ensuite évacués par la porte et rejetés en tas. Petit à petit, les amas annulaires prennent forme et il devient parfois nécessaire de constituer des buttes à l'extérieur. Dans certains cas, les talus internes des amas sont renforcés par la construction de véritables murets de soutènement qui permettent d'éviter les effondrements.

La fonction de l'espace encadré par les trois murets à l'Est du fourneau n'est pas clairement définie mais c'est probablement un espace de travail. On n'a pas observé de trace qui aurait pu indiquer une utilisation pour le stockage du minerai ou du combustible. Il est clair que cet aménagement est mis en place dès le début de l'implantation du fourneau et non pas seulement lorsqu'il y a des risques d'effondrement des talus de scories, car on observe aussi cette structure dans des cas où les tas de scories ne dépassent pas 50 cm de haut. Ces murets ne devaient pas dépasser 3 ou 4 assises et ne servaient pas à supporter directement une toiture. Ils ont éventuellement pu servir de socle à un bâti en bois supportant une toiture mais aucun indice probant n'a été mis en évidence.

La fonction de la grosse scorie retournée qui a été observée de manière récurrente au Sud du fourneau est énigmatique. On constate que cet aménagement est présent dans les amas de très grand volume aussi bien que dans ceux qui sont les moins déve-

loppés. On n'observe pas de trace d'impact qui aurait pu indiquer une utilisation comme enclume. Il n'y a pas non plus de battiture à l'entour. Il n'est pas totalement exclu qu'elle joue un rôle fonctionnel, par exemple pour supporter un poteau, mais cette hypothèse est peu convaincante. On peut donc y voir une installation rituelle ou symbolique. La grosse scorie de l'amas 1103 a été déplacée pendant la fouille et on a pu constater qu'elle reposait sur un terrain stérile.

5.3 Datations et relations stratigraphiques des vestiges de la tradition KAN 3

Les vestiges de la tradition KAN 3 sont impressionnants. Dans le secteur 1100, on compte 11 grands amas de forme annulaire de 20 à 25 m de diamètre. Dans la moitié des cas, les accumulations de scories atteignent 2,5 m de haut ou plus. Pour le plus monumental, l'amas 1111, on peut calculer un volume de déchets d'environ 500 m^3 soit 350 tonnes[17]. Les vestiges de l'ensemble du secteur 1100 représentent une masse d'environ 2'000 tonnes.

Comme les pièces de scories complètes ont une masse de l'ordre d 300 kg, on peut tenter d'estimer le nombre d'opérations de réduction. Pour l'amas 1111, l'ordre de grandeur est d'environ 1'000 opérations. Pour l'ensemble de la zone, de plus de 6'000 opérations.

En travaillant de manière intensive et continue, un fourneau ne peut pas fonctionner plus d'une centaine de fois par an, soit une opération tous les 3 ou 4 jours. Si on tient compte d'un rythme saisonnier de production, il faut plutôt envisager entre 30 et 50 réductions par an. On peut donc conclure qu'il est tout-à-fait possible de constituer les amas observés dans la zone 1100 en faisant travailler de manière intensive une dizaine de fourneaux pendant 50 à 100 ans. Il a fallu au minimum 20 ans pour constituer cet ensemble[18].

Le calcul de la force de travail doit aussi tenir compte de l'extraction minière et de la production du charbon de bois. Produire les vestiges observés dans la zone 1100 requiert donc une main d'œuvre abondante, probablement une centaine de personnes au moins sur une longue durée. On peut donc bien parler d'une population spécialisée, consacrant une partie significative de son activité à la production de fer.

L'estimation de la quantité de métal ne peut être établie de manière fiable que sur la base d'un bilan de masses entre les scories et le minerai établi d'après les analyses chimiques de ces matériaux. Ce travail n'est pas encore fait. Si on procède à une estimation très sommaire, on estimera la masse de fer produite entre 10 et 20 % de la masse de scories, soit entre 200 et 400 tonnes.

L'état de conservation des vestiges indique une activité récente. Trois datations ^{14}C ont été obtenues pour des charbons de bois dans ce secteur. Elles couvrent toutes les trois la même fourchette entre 1650 et 1950 AD (Fig. 6). Le charbon qui provient de l'intérieur du fourneau 1102 devrait correspondre à la fin de l'activité. C'est effectivement celui qui donne l'âge ^{14}C le plus jeune. Les deux autres ont été prélevés dans des niveaux plus profonds et les âges mesurés sont effectivement un peu plus vieux. Les dates sont donc cohérentes entre elles, mais l'intervalle défini reste très large en raison des fluctuations de la courbe de calibration.

D'après le témoignage des habitants de Siola, l'activité a cessé après les guerres de Samory, soit vers 1900. Il n'y a pas d'argument précis pour dater cet arrêt mais on peut penser que les guerres de Samory qui ont provoqué des bouleversements importants dans la région sont une cause vraisemblable pour cet abandon qui se placerait dès lors entre 1865 et 1898.

Vu l'importance de la production et son caractère intensif, on peut faire l'hypothèse que le but de cette activité était de fournir en armement métallique l'armée de Samory. En 1887, cette armée comptait 30 à 35'000 hommes (Person 1968–1975). Cette hypothèse n'est pas en contradiction avec la durée minimale estimée de l'activité. Il faut cependant rappeler que l'armée de Samory doit ses succès principalement à l'uti-

17 La masse de scories par unité de volume a été mesurée dans l'amas 1012 (tradition KAN 3). Le résultat est de 750 kg/1 m^3 dont 20 % de débris de paroi et de tuyère.

18 Le fourneau de l'amas 1111 a du fonctionner au moins 1000 fois pour produire les 350 tonnes de scories qui constituent l'amas (350 kg/opération). Si le fourneau fonctionne 50 fois par an, il faut 20 ans pour pratiquer 1000 réductions. Les autres amas étant plus petits, ils ont pu se constituer plus rapidement.

lisation d'armes à feu importées d'Europe. A cette période, le rôle militaire des armes traditionnelles produites avec le fer local s'estompe significativement.

Une autre hypothèse est que la production de la zone 1100 est plus ancienne ou s'étend sur une période plus longue, de 100 ou 200 ans (18e et 19e siècle). L'état de conservation du site n'incite pas à faire remonter les vestiges au 17e siècle, mais cela ne serait pas contradictoire par rapport aux datations radiométriques.

Les vestiges de la tradition KAN 3 présentent beaucoup de points communs avec ceux de la tradition KAN 2, plus ancienne. Ils se distinguent par l'organisation spatiale, quelques détails de construction des fourneaux et surtout par des fourneaux nettement plus grands. Ces éléments indiquent plutôt une continuité entre les traditions KAN 2 et 3 sur le plan de la technique mais avec une intensification et une rationalisation de la production au cours de la période récente. Dans cette perspective, le passage de la tradition KAN 2 à KAN 3 serait plus le reflet d'un changement d'organisation de la production que de technologie. Il reflèterait plutôt une évolution des conditions socio-économique mais pas un changement de la population.

6. Conclusions

Les données récoltées au cours des missions de prospection en 2011–12 et de recherche en janvier 2013 renouvellent complètement les connaissances sur la production métallurgique dans le Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire. Elles permettent d'attester la production de fer dans la région de Kaniasso pendant presque un millénaire (de 1000 à 1900 AD). On constate la présence de vestiges appartenant à au moins quatre traditions techniques différentes dont trois ont pu être caractérisées de manière satisfaisante sur le plan technique (Fig. 30). Apparemment, elles se succèdent dans le temps.

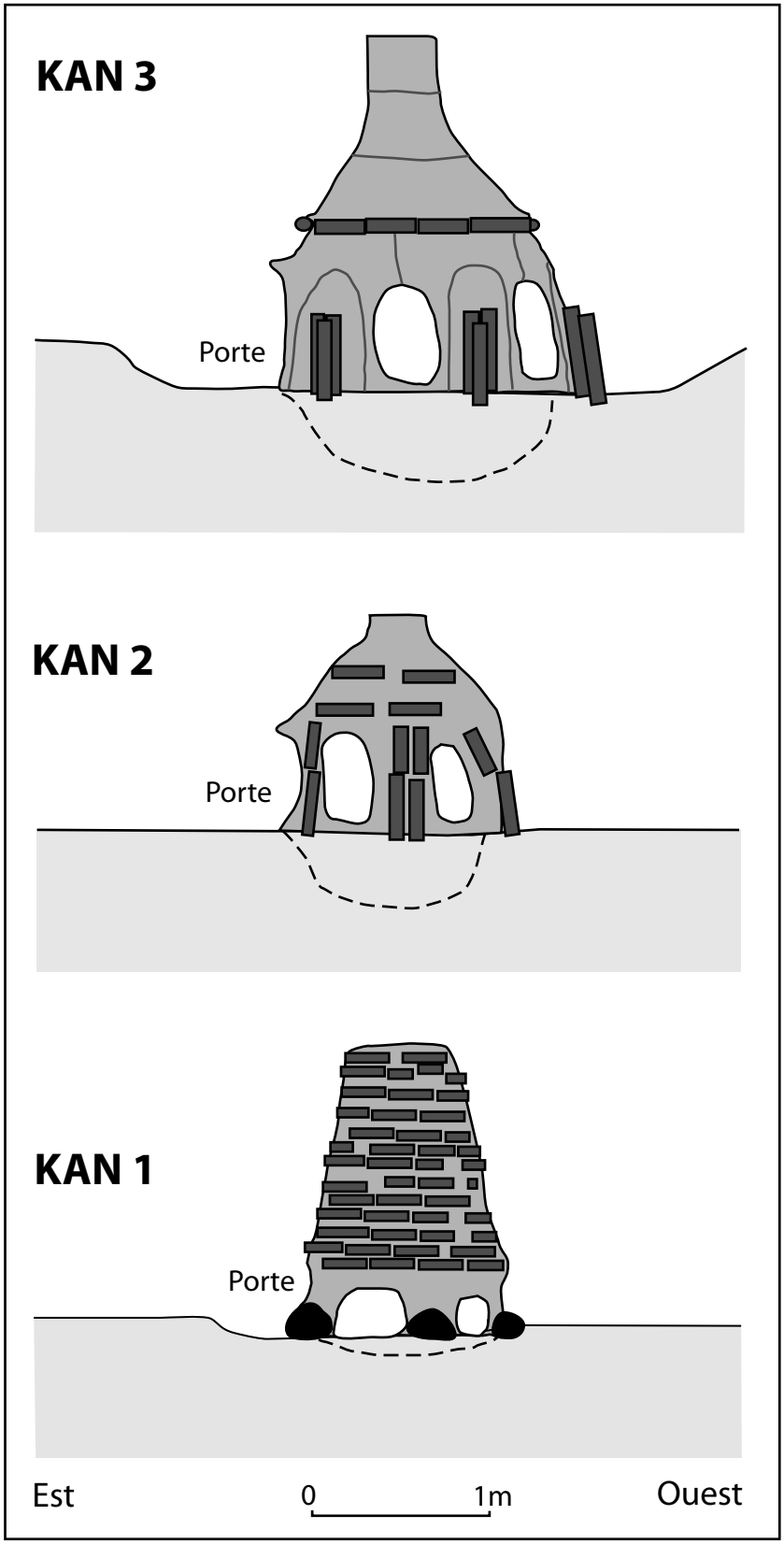
6.1 Estimation globale de la quantité de fer produite et importance quantitative du district de Kaniasso.

L'estimation de la masse totale de fer produite à l'échelle du district est encore très approximative, mais l'ordre de grandeur est de 10'000 tonnes de fer, soit un peu plus de 10 tonnes par an en moyenne pendant toute la durée de l'exploitation (900 ans). Ces chiffres reposent sur l'estimation des masses de scories présentes dans les zones étudiées et sur une extrapolation aux autres zones signalées (Fig. 31). On applique ensuite un facteur approximatif pour estimer la production de fer en admettant une production d'un kg de fer pour 10 kg de scories, ce qui est une estimation basse mais vraisemblable.

La masse globale de scories présentes dans la zone 1000 du village de Siola peut être évaluée assez précisément entre 4 et 5'000 tonnes. En tenant compte des autres amas repérés aux environs du village de Siola, il est probablement raisonnable de multiplier ces chiffres par 5 mais sans doute pas par 10. Au niveau du district qui s'étend sur plusieurs autres villages voisins, on considère aussi un facteur 5 qui est plus probable qu'un facteur 10.

Sur cette base très approximative, on peut classer le district de Kaniasso comme un district d'importance régionale. Il faut entendre par là que la production dépasse significativement les besoins de la population locale (dans un rayon de 50 km) et qu'il y a donc des surplus qui sont exportés en dehors de la zone. En Afrique de l'Ouest, il existe des districts qui renferment des masses de scories 5 à 10 fois plus importantes que celles signalées à Kaniasso. Ces districts sont des producteurs majeurs d'importance suprarégionale[19]. Le district de Kaniasso, sur lequel les travaux commencent à peine, pourrait être intégré à un ensemble plus large à cheval sur la Guinée, la Côte d'Ivoire et le Mali, mais cet ensemble ne se dessine pas encore concrètement sur la base de la documentation actuellement disponible.

[19] Les connaissances actuelles sur la répartition des districts de production majeure en Afrique de l'Ouest restent très insuffisantes, car on dispose rarement de données chiffrées. Les données concernant le plateau dogon permettent de classer cette région dans cette catégorie (Robion-Brunner 2010, Serneels et al. 2007). On peut aussi mentionner le nord et le centre du Burkina Faso (Kiethega 2009, Serneels et al. 2012), le Méma au Mali (Togola 2008), la vallée du Sénégal (Robert-Chaleix 1994, Deme & Keech McIntosh 2006, D. Killick, com.pers.), le Fouta Djalon (Appia 1965), Le pays Bassar entreTogo et Ghana (de Barros 1986, Hahn 1997), la région d'Abomey au Bénin (Adame & Randsborg 2009), le plateau de Jos et le pays Igbo au Nigeria (Anozie 1979), les monts Mandara et Sukur entre le Cameroun et le Nigéria (David 2012) et encore les Grassfields du Cameroun (Warnier & Fowler 1979). Cette liste est loin d'être exhaustive et l'état des connaissances sur les différents districts est loin d'être homogène.



30

Fig. 30 Reconstitution schématique des fourneaux appartenant aux traditions techniques KAN 1, 2 et 3, mis en évidence pendant la campagne de fouille 2013 à Siola.

Fig. 31 Tableau récapitulatif des tonnages de scories dans les différentes zones autour de Siola et leur répartition en fonction des traditions techniques.

Etudié en 2013	tonnes scories					tonnes fer
Zones N°	KAN 3	KAN 2	autre	KAN 1	TOTAL	TOTAL
1100	2'000				2'000	200
1200		1'000			1'000	100
1300				100	100	10
1400		1'000			1'000	100
Total Zone 1000					4'100	410
2000				10	10	1
3000	1'000	1'000			2'000	200
4000			2'000		2'000	200
5100				100	100	10
5200		100			100	10
6000		1'000			1'000	100
7000		100			100	10
8000		100		100	200	20
Total Siola	3'000	4'300	2'000	310	9'610	961
		Estimation total Siola			20'000	2'000
		Estimation district Kaniasso			100'000	10'000

31

6.2 Chronologie et développement de la production du fer dans le district de Kaniasso

Autour de l'an 1000, la production de fer est déjà présente à Siola. L'étude des vestiges permet de caractériser une tradition technique ancienne (KAN 1) qui utilise des fourneaux de réduction de taille moyenne à cuve cylindrique fonctionnant avec un tirage naturel. Les scories sont écoulées à l'extérieur du fourneau durant l'opération. Sur le plan technique, cette tradition présente beaucoup de points communs avec les fourneaux de la tradition technique KRS 3 étudiée à Korsimoro au Burkina Faso (Serneels et al. 2012).

Les quantités produites restent limitées à quelques centaines de kilos de métal par an. Il est difficile d'évaluer l'importance de cette production dans la mesure où les volumes de fer consommé sont inconnus. A cette période ancienne, l'utilisation du fer n'est peut-être pas encore généralisée chez les paysans. Dans ce cas, les volumes produits peuvent alimenter un marché régional. Cette situation perdure jusqu'au 13e siècle au moins.

Autour de 1500, la situation a changé complètement. La technologie utilisée est différente et la production a été significativement intensifiée.

Les fourneaux de la tradition technique KAN 2 sont des constructions plus massives et plus basses mais qui ont probablement une capacité de production similaire aux fourneaux de KAN 1. Ils utilisent toujours le tirage naturel mais la scorie reste piégée dans le fourneau. Il y a donc un changement significatif de paradigme technologique. Cette évolution semble se faire brusquement, quoique les données récoltées sur le terrain soient insuffisantes pour confirmer ce point. Ce changement technologique significatif pourrait être le reflet d'un mouvement de population.

La production a au moins décuplé et ce sont quelques tonnes de fer au moins qui sont produites chaque année à Siola dans le courant du 16e siècle. Le district est certainement excédentaire et doit écouler ses produits à l'échelle régionale, même dans un contexte de généralisation de l'emploi du fer dans l'agriculture et donc en tenant compte d'une croissance significative de la consommation locale.

Pour le moment, il est très difficile de décrire l'activité dont témoignent les vestiges de la zone 4000. Ils sont manifestement différents des traditions identifiées par ailleurs. La seule date ^{14}C disponible les place dans la même fourchette chronologique que la tradition KAN 2 ou un peu avant. Tant que les fourneaux n'auront pas été fouillés, il sera difficile d'établir des comparaisons. Ce sont des fourneaux à scorie pié-

gée interne, ce qui les rapproche de KAN 2 et 3. Les tuyères à ouvertures latérales sont très originales.

Pour la tradition KAN 3, les vestiges étudiés dans le secteur 1100 donnent une image assez précise de l'activité. Ils témoignent d'une phase récente de production intensive. La masse totale de scories est estimée à 2'000 tonnes. La durée minimale de l'activité est de 20 ans mais le site a pu être en fonction pendant 200 ans. Il y a des arguments pour penser que l'activité s'est arrêtée vers 1890 AD, en relation avec les guerres de Samory.

Dans les autres concentrations de vestiges sidérurgiques autour de Siola, c'est seulement dans la zone 3000 qu'il y a peut-être des vestiges similaires et qui semblent tout aussi jeunes. A l'échelle du district, la tradition orale laisse penser que la production était encore pratiquée dans certaines localités au début du 20e siècle.

Sur le plan technique, les fourneaux KAN 3 sont en fait comparables à leurs prédécesseurs de KAN 2. Ce sont les dimensions qui changent, pas la manière de construire et de faire fonctionner les fourneaux. On remarque aussi une évolution dans l'organisation spatiale des vestiges, reflet d'un organisation sociale du travail plus stricte et qui témoigne d'une rationalisation de l'activité. Cette évolution pourrait témoigner d'une intensification de la production et d'une spécialisation plus poussée de la population. C'est sans doute pour répondre à une pression économique que cette transformation s'est produite et sans doute pas après un mouvement important de population.

6.3 Perspectives

Les recherches archéologiques entreprises dans la région de Kaniasso en 2012–2013 ont permis de poser les premiers jalons de l'histoire de la production du fer dans cette région pour laquelle on ne disposait jusqu'à maintenant que de quelques mentions laconiques. On peut maintenant mieux appréhender la richesse du patrimoine archéométallurgique du Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire, constater l'importance de cette industrie sur le plan socio-économique et attester son ancienneté. La découverte de vestiges remontant à environ mille ans n'est pas surprenante dans cette partie de l'Afrique où le fer est connu bien plus anciennement, mais elle confirme que la région n'est pas en marge du développement technologique général et participe activement à cette importante révolution économique qui résultera de la généralisation de l'outillage en fer.

L'étude des vestiges métallurgiques de Siola apparaît comme une petite fenêtre qui s'ouvre dans une immense région obscure. A l'heure actuelle, c'est la seule étude disponible dans la région et il est clairement dangereux de la prendre pour représentative. Il est impératif d'intensifier les prospections pour obtenir une vision plus globale qui permettra de comprendre les sites de Siola dans leur contexte.

A la suite de la crise qu'a connu la Côte d'Ivoire depuis une dizaine d'années, les travaux de recherche archéologiques sur le terrain sont en train de reprendre. Nous espérons que notre collaboration sur le terrain pourra stimuler le redémarrage de l'archéologie ivoirienne.

7. Bibliographie

ANOZIE, F.N., 1979: *Early Iron Technology in Igboland (Leija and Umundu)* in Perspectives on West Africa's Past, West African Journal of Arcgaeology, vol. 9) p. 119–134.

APPIA, B., 1965: *Les forgerons du Fouta-Djallon*, Journal de la Société des Africanistes, vol. 35 (2), p. 317–352.

ADANDE, A., RANDSBORG, K. (dir) 2009: *Bénin Archaeology*, Acta Archaeologica vol. 80 (1 & 2), Blackwell Publishing Ltd.

CELIS, G.R., 1991: *Eisenhütten in Africa – Les fonderies africaines du fer*, Sammlung 7: Afrika, Museum für Völkerlunde Frankfurt am Main, 225 p.

DAVID, N. (ed.) 2012: *Metals in Mandara Mountains Society and Culture*, Africa World Press, Trenton New Jersey, 360 p.

DE BARROS, P. 1986: *Bassar: A Quantified, Chronologically Controlled, Regional Approach to a Traditional Iron Production Centre in West Africa*, Africa: Journal of the International African Institute 56 (2), p. 148–174

DEME, A., KEECH McINTOSH, S. 2006: *Excavations at Walaldé: New Light on the Settlement of the Middle Senegal Valley by Iron-Using Peoples*, Journal of African Archaeology 4 (2), p. 317–347.

FAUCQUEZ-TAO, C., 1987: *Mission de recherches préhistoriques dans le Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire,* Leba Estudos de Quaternarion, Pré-Historia e Arqueologia 6, Lisboa, pp. 23–36.

FAUCQUEZ-TAO, C. 1993: *Deuxième mission de recherches préhistoriques dans le Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire*, L'Anthropologie 97, Paris, pp. 141–150.

FOFANA, L., 1993: *problématique de la métallurgie ancienne du fer en côte d'ivoire précoloniale*, in andah, b.w., folorunso, c.a., okpoko, i. A., imprints of west africa's past, west african journal of archaeology 22, ibadan, p. 257–276

HAHN, H.-P., 1997: *Techniques de métallurgie au Nord-Togo*, Collection Patrimoines N° 6, Université de Bénin, Lomé, 175 p.

IZARD, M. 1970, *Introduction à l'histoire des royaumes mossi*, Paris-Ouagadougou, 2 vol., recherches voltaïques 12 et 13.

KIENON-KABORE, H.T., KOTE, L., KOUAKOU, S.K., RAMSEYER, D., SERNEELS, V., SIMPORE. L., 2011: *Prospections archéologiques 2010 dans la région de Toumodi et de Khorogo (Côte d'Ivoire)*, Jahresbericht 2010 der Schweizerisch-Liechtensteinische Stiftung für Archäologische Forschungen im Ausland (SLSA), Zurich & Vaduz 2011, p. 47–54

KIETHEGA, J.-B., 2009: *La métallurgie lourde du fer au Burkina Faso, Une technologie à l'époque précoloniale*, Ed. Karthala, Paris, 500 p.

NIANE, D.T., 1984: *Africa from the Twelfth to the Sixteenth Century*, General History of Africa, vol. IV, UNESCO, California Press.

PERSON, Y., 1968–1975: *Samori, Une révolution Dyula*, Mémoires de l'Institut Fondamental d'Afrique Noire, IFAN, Dakar, 3 volumes.

ROBERT-CHALEIX, D., 1994: *Métallurgie du fer dans la moyenne vallée du Sénégal: les bas fourneaux de Silla,* Journal des Africanistes 64 (2), p. 113–127.

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, vol. 3, Peuplement humain & Paléœnvironnement en Afrique de l'Ouest N° 1., 167 p.

SERNEELS, V., ROBION-BRUNNER, C., PERET, S., 2007: *La sidérurgie en pays dogon: problématiques, premiers résultats et perspectives*, Etudes maliennes n° 65/2006, numéro spécial: Programme de recherche International «Peuplement humain et évolution paléoclimatique en Afrique de l'Ouest», p. 113–126.

SERNEELS, V. KIENON-KABORE, H.T., KOTE, L., KOUASSI, S.K., RAMSEYER, D., SIMPORE, L., 2012: *Origine et développement de la métallurgie du fer au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire. Premiers résultats sur le site sidérurgique de Korsimoro (Sanmatenga, Burkina Faso),* Jahresbericht 2011 der Schweizerisch-Liechtensteinische Stiftung für Archäologische Forschungen im Ausland (SLSA), Zurich & Vaduz 2012, p. 23–54.

TOGOLA, T. 2008: *Archaeological Investigations of Iron Age Sites in ther Mema Region, Mali (West Africa)*, British Archaeological Reports International Series 1736, Cambridge Monographs in African Archaeology 73, 105 p.

WARNIER, J.-P., FOWLER, I., 1979: *A Nintheenth-Century Ruhr in Central Africa, Africa*, Journal of the Imnternational African Institute, vol. 49 (4), p. 329–351.