Origine et développement de la métallurgie du fer au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire. Seconde campagne dans la région de Kaniasso (Folon, Côte d'Ivoire) et autres recherches. [1*]

Résumé

Dans le cadre du projet, plusieurs campagnes de prospection et de sondages ont été menées à bien au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire en 2014. En janvier 2015, une grande campagne de fouille s'est déroulée dans la région de Kaniasso (Côte d'Ivoire), principalement sur les sites proches du village de Doumbala. Les travaux sont menés en collaboration avec les universités d'Abidjan et de Ouagadougou.

En bordure du village moderne de Doumbala s'étend une importante zone d'activité métallurgique comptant une cinquantaine d'amas de scorie. Plusieurs fourneaux sont en très bon état et l'activité est très récente (18–19e s. AD). Sur le plan de l'architecture, les fourneaux récents de Doumbala sont différents de ceux de Siola, mais ils fonctionnent d'une manière similaire et l'organisation des ateliers présente de très nombreux points communs. Il s'agit donc d'une variante locale de la tradition KAN 3.

A quelques centaines de mètres au Sud, une seconde zone, Doumbala Kokoroni, compte aussi une cinquantaine de fourneaux mais associés avec des quantités nettement moindres de déchets. Les fourneaux appartiennent à deux traditions techniques différentes qui sont aussi des variantes locales des deux traditions anciennes mises en évidence à Siola (KAN 1 et 2). Les vestiges sont datés entre le 14e et le 17e s. AD. Le changement de technologie se place entre 1450 et 1550 AD.

Les recherches se développent au Burkina Faso, en particulier dans la province du Bam et autour du site de Yamané. Sur ce site, une nouvelle tradition technique, YNSB, peut être décrite.

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

1.1 Introduction

La production traditionnelle du fer était encore pratiquée dans de nombreuses régions d'Afrique de l'Ouest au moment de l'arrivée des colons européens. Les premiers administrateurs ont pu observer cette activité et plusieurs excellents comptes rendus donnent des descriptions précises. Au cours du 20e siècle, les recherches sur ce thème ont été nombreuses, à la fois sur le plan ethnographique pour documenter les pratiques contemporaines et dans le registre de l'archéologie avec l'identification des vestiges d'anciens sites de production.

On signale des vestiges de production du fer dans l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest, depuis l'embouchure du Sénégal jusqu'aux rives du Lac Tchad. La bande sahélienne est particulièrement riche, mais les zones forestières du Sud ne sont pas complètement vides. A côté d'une production disséminée, pouvant correspondre aux besoins des populations locales, on constate l'existence d'au moins une vingtaine de grands districts où la production a été massive, avec des amoncellements de scories atteignant des centaines de milliers de tonnes. Ces ensembles témoignent d'une activité intensive clairement destinée à produire des surplus et donc alimenter un réseau d'échange à longue distance. Ce phénomène de production de masse reflète un profond changement dans l'organisation économique des sociétés concernées. Pour comprendre les modalités de cette transformation, il importe donc de reconstituer en détail l'évolution de la production du fer à l'échelle régionale.

En travaillant d'abord au Burkina Faso et ensuite en Côte d'Ivoire, le projet a pour but de stimuler la recherche archéologique de terrain sur l'histoire de la production du

[1*] Vincent Serneels[1], Paul Jobin[4], Hélène Timpoko Kiénon-Kaboré[2], Lassina Koté[3], Siméon Kouakou Kouassi[2], Denis Ramseyer[4], Elise Thiombiano-Ilboudo[3], Lassina Simporé[3]

[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] Institut d'Archéologie, Université de Neuchâtel, Suisse.

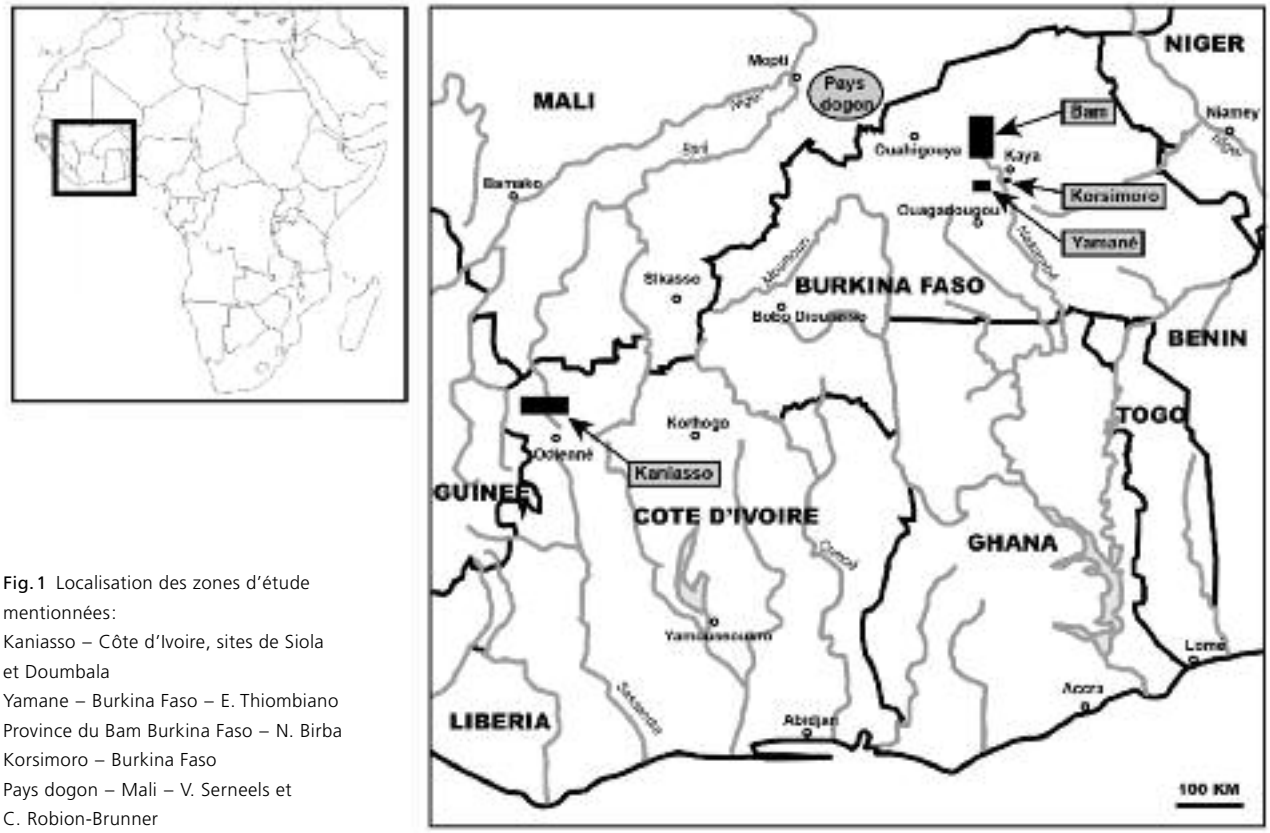


Fig. 1 Localisation des zones d'étude mentionnées:
Kaniasso – Côte d'Ivoire, sites de Siola et Doumbala
Yamane – Burkina Faso – E. Thiombiano
Province du Bam Burkina Faso – N. Birba
Korsimoro – Burkina Faso
Pays dogon – Mali – V. Serneels et C. Robion-Brunner

fer, d'une part, en apportant de nouvelles données archéologiques, y compris des datations précises et, d'autre part, en fournissant un soutien méthodologique aux chercheurs locaux pour les encourager à poursuivre les travaux par eux-mêmes. Malgré les conditions difficiles de l'archéologie de terrain dans ces pays, on constate heureusement une nouvelle dynamique de la recherche (Fig. 1).

Mis en place en 2010, le projet «Origine et développement de la métallurgie du fer au Burkina et en Côte d'Ivoire» a permis de réaliser quatre campagnes de recherche sur le terrain. A la suite des deux campagnes en 2011 et 2012 sur le grand complexe de Korsimoro (Burkina Faso), des travaux ont été entrepris dans le Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire (Serneels et al 2012, 2013 et 2014). En 2013, le site de Siola a été étudié. En 2015, c'est dans le village voisin de Doumbala que les fouilles ont eu lieu. En parallèle, pendant ces quatre années, des prospections et des sondages ont été menés à bien par les équipes locales dans les deux pays. Une réflexion sur la protection et la mise en valeur de ce patrimoine archéométallurgique se met en place au niveau international.

1.2 Activités de la saison 2014–2015

En Côte d'Ivoire, deux missions de prospection ont été réalisées par H. Kiénon-Kaboré et S. Kouassi avec les doctorants et étudiants de l'ISAD (université de Cocody, Abidjan). Il faut signaler, entre autres, que trois travaux de master sont en cours sur les vestiges métallurgiques dans la région du Nord-Ouest (Odiénné): D. Ballo (Kaniasso), E. Baki (Goulia) et J. Kobenan (Minignan).

La campagne de janvier 2015 sur le site de Doumbala a été organisée par V. Serneels et H. Kiénon-Kaboré avec une aide considérable de la part de A. Yeo.

En plus, E. Thiombiano Ilboudo, P. Jobin, M. Canetti, S. Kouassi et S. Koffi ont contribué à l'encadrement sur le terrain. Une délégation de l'université de Ouagadougou, conduite par E. Thiombiano Ilboudo, a également pris part aux recherches.

[5] Liste des participants aux recherches de Kaniasso 2015:
– Département de Géosciences, Université de Fribourg, Suisse: Prof. V. Serneels, M. Bonta.
– Institut d'Archéologie, Université de Neuchâtel, Suisse: P. Jobin.
– Laboratoire Archéologie et Peuplement de l'Afrique, Université de Genève, Suisse: M. Canetti
– 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, Dr. S. K. Kouassi, T. L. Adou Adjoua, J. J. Ahoue, C. A. Aka, L. N Aka, T. L. Assaka, E. Boya, M.-J. A. Dapa, H. F. Gnankou, I. M. Goéti Bi, J. D. Kazio, C. E. Keanla, J. A. B. Kobenan, A. P. Koffi, F. U. Kouadio, N. M. Kra Abenan, N. Labiyi, F. Loba, L. Lorng, Z. C. Néné Bi, G. G. R. Tié Bi, A. G. Toure, L. L. Tui, N. K. Yao, A. Yeo, A. Ymba.
– Département d'Histoire et d'Archéologie (DHA), Université de Ouagadougou, Burkina Faso: Dr. E. Thiombiano Ilboudo, L. Dimanchi, H. Ouedraogo, J.S. Ouedraogo, J. Sawadogo.
– Département d'Anthropologie, Université de Paris Ouest: L. Dianifaba

2

Fig. 2 Les participants à la campagne de fouille de janvier 2015 à Doumbala (Côte d'Ivoire).

En tout, vingt étudiants et six doctorants africains ont participé aux travaux (Fig. 2)[5]. P. Jobin a exécuté la majeure partie des relevés topographiques difficiles en terrain densément boisé et a considérablement contribué à la mise au net des plans. M. Bonta s'occupe de l'étude en laboratoire des échantillons de minerai et scorie. Des prélèvements ont été effectués en vue de mesures archéomagnétiques, en collaboration avec L. Kapper et F. Donadini[6].

Dans les villages de Doumbala et 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. Le Centre de formation polyvalent de Kaniasso a été mis gratuitement à notre disposition pendant toute la durée des travaux. En outre, l'université d'Abidjan a mis à disposition gratuitement un bus, véhicule indispensable pour le transport des participants sur le terrain. Nous avons bénéficié de l'appui du Centre Suisse de Recherches Scientifiques en Côte d'Ivoire.

Au Burkina Faso, le Dr. Thiombiano Ilboudo a entrepris des recherches dans le village de Yamané et plusieurs localités alentour, à 70 km au Nord-Est de Ouagadougou. Ces travaux sont en cours depuis 2010. Les sondages de 2013 et 2014[7] permettent de définir une nouvelle tradition technique originale.

Dans la province du Bam, l'inventaire des vestiges métallurgiques est en cours par N. Birba, dans le cadre de son travail de doctorat. Environ deux cents sites ont été localisés et plusieurs sondages ont été réalisés[8].

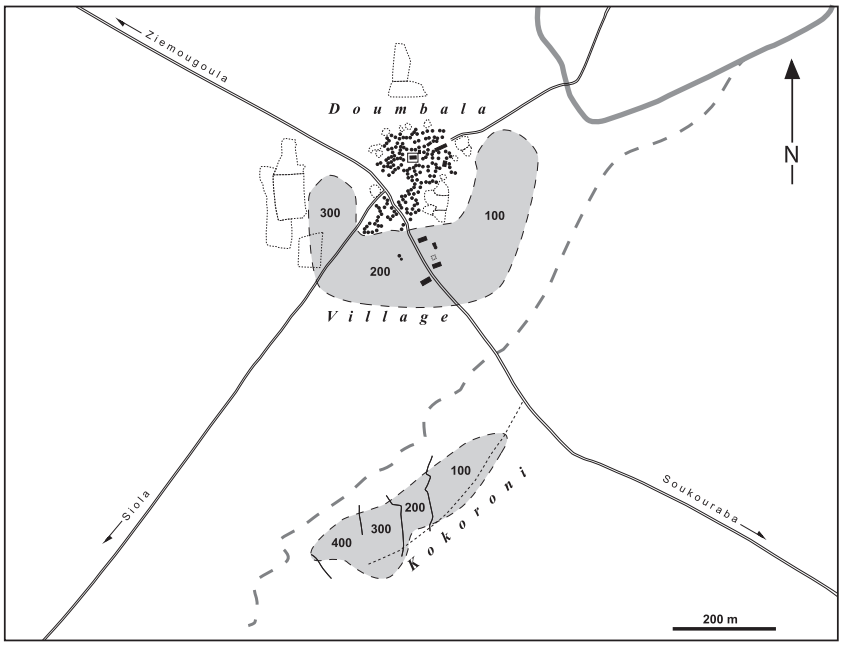
1.3 Méthodologie et définitions

Les interventions sur le terrain ont pour but d'étudier des sites de production du fer. Un objectif essentiel est de caractériser les traditions techniques qui ont été mises en œuvre. Une tradition technique se définit sur la base de l'organisation spatiale des espaces de travail, des caractéristiques techniques et architecturales des fourneaux ainsi que de l'assemblage de déchets. Lorsque toutes les caractéristiques sont identiques, il n'y a pas de doute que l'on a affaire à une seule et même tradition technique. Par contre, on constate que certains aspects peuvent montrer une variabilité, ce qui amène à définir des variantes au sein d'une tradition technique. Par ailleurs, les conditions de conservation des vestiges archéologiques ne permettent pas toujours de faire toutes les observations nécessaires pour définir une tradition.

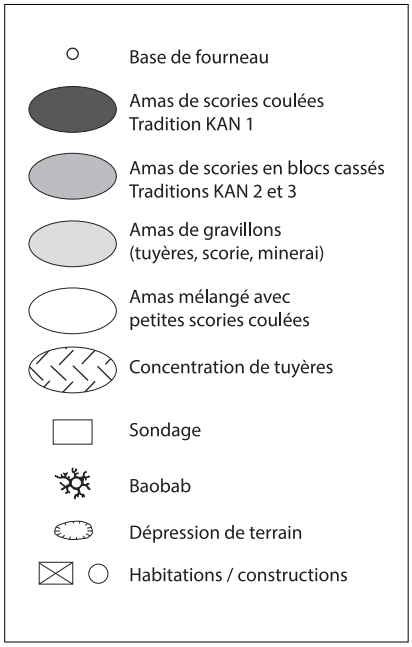
6 Projet soutenu par le FNRS «Establishing paleomagnetic reference curve from W-Africa: archaeolgical and geophysical inferences» – 105212_144102.

7 En 2014, le projet a pu fournir un soutien financier direct pour les interventions sur le terrain et les datations ^{14}C.

8 N. Birba a bénéficié d'une bourse de l'Université de Fribourg pour un séjour en Suisse en 2013. Le projet a pris en charge les datations ^{14}C.



3A



3D

Fig. 3 Plan général schématique des vestiges métallurgiques à proximité du village de Doumbala. Recherches janvier 2015.

A. Localisation des zones étudiées près de Doumbala

B. Plan schématique de la zone nord: Doumbala-Village

C. Plan schématique de la zone sud: Doumbala-Kokoroni

D. Légende

Les secteurs qui sont délimités par un trait plein ont fait l'objet d'un relevé topographique de détail. Les secteurs qui sont délimités par un trait pointillé ont fait l'objet d'un repérage au sol. Les coordonnées GPS de tous les fourneaux ont été relevées.

Un second aspect primordial est la datation des activités qui repose essentiellement sur les relations spatiales entre les différentes structures et les analyses radiocarbone. Evidemment, la précision des dates ^{14}C calibrées ne permet pas toujours de percevoir des évènements de courte durée[9]. Malheureusement, ces sites livrent très peu de mobilier céramique et celui-ci reste très mal daté dans la région. Il ne fournit donc pas d'argument chronologique supplémentaire.

Enfin, le troisième objectif est de quantifier la production, d'abord sur la base des volumes de déchets présents sur le site et ensuite en affinant le calcul grâce à des calculs de bilan de masse après l'étude physico-chimique d'échantillons représentatifs.

Pratiquement, sur le terrain, les vestiges font l'objet d'un relevé topographique général, aussi précis que possible, combinant l'utilisation des photos satellite, du GPS et des instruments de topographie classiques. Les relevés d'altitude à la lunette sont indispensables pour mesurer les épaisseurs des amas de scorie[10]. Les plans sont la base de la documentation pour comprendre l'organisation spatiale, les relations chronologiques et calculer les estimations de tonnage de scories.

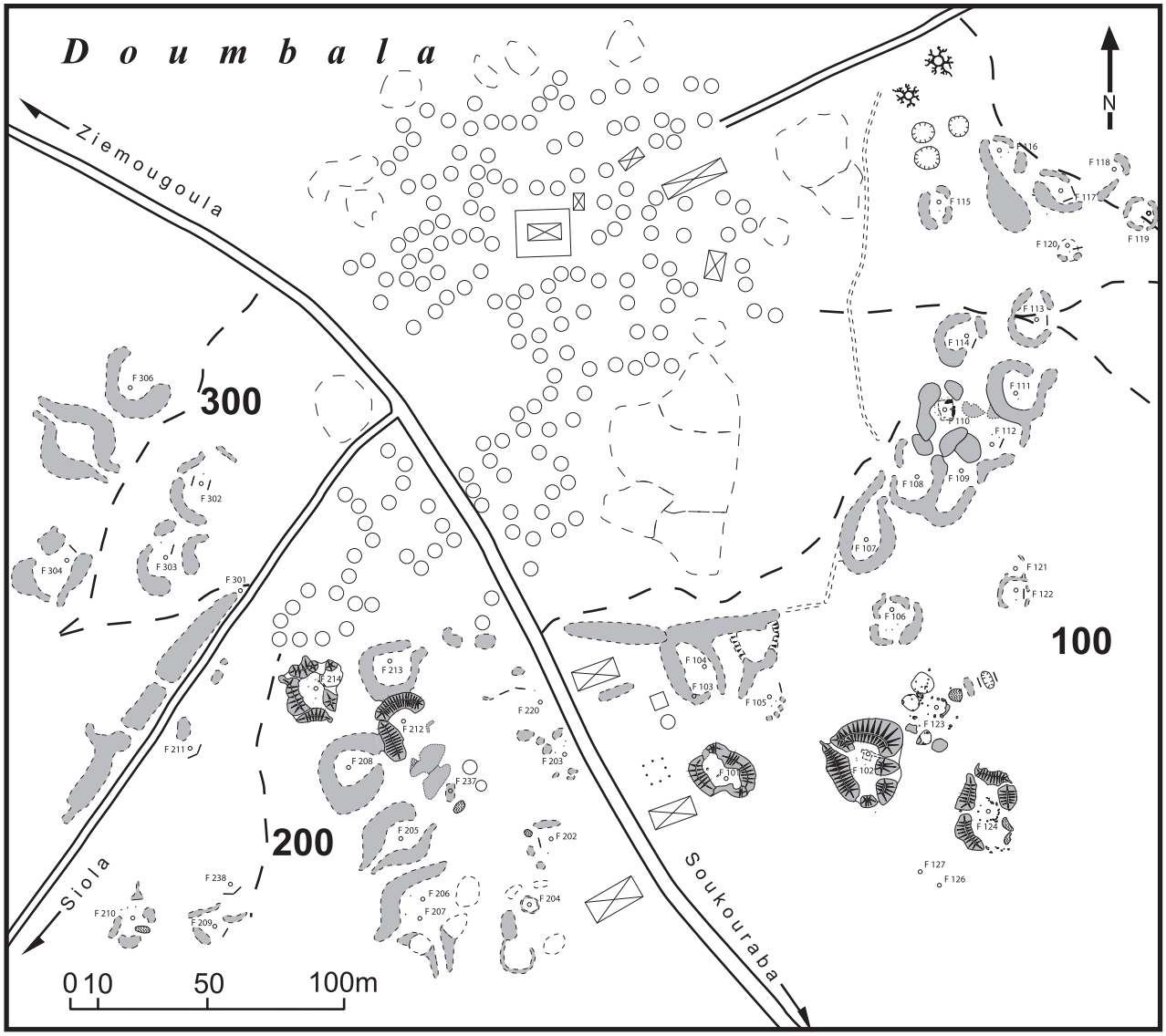
Il est toujours indispensable de fouiller les fourneaux. Même dans les cas où les fourneaux sont très bien conservés et dépassent nettement au-dessus du sol, les sédiments recouvrent la base de la construction. Il est impossible de décrire correctement sans fouiller. La fouille de fourneau permet souvent de prélever des charbons de bois provenant de la dernière couche d'utilisation et fournissent donc une date très intéressante. Il est aussi nécessaire de procéder à des sondages dans les amas de scories. Le but est de pouvoir effectuer un prélèvement réellement représentatif des différents types de déchets. C'est aussi l'occasion de mesurer avec une bonne précision la masse de déchets dans un volume défini[11]. Evidemment, une tranchée dans l'amas de scories donne l'occasion de prélever du charbon de bois à différentes profondeurs. En particulier, la couche la plus profonde est celle qui peut donner une date s'approchant du début de l'activité.

Il s'agit d'une approche de terrain relativement minimaliste mais qui permet d'atteindre un maximum de résultats avec relativement peu de moyens. Idéalement, cette approche de terrain doit être combinée avec une enquête orale approfondie auprès des populations locales. Dans la mesure du possible, il est souhaitable de pouvoir étudier les scories et matériaux associés en laboratoire et de procéder à l'identification des charbons de bois.

9 La durée de fonctionnement d'un fourneau peut être de l'ordre d'une ou deux générations, c'est-à-dire quelques décennies. Dans un tel cas, le ^{14}C ne permet pas de distinguer les dates initiale et finale.

10 Les épaisseurs étant de quelques décimètres à quelques mètres, les données GPS n'ont pas une précision suffisante pour fournir l'information requise.

11 L'opération dénommée familièrement «cubage» consiste à extraire tous les débris dans un volume donné, en général $0{,}5 \times 0{,}5 \times 1$ m de côté (équivalent à ¼ de m^3). Ces débris sont triés en autant de catégories que nécessaire et pesés systématiquement. On peut en déduire les proportions entre les catégories et la masse totale par unité de volume.



3B

2. Les sites métallurgiques de Doumbala

Un district sidérurgique couvrant environ 1500 km², a été mis en évidence au Nord de la ville de Kaniasso[12]. Depuis 2012, des prospections ciblées sur les sites métallurgiques ont été menées à bien par les collaborateurs du Département d'Archéologie de l'Université d'Abidjan (Serneels et al 2014, p. 67–70). En janvier 2013, une première campagne de fouilles a porté sur les sites du village de Siola, à une dizaine de kilomètres au Nord-Est de Kaniasso (Serneels et al 2013). Trois traditions techniques différentes (KAN 1 à 3)[13] ont été définies de manière satisfaisante. Des vestiges appartenant à une quatrième tradition technique (KAN 4), dont la définiton reste incomplète, ont été observés dans le secteur éloigné de Siola 4000.

En janvier 2015, les recherches se sont concentrées sur les ateliers de réduction proches d'un autre village, celui de Doumbala, à 5 km au Nord-Est de Siola. Un sondage supplémentaire a aussi été effectué sur le site Siola 4000 pour préciser la tradition KAN 4. A Doumbala, les recherches ont porté sur les vestiges les plus proches du village (Fig. 3). D'autres sites se trouvent sur le territoire de Doumbala mais n'ont pas été étudiés pendant la campagne[14].

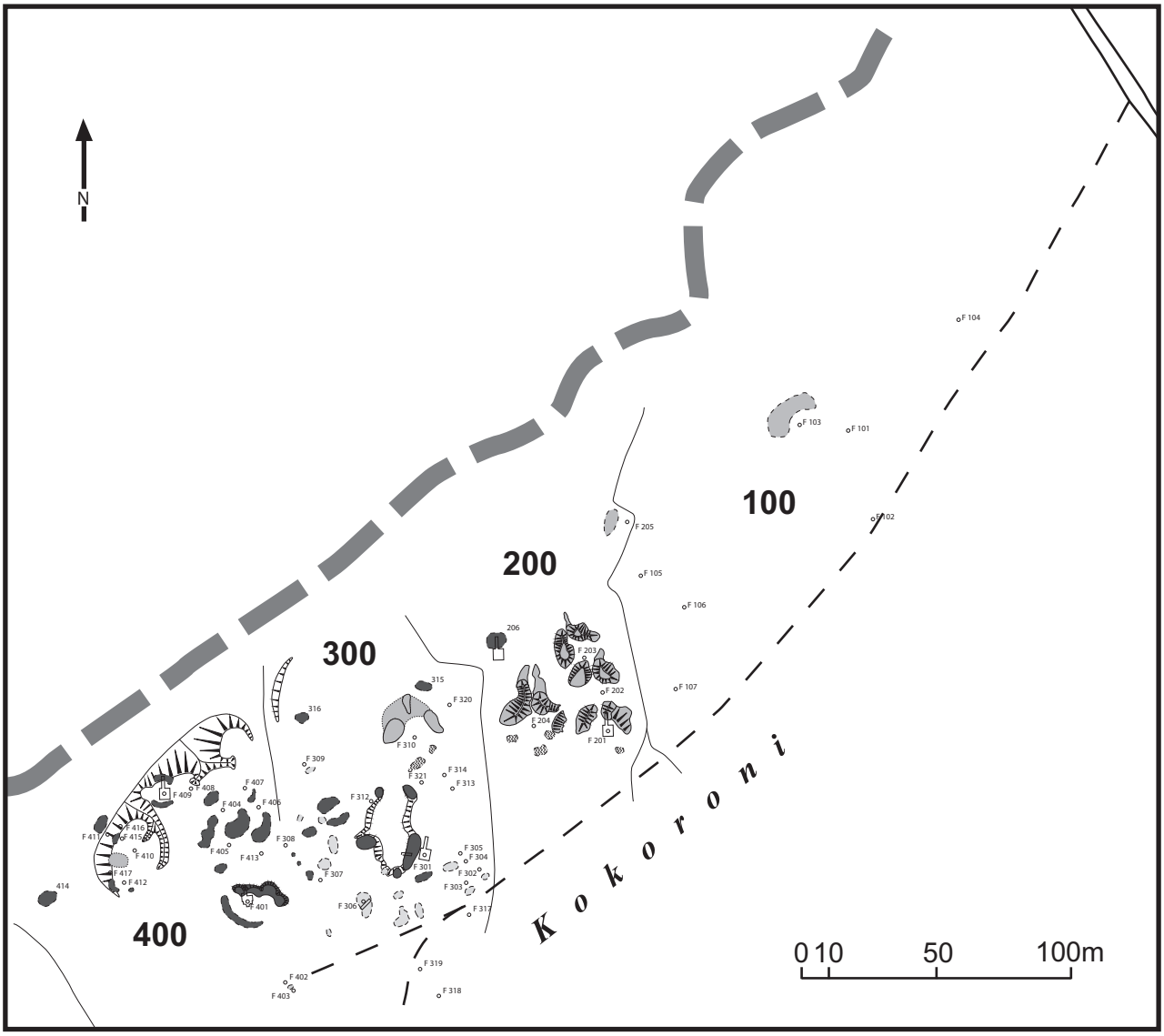
A proximité immédiate du village actuel, des vestiges métallurgiques occupent une bande de 100 m de large qui décrit un arc de cercle long de 600 m bordant les habitations à l'Est, au Sud et à l'Ouest: c'est le secteur de **Doumbala-Village**[15] (Fig. 3). Ce secteur a fait l'objet d'une reconnaissance approfondie permettant de dresser un

12 Les territoires des sous-préfectures de Kaniasso, Goulia et Minignan (région du Folon) font l'objet de prospections.

13 Les traditions techniques du district de Kaniasso sont numérotées KAN 1, etc.

14 Recherche en cours par D. Ballo (Abidjan).

15 La superficie totale du secteur de Doumbala-Village est de l'ordre de 75'000 m².



3C

plan schématique de l'ensemble. Les amas de scories sont volumineux et pratiquement jointifs. En tout, 49 emplacements de fourneau ont été identifiés. La grande majorité des vestiges appartiennent à une même tradition technique[16]. Quatre fourneaux sont particulièrement bien conservés: ils atteignent plus de deux mètres de haut. L'un d'entre eux, le fourneau V-102 a fait l'objet d'une étude approfondie. Un second fourneau, V-110, moins bien conservé, a également été fouillé de manière extensive, ce qui a permis de mettre en évidence l'organisation spatiale de ce type d'atelier. De nombreuses observations complémentaires ont été faites sur les vestiges de ce secteur. Les scories associées sont de très grands blocs de scorie interne (diamètre jusqu'à 100 cm), généralement fragmentés. Ces vestiges présentent de nombreux points communs avec ceux de la tradition KAN 3 étudiés en 2013 à Siola. Cependant l'architecture des fourneaux est significativement différente. Pour cette raison, les vestiges de Doumbala sont considérés comme une variante locale KAN 3-D (Fig. 4). Les datations rattachent cette tradition à une période d'activité très récente (Fig. 5).

Dans la partie Est de la zone de Doumbala-Village, une longue structure linéaire d'environ 1 m de large et 1 m de haut par endroits construite en scories s'élève entre les premières maisons et les premiers ateliers de réduction. Il s'agit probablement du soubassement d'un mur d'enceinte qui a été élevé pour protéger le village. Cette structure est bien visible au Sud et à l'Est du village.

Le long de la piste qui se dirige vers Siola, on note la présence de scories qui ont probablement été déplacées au moment de la construction de la piste.

16 A l'Ouest de la piste de Doumbala à Sokouraba, deux ou trois buttes constituées de terre contenant des fragments de scories ont été observées. On constate la présence de petites scories coulées cassées qui ne se retrouvent pas ailleurs sur le site de Doumbala-Village mais qui sont présentes à Doumbala-Kokoroni. Aucun vestige de fourneau n'est directement associé à ces débris. Faute de temps, il n'a pas été possible de poursuivre les investigations.

TRADITION TECHNIQUE	KAN 1 et 1D		KAN 2D		KAN 3D	
Datations	1300 - 1450 Cal AD	4 dates	1450 - 1650 Cal AD	2 dates	18e - 19e AD	2 dates
Organisation spatiale	fourneaux isolés		fourneaux isolés		fourneaux isolés	
distances entre les fourneaux	5 à 30 m		10 à 30 m		20 à 50 m	
aménagements					espace de travail circulaire délimité ø 6 à 8 m scorie isolée + muret aménagements interne :stock minerai, charbon, céramique	dépression
disposition des rejets de scories	butte allongée souvent au Nord mais pas systématique dimensions max dimensions min épaisseur	 3 x 10 m = 20 m2 1 x 2 m = 1 m2 0.1 à 1 m	amas en croissant au Nord dimensions max dimensions min épaisseur tuyèrs rejetées au Sud	avec un passage médian allongé le long du passage 20 x 20 m quelques blocs épars 0.5 à 1.5 m	amas de scorie ± annulaire au Nord et à l'Ouest diamètre épaisseur tuyères rejetées au Sud	plusieurs passages 20 à 40 m 0.5 à 2.5 m
masse totale de scorie reconnue	100 et 300 tonnes		400 à 500 tonnes		5'000 à 10'000 tonnes	
Fourneau	K 301, K 401 et K 409 31 bases visibles	Kokoroni	K 201 14 bases visibles	Kokoroni	V 102 et V 110 49 fourneaux identifiés	Village 5 en très bon état
Orientation	porte au Sud ou au Sud-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	70% 30%	scorie piégé rejetée à l'extrérieur 50 à 150 kg / opération		scorie piégé rejetée à l'extrérieur 300 à 600 kg / opération	
Section au niveau de circulation	subcirculaire	90 cm	subcirculaire	90 - 100 cm	subcirculaire	150 cm
Partie enterrée	cuvette peu profonde	5 cm	fosse	70 cm	fosse cylindrique	70 cm
Ouverture	1 porte 5 embrasures	70 cm 20 à 40 cm	1 porte 4 embrasures	80 cm 2 x 25 + 2 x 15 cm	1 porte 5 embrasures	largeur 150 cm 2 x largeur 45 cm 3 x largeur 35 cm
superstructure hauteur conservée hauteur estimée	faiblement tronconique	 100 à 150 cm 160 cm	en cloche ?	 80 cm 120 - 150 cm	cheminée conique sur une base évasée au-dessus du sol ancien	 210 cm 220 cm
estimation du volume de la cuve		0.5 - 0.6 m3		0.7 m3		1,5 à 2,5 m3
matériaux de la paroi / épaisseur couche externe partie supérieure partie inférieure base	K-301 et K-401 ? Érodée mottes d'argile tuyères recyclées + argile piliers en blocs de latérite	K-409 mottes d'argile mottes d'argile mottes d'argile	 argile + tuyères recyclées 3 tuyères verticales comme armature interne des piliers	 10 cm	 argile avec gravillons mottes argile et tronçons de tuyère horizontaux	 6 - 15 cm 10 - 12 cm
revêtement interne	argile	2 - 3 cm	argile	5 cm	argile	4 - 5 cm
traces de rechapage	rechapages visibles réfection de la paroi depuis l'intérieur		pas de rechapage visible		réfection de la paroi depuis l'extérieure réfection de la paroi depuis l'intérieur	
dispositif d'accès à la porte	fosse peu profonde	5 cm	pas identifié		accès en pente douce	
dispositif d'accès à la cheminée	pas nécessaire		pas nécessaire		pas identifié : probablement toiture / plateforme	
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 50 cm	5 à 6 cm	12 à 13 cm > 60 cm	5 cm
nombre de tuyères par fourneau	min : 5 à 7	max : 10 à 15	min : 6	max : ? (porte)	min : 7 à 12	max : ? (porte)
recyclage	pour la construction de la paroi		pour la construction de la paroi (armature)		comme matériau de construction de la cheminée	
Scories	fayalitique	environ 900 kg / m3	fayalitique	1350 kg / m3	fayalitique	envrion 700 kg / m3
masse de scorie par opération	inconnu		80 à 100 kg	diamètre 50 cm	300 à 600 kg	diamètre 80 à 110 cm
morphologie de la scorie	scorie coulée et scorie piégée	70% coulures plates en cordons 30% bloc	scorie piégée	bloc semi-cylindrique fragmenté à l'extraction	scorie piégée petites scories en gouttes et nodules	bloc hémisphérique fragmenté à l'extraction ou pas

4

Fig. 4 Tableau comparatif des caractéristiques techniques des trois traditions techniques mises en évidence sur les sites de Doumbala pendant la campagne de recherches de janvier 2015.

A 300 m au Sud du village, à l'Ouest de la piste qui relie Doumbala à Sokouraba, au Sud d'un bas-fond humide parcouru par un cours d'eau temporaire, se trouve une seconde concentration de vestiges métallurgiques (Fig. 3). Ils occupent une bande de 80 m de large sur 400 m de long orientée Sud-Ouest/Nord-Est. C'est le secteur de **Doumbala-Kokoroni**[17]. Les vestiges sont assez nombreux mais disséminés. Les amas de scories sont de dimensions assez faibles. Les bases de fourneau identifiées sont au nombre de 45, mais il faut rajouter au moins quatre amas de scories près desquels aucune base n'était visible. Dans la partie Sud-Est, la forêt, relativement claire, a été parcourue systématiquement et la limite du site est bien définie. On note tout de même la présence d'une petite concentration de scories le long de la piste principale, à environ 200 m à l'extérieur de la zone reconnue[18]. Au Nord-Ouest, le bas-fond humide marque une limite nette. Cependant, le versant opposé de ce bas-fond présente un couvert forestier trop dense et n'a pas été parcouru systématiquement. Sur cette berge Nord-Ouest, des scories ont été observées au moins en deux points[19].

A Doumbala-Kokoroni, les bases de fourneau peuvent être classées en trois groupes, mais si l'on tient compte des assemblages de déchets métallurgiques et de l'organisation spatiale, on ne peut définir que deux traditions différentes, dont une montre une variation dans le mode de construction des fourneaux (Fig. 4).

Certains fourneaux correspondent de manière très précise à la tradition KAN 1 identifiée en 2013 à Siola (Serneels et al 2013, p. 125–128). Comme à Siola, ils sont associés à des buttes de petits fragments de scories coulées. D'autres fourneaux, associés au même type d'amas de scories, sont construits avec des matériaux différents (variante KAN 1-D). Les datations indiquent une activité entre 1300 et 1450 AD (Fig. 5).

La seconde tradition rencontrée à Doumbala-Kokoroni est proche de la tradition KAN 2 de Siola (Serneels et al 2013, p. 129–139). En raison de légères différences dans la construction des fourneaux et l'organisation spatiale des ateliers, elle sera identifiée comme une variante locale KAN 2-D (Fig. 4). Les scories associées sont des blocs in-

17 La superficie totale du secteur de Doumbala-Kokoroni est de l'ordre de 32'000 m².

18 Il s'agit de blocs de scories internes de diamètre moyen, similaires à ceux de la tradition technique KAN 2-D. Aucun fourneau n'a été repéré.

19 Il s'agit de petits fragments de scories coulées, similaires à celles qui sont associées à la tradition KAN 1. Aucun fourneau n'a été repéré.

Année	Numéro Echantillon charbon Chantier	Numéro Laboratoire BETA ANALYTIC	Datation 14C			Localisation				Tradition Technique	Numéro Archéo-magnétisme
			Age radiocarbone mesuré	Age radiocarbone conventionnel	Age radiocarbone calibré 2 sigma	Village	zone	secteur	structure		
2013	SIOL 14	342903	1020 ± 30 BP	1010 ± 30 BP	Cal AD 990 - 1040	Siola	1300	1302	tranchée	KAN 1	
2013	SIOL 3	342899	620 ± 30 BP	640 ± 30 BP	Cal AD 1280 - 1400	Siola	2000	2001	intérieur four	KAN 1	
2013						Siola	2000	2003		KAN 1	SI 3
2013	SIOL 17	342905	280 ± 30 BP	300 ± 30 BP	Cal AD 1490 - 1650	Siola	1300	1399	intérieur four	KAN 2	SI 4
2013						Siola	1200	1265		KAN 2	SI 7
2013	SIOL 9	342901	90 ± 30 BP	80 ± 30 BP	Cal AD 1680 - 1930	Siola	1100	1102	intérieur four	KAN 3	SI 5
2013	SIOL 11	342902	140 ± 30 BP	150 ± 30 BP	Cal AD 1670 - 1950	Siola	1100	1102	tranchée	KAN 3	
2013	SIOL 5	342900	170 ± 30 BP	140 ± 30 BP	Cal AD 1670 - 1950	Siola	1100	1103	extérieur four	KAN 3	SI 6
2013						Siola	1100	1105		KAN 3	SI 1
2013						Siola	1100	1111		KAN 3	SI 2
2013	SIOL 16	342904	340 ± 30 BP	350 ± 30 BP	Cal AD 1450 - 1640	Siola	4000	4003	sondage	KAN 4	
2015	SIOL 20	403866	910 ± 30 BP	910 ± 30 BP	Cal AD 1030 - 1210	Siola	4000	4099		KAN 4	SI 8
2015	DMBL 1	403857	510 ± 30 BP	510 ± 30 BP	Cal AD 1400 - 1440	Doumbala	Kokoroni	K 409	tranchée	KAN 1	
2015	DMBL 2	403858	610 ± 30 BP	590 ± 30 BP	Cal AD 1295 - 1415	Doumbala	Kokoroni	K 401	extérieur four	KAN 1	DB 1
2015	DMBL 3	403859	670 ± 30 BP	640 ± 30 BP	Cal AD 1285 - 1395	Doumbala	Kokoroni	K 401	tranchée	KAN 1	
2015	DMBL 4	403860	670 ± 30 BP	620 ± 30 BP	Cal AD 1290 - 1405	Doumbala	Kokoroni	K 301	extérieur four	KAN 1	DB 2
2015	DMBL 6	403862	130 ± 30 BP	370 ± 30 BP	Cal AD 1445 - 1635	Doumbala	Kokoroni	K 201	intérieur four	KAN 2D	DB 3
2015	DMBL 7	403863	350 ± 30 BP	330 ± 30 BP	Cal AD 1465 - 1645	Doumbala	Kokoroni	K 201	tranchée	KAN 2D	
2015						Doumbala	Kokoroni	K 202		KAN 2D	DB 4
2015	DMBL 8	403864	150 ± 30 BP	150 ± 30 BP	Cal AD 1665 - 2000	Doumbala	Village	V 102	tranchée	KAN 3D	
2015	DMBL 9	403865	90 ± 30 BP	60 ± 30 BP	Cal AD 1815 - 1920	Doumbala	Village	V 110	intérieur four	KAN 3D	DB 5
2015						Doumbala	Village	V 124		KAN 3D	DB 6

5

Fig. 5 Tableau récapitulatif des datations ^{14}C et des prélèvements archéomagnétiques de la campagne 2014 à Siola et de la campagne 2015 de Doumbala et Siola. Beta Analytic Inc., www.radiocarbon.com

ternes d'environ 50 cm de diamètre. Les ateliers KAN-2D les plus importants comportent deux buttes jumelles disposées de part et d'autre d'un passage étroit et situées au Nord du fourneau. Les datations sont situées entre 1450 et 1650 AD (Fig. 5).

3. La tradition technique KAN 1 à Doumbala: fourneaux à scories coulées (1300–1450 Cal AD)

Les vestiges de la tradition KAN 1 comptent au moins 32 fourneaux et occupent principalement la partie Sud-Ouest du site de Kokoroni (Fig. 3).

Trois fourneaux rattachés à la tradition KAN 1 ont été étudiés (K-301, K-401 et K-409). Ils fournissent des informations complémentaires et illustrent la variabilité du mode de construction de ces fourneaux. Le fourneau K-401 a été fouillé complètement. A tous points de vue, il est très proche du fourneau 2001 du site de Siola fouillé en 2013 (Serneels et al 2013, p. 125, fig. 16). Le fourneau K-301 a été dégagé à moitié jusqu'au substrat naturel mais n'a pas été vidé en raison de la présence de grandes fractures dans la paroi et d'une termitière à l'intérieur de la cheminée. Cette termitière a cependant permis la conservation de la partie supérieure de la cheminée jusqu'à une hauteur de 150 cm au-dessus du sol de circulation ancien. Les éléments observables dans la partie inférieure de K-301 sont eux aussi très proches du fourneau 2001 de Siola. Par contre, ce fourneau a permis de faire de nouvelles observations sur la partie supérieure de la superstructure. Enfin, le fourneau K-409 présente un plan similaire, mais les matériaux de construction sont différents.

3.1 Les caractéristiques techniques de la tradition KAN 1 à Doumbala

Les fourneaux sont disséminés sur le terrain, à quelques mètres ou dizaines de mètres les uns des autres. On ne perçoit pas d'organisation dans la répartition spatiale générale. Les fourneaux sont associés à des buttes circulaires ou allongées constituées principalement de petits fragments de scories coulées (Fig. 6 et 12). Les dimensions de ces amas sont restreintes, les plus petits n'ont que 2 ou 3 m de diamètre, les plus grands

Fig. 6 Plan général du secteur K-401 (zone de Doumbala Kokoroni, tradition technique KAN 1). L'amas de scories allongé s'étend au Nord et à l'Est du fourneau.

Fig. 7 Plans du fourneau K-401 (zone de Doumbala Kokoroni, tradition technique KAN 1).

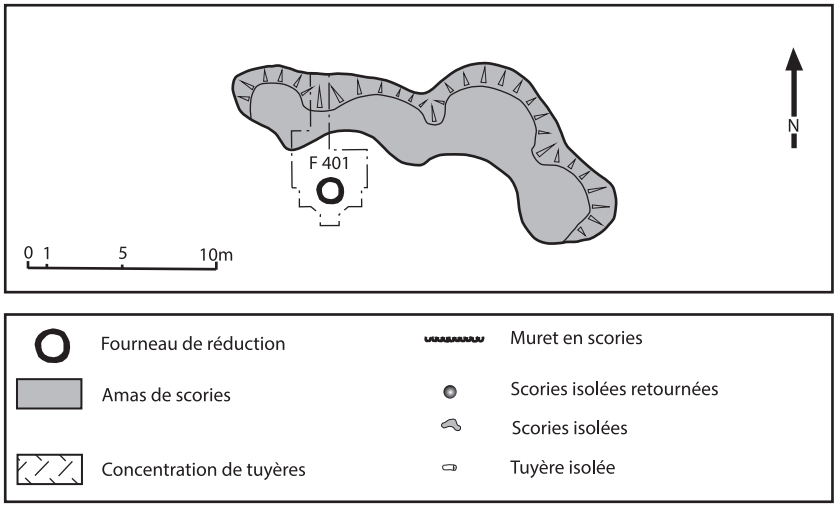
A. Plan du four au niveau des parois conservées.

B. Plan du four au niveau des piliers en latérite.

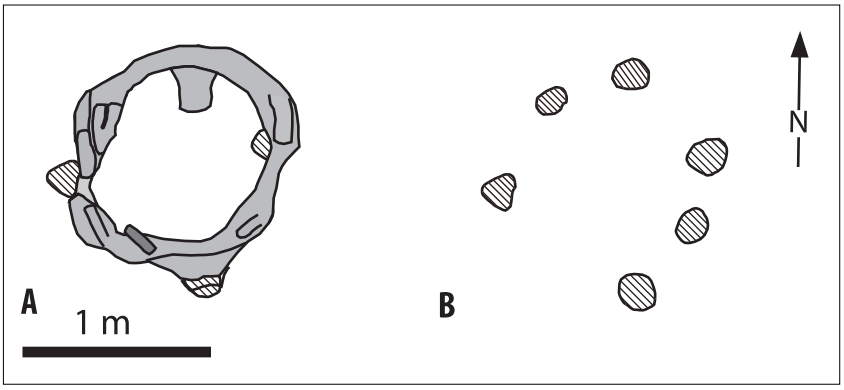
Fig. 8 Vues du fourneau K-401 (zone de Doumbala Kokoroni, tradition technique KAN 1).

A. Vue de face avec la porte (côté Sud). A l'arrière plan, se trouve la butte de scorie.

B. Vue arrière (côté Nord).



6



7

s'étendent sur une dizaine de mètres de long pour une largeur de 2 ou 3 m. L'épaisseur est toujours inférieure à 1 m. Ils sont souvent situés à quelques mètres au Nord du fourneau, mais cette règle ne s'applique pas de manière systématique[20]. Les travaux effectués n'ont pas permis de mettre en évidence d'autres aspects de l'organisation des espaces de travail.

Les fourneaux sont des constructions assez légères, sans fondation importante et avec des parois d'une dizaine de centimètres d'épaisseur. Ils sont construits sur 6 piliers délimitant une porte relativement large et 5 embrasures nettement plus étroites, destinées à recevoir les tuyères (Fig. 7). Le diamètre interne de la cuve est de l'ordre de 90 cm. Le fond du fourneau se trouve pratiquement à la même altitude que le sol de circulation extérieur. Il forme une cuvette à peine perceptible.

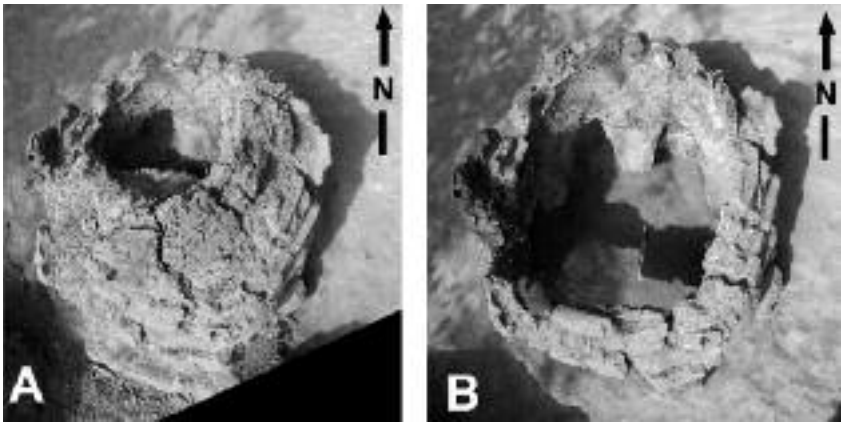
Dans le fourneau K-401, la porte s'ouvre au Sud-Ouest (Fig. 7, 8 et 9). La porte n'a pas pu être identifiée avec certitude pour K-301[21] et dans le cas de K-409, elle se

[20] A Siola, dans la zone 2000, les amas de scories se trouvaient systématiquement à l'Est des fourneaux. Dans la zone 1000, seules les buttes de scories avaient été repérées mais aucun fourneau n'avait été identifié. Il était donc impossible de décrire la position relative des structures.

[21] Dans le fourneau K-301, la porte se trouve probablement à l'Ouest ou au Sud-Ouest, dans la partie qui n'a pas été fouillée.

8A

8B



9A 9B

Fig. 9 Vues verticales du fourneau K-401 (zone de Doumbala Kokoroni, tradition technique KAN 1).

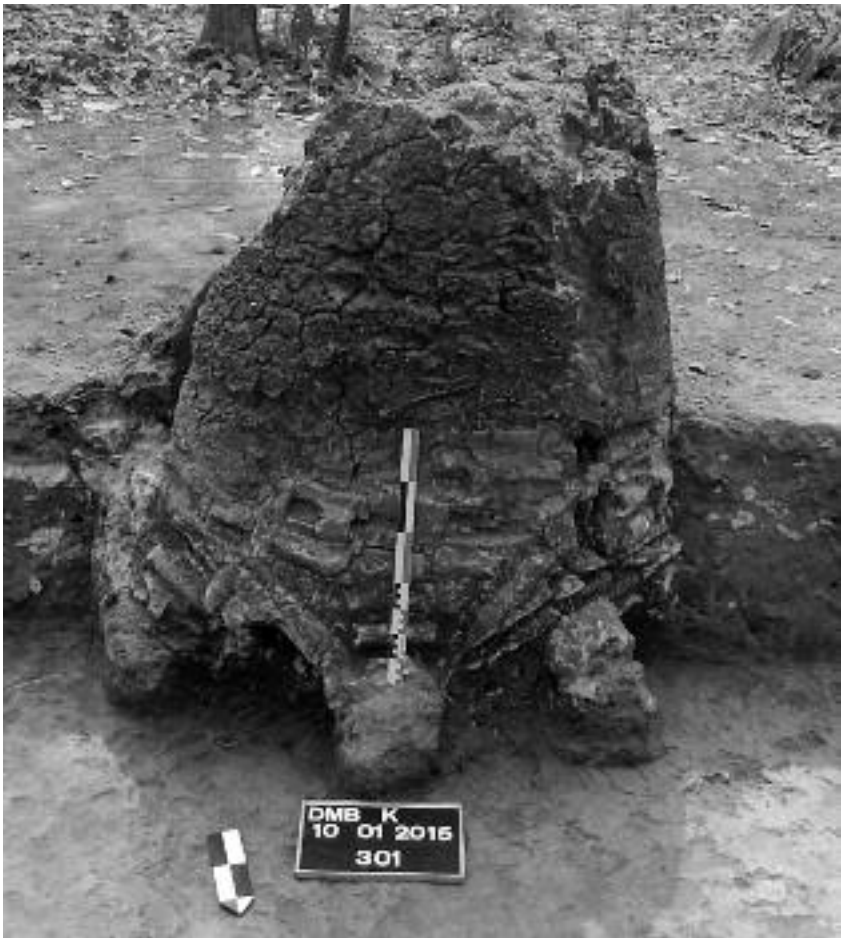
A. Niveau supérieur avec les fragments de paroi de la cheminée effondrés. La paroi est construite en morceau de tuyère de récupération.

B. Niveau inférieur avec les éléments en place.

Fig. 10 Vue du fourneau K-301 (zone de Doumbala Kokoroni, tradition technique KAN 1). La cheminée repose sur des blocs de latérite. La partie inférieure de la paroi comporte 5 assises de fragments de tuyère. La partie supérieure est réalisée en mottes d'argile.

trouve au Sud de la structure. La largeur de la porte est d'environ 70 cm et sa hauteur de 40 cm. Les dimensions des embrasures varient significativement entre 20 et 40 cm, mais pas de manière systématique. Les embrasures les plus larges n'occupent pas toujours la même position. En particulier, les embrasures proches de la porte ne sont pas systématiquement les plus larges. Elles ont toutes une hauteur d'environ 30 cm.

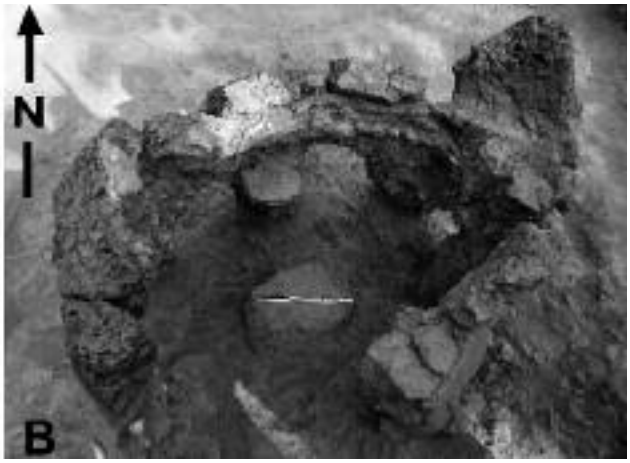
Les fourneaux K-401 et K-301 sont construits de la même manière que le fourneau 2001 de Siola. Chaque pilier est constitué par un bloc de latérite de forme irrégulière, généralement oblonge (Fig. 10)[22]. La section des blocs de latérite est de 15 à 20 cm et leur hauteur de 25 à 30 cm. Les embrasures sont surmontées par deux tronçons de tuyère posés obliquement formant un chevron en forme de V renversé. La paroi de la cheminée est ensuite construite en utilisant des morceaux cylindriques de tuyères disposés horizontalement parallèlement à la paroi (Fig. 9). Les bâtisseurs posent 4 ou 5 assises de fragments de tuyère, liés à l'argile, soit jusqu'à un mètre au-dessus du sol



10

[22] Dans le Sud-Ouest de la zone étudiée, au cours des prospections, plusieurs groupes de blocs de latérite disposés en cercle correspondent à des fourneaux très fortement arasés.

11A



11B

Fig. 11 Vues du fourneau K-409. (zone de Doumbala Kokoroni, tradition technique KAN 1D).

A. Vue arrière (côté Nord). La paroi est construite en mottes d'argile.

B. Vue verticale. Le centre de la cuve est occupé par une croûte de terre très fortement indurée. La porte s'ouvre en direction du Sud.

Fig. 12 Petits fragments de scories coulées de la butte du secteur K-401 (zone de Doumbala Kokoroni, tradition technique KAN 1).

de circulation. Sur le fourneau K-301, on observe que la partie supérieure de la paroi est construite uniquement avec des mottes d'argile, sans morceau de tuyère (Fig. 9). Les autres fourneaux fouillés sont trop arasés pour faire des observations sur la partie supérieure de la cheminée.

Le fourneau K-409 possède des dimensions similaires et un plan comparable aux deux autres fourneaux. Par contre, il est construit uniquement en mottes d'argile (Fig. 11). Les piliers n'incorporent aucun élément solide. Il n'y a pas de fragment de tuyère dans la construction. Le fond de ce fourneau comporte une partie centrale fortement indurée (Fig. 11). Cette particularité de la construction est le critère pour définir la variante KAN-1D.

En prospection, on a identifié une dizaine de fourneaux ne montrant pas de tuyère dans la construction de la paroi. Ces bases peuvent correspondre à des fourneaux entièrement construits en mottes d'argile, comme K-409, ou bien à la partie supérieure de la cheminée, comme K-301.

Les tuyères associées de la tradition KAN 1 sont toujours de petites dimensions. Elles sont à peu près cylindriques avec un diamètre externe de 6 à 7 cm et un diamètre interne de 3 à 4 cm. Certains fragments atteignent 25 cm de long mais aucune pièce entière n'a été identifiée.

L'assemblage de déchets comporte toujours une forte proportion de fragments de scories coulées qui sont accompagnées par des fragments de blocs internes de faible épaisseur (moins de 10 cm). La proportion entre les deux types de scories varie d'un cubage à l'autre, de 1 : 1 à 2 : 1. On note aussi la présence de quelques fragments de tuyère remplis avec de la scorie qui pourraient refléter l'utilisation de vieilles tuyères pour garnir le fond du fourneau[23].

De même, la proportion de tuyère varie aussi de manière significative, de 5 à 35 % de l'assemblage. Enfin, la masse de déchets par unité de volume passe de 500 à 950 kg/m³. En fait, les rejets sont relativement sélectifs et la position du cubage joue un rôle assez important[24]. Les cubages effectués dans la butte de scories elle-même montrent une forte prédominance des scories coulées et une très petite quantité de tuyères (Fig. 12). La masse de déchets est comprise entre 750 et 950 kg/m³. Par contre, en périphérie de la butte, le mobilier est moins abondant (500 kg/m³) et les tuyères et les scories internes sont plus abondantes.

3.2 Mode opératoire de la tradition technique KAN 1 à Doumbala

Les fourneaux de la tradition KAN 1 sont construits pour des utilisations multiples, même si les constructions sont assez fragiles. Ils fonctionnent en tirage naturel et sont alimentés par au moins 5 tuyères, une dans chaque embrasure. On peut aussi admettre que 2 tuyères supplémentaires sont installées dans la porte. Enfin, il est impossible d'exclure que ces chiffres puissent être doublés en placant des tuyères sur deux niveaux

[23] Cette pratique a été clairement identifiée à Siola.

[24] De plus, le matériel est très fragmenté et une proportion significative (30 à 40 %) de la masse ne peut pas faire l'objet d'une classification morphologique.

12

dans chaque ouverture. Cette dernière hypothèse semble peu probable, car la proportion relativement faible de tuyères dans l'assemblage de déchets et aucune pièce avec deux tuyères accolées n'a été retrouvée.

L'écoulement des scories à l'extérieur du fourneau est la règle générale. Cependant, la présence de scories internes est systématique, même si la proportion varie assez fortement. Les données des cubages sont trop dispersées pour établir de manière fiable une proportion entre la masse des scories coulées et internes correspondant à une opération normale. Il est aussi envisageable que cette proportion soit variable d'une opération à l'autre. Les données ne permettent pas d'estimer la masse de scories produite au cours d'une seule opération.

Chaque fourneau a une production d'ampleur limitée, comme en témoignent les faibles volumes de scories qui leurs sont associés. Les amas les plus volumineux ne dépassent pas 20 m^3 et les plus petits à peine 2 ou 3 m^3.

3.3 Datation et relations stratigraphiques des vestiges de la tradition technique KAN 1 à Doumbala

Quatre prélèvements de charbon de bois provenant de vestiges attribués à la tradition KAN 1 ont été datés (Fig. 5). Le charbon trouvé dans le comblement de la porte du fourneau K-301, celui associé à la dernière phase d'activité du fourneau K-401 et celui provenant du fond de la tranchée recoupant l'amas de scories K-401, donnent des résultats équivalents, entre 1300 et 1400 Cal AD. Il n'est pas possible de différencier les deux dates du secteur K-401 alors que l'une est associée à la fin de l'activité et l'autre à une phase plus précoce. On peut donc penser que seulement quelques décennies séparent ces deux évènements. Le prélèvement associé au fourneau K-409 est très légèrement plus jeune: entre 1400 et 1440 Cal AD.

La fourchette chronologique de la tradition KAN 1 à Doumbala est donc restreinte et correspond seulement à la phase la plus récente qui avait été mise en évidence pour la tradition KAN 1 à Siola dans la zone 2000[25]. Elle est aussi équivalente à la fourchette définie pour la tradition KRSM 3 de Korsimoro (Burkina Faso) qui présente de nombreux points communs[26].

Tous les fourneaux de la tradition KAN 1 occupent une aire restreinte au Sud-Ouest de la zone de Doumbala Kokoroni mais il n'y a pas d'argument pour restituer une organisation interne de cet espace. Les fourneaux semblent disposés de manière irrégulière. Dans certains cas, les fourneaux sont très proches les uns des autres mais il est impossible de déterminer s'ils sont contemporains ou s'ils se succèdent dans le temps.

En première approche, le tonnage total de déchets rattachés à l'activité des fourneaux de la tradition KAN 1 à Doumbala Kokoroni peut être grossièrement évalué entre 100 et 300 tonnes. C'est un chiffre faible, même si on considère une activité répartie sur une durée courte d'environ 100 ans. Cela représente quelques centaines de kilos de fer par an seulement, autant dire une production qui est à l'échelle des besoins d'une communauté locale. S'il y a un surplus, il est de faible ampleur.

3.4 Remarques supplémentaires sur d'autres vestiges associés à la tradition KAN 1.

Plusieurs buttes constituées principalement de fragments de scories coulées qui ne sont pas associées à une base de fourneau ont été localisées lors de la prospection. Dans ce cas également, l'hypothèse la plus vraisemblable est que les fourneaux correspondants ont simplement été complètement détruits. Une situation similaire avait été observée à Siola dans la zone 1300.

L'une de ces buttes, portant le numéro 206, a fait l'objet d'un sondage qui a mis en évidence une surface indurée de 80 cm de diamètre située à 2 mètres au Sud de l'amas de scories. Cette structure pourrait être l'ultime témoin d'un fourneau arasé. Une surface indurée similaire a été observée à l'intérieur du fourneau K-409.

[25] Datation SIOL 3, fourneau 2002: Cal AD 1280–1400. Une datation plus ancienne a été obtenue à Siola dans la zone 1000: SIOL 14, secteur 1302: Cal AD 990–1040 (Serneels et al 2012, p. 128).

[26] A Korsimoro, quatre datations permettent de fixer une fourchette entre 1300 et 1450 Cal AD pour la tradition KRSM 3 (Serneels et al 2014, p. 1001–104).

En plusieurs points du site, des épandages de déchets différents ont été observés. En surface, les fragments sont très petits, en général centimétriques. Il y a beaucoup d'éléments argilo-sableux, des petites particules de scories et une assez forte proportion de fragments de minerai qui ont subi un chauffage et sont devenus magnétiques. Une de ces concentrations, portant le numéro 306, a fait l'objet d'un sondage. La couche de débris atteint une épaisseur de 80 cm. En profondeur, la taille de fragments est plus importante. L'assemblage est fortement dominé par les fragments de tuyère.

L'interprétation de ces vestiges n'est pas claire. Il pourrait s'agir des rejets provenant du nettoyage de la cuve du fourneau après l'opération de réduction. Cette hypothèse pourrait expliquer la nature de l'assemblage et elle est renforcée par l'observation que les différentes catégories de déchets sont rejetées à des emplacements différents, comme le montrent la variabilité des résultats des cubages. Par contre, il n'y a pas d'argument pour soutenir l'hypothèse de déchets liés au forgeage du fer brut. En particulier, on n'a pas observé la présence de battitures dans le sédiment.

4. La tradition KAN 2-D à Doumbala: fourneau à scories piégées (1450–1650 Cal AD)

A Doumbala Kokoroni, 14 fourneaux appartenant à la tradition technique KAN 2 ont été identifiés. Tous sauf deux se trouvent dans la moitié Est de la zone (Fig. 3).

Un seul fourneau, portant le numéro K-201, a fait l'objet d'une fouille complète, mais les observations de surface faites sur les autres vestiges confirment les dimensions et les caractéristiques architecturales des fourneaux, l'assemblage de scories et des tuyères ainsi que la lecture de l'organisation spatiale. Malheureusement, l'état de conservation n'est jamais très bon et la restitution de la superstructure du fourneau reste hypothétique.

Les caractéristiques observées à Doumbala-Kokoroni sont très proches de celles qui définissent la tradition KAN 2 identifiée à Siola. Il y a quelques petites différences dans le mode de construction et dans l'organisation spatiale des zones de rejets. Pour cette raison, les fourneaux de Doumbala sont identifiés comme une variante locale (KAN 2D).

4.1 Les caractéristiques techniques de la tradition KAN 2 à Doumbala

Dans la tradition KAN 2D, en général, les fourneaux sont isolés les uns des autres. Ils sont disséminés sans organisation apparente. Seul un groupe de 4 amas (K-201 à K-204) forme un ensemble cohérent (Fig. 13 et 14).

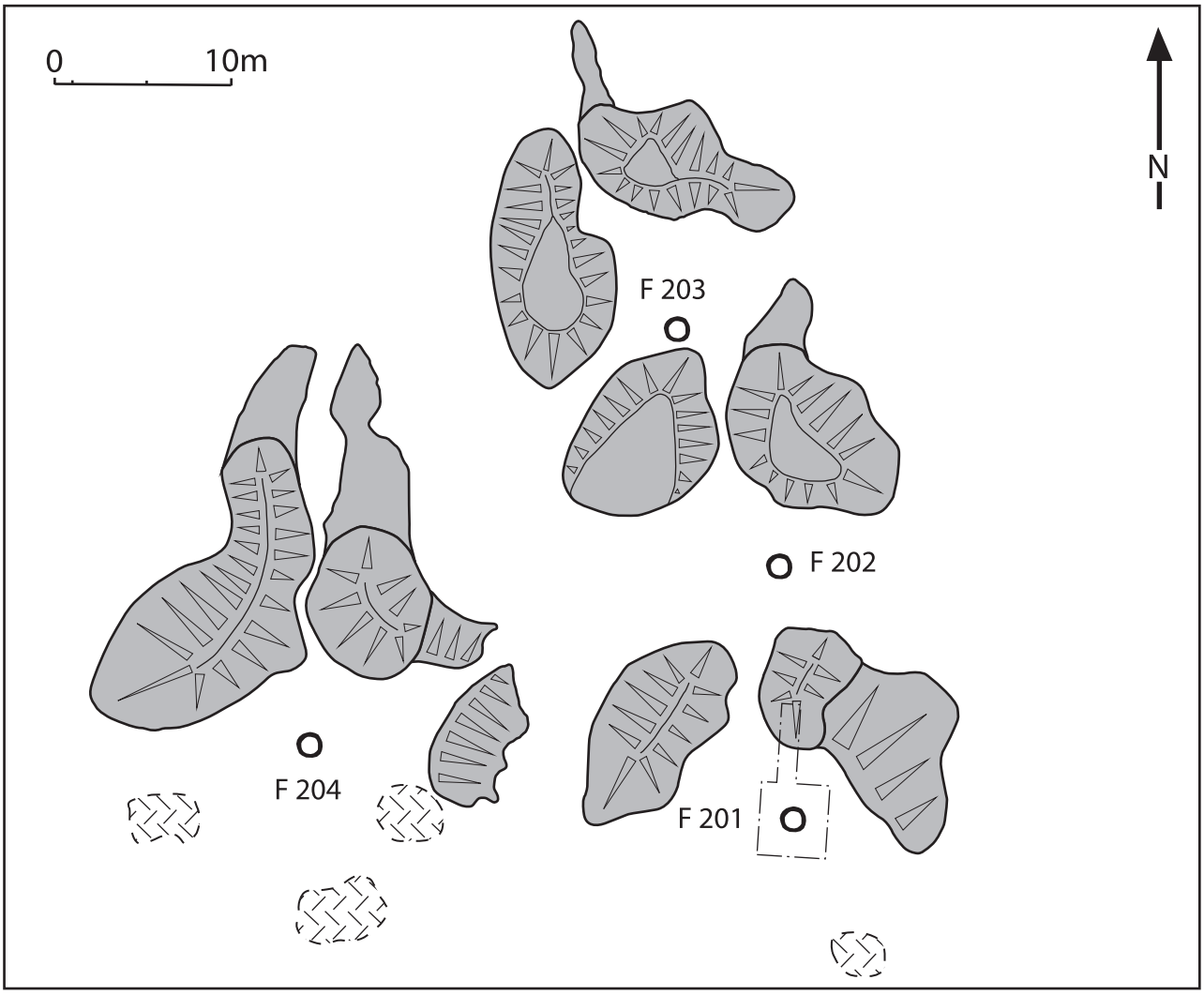
Le fourneau est construit en terrain plat. La zone de rejet principale se trouve à 3 ou 4 m au Nord. Elle est constituée de deux amas irréguliers d'une dizaine de mètres de long pour cinq de large. Ils sont disposés de part et d'autre d'un passage étroit en direction du Nord. Vers l'extérieur, dans le prolongement de ce passage, les tas de scories présentent des excroissances[27]. Au Sud, on observe des zones de rejet accessoires, en particulier des accumulations de tuyères (Fig. 14). Cette organisation est très lisible pour le groupe d'amas K-201 à K-204. Ailleurs, elle est parfois moins nette.

Le fourneau KAN 2 est de taille moyenne (Fig. 15 et 16). Il est construit au-dessus d'une fosse cylindrique de 90 cm de diamètre, creusée dans le substrat sur une profondeur de 70 cm. Au dessus de la fosse, la paroi est constituée de 5 piliers qui délimitent une large porte, placée à l'Ouest et quatre embrasures. Les deux embrasures contiguës à la porte sont un peu plus larges que les deux qui se trouvent à l'arrière du fourneau. Les piliers sont construits en utilisant des tronçons de tuyère de réemploi comme armature. Chaque pilier est constitué de trois gros fragments de tuyère posés verticalement et enrobés avec une couche d'argile[28].

Quelques fragments de tuyères sont aussi utilisés dans la partie supérieure de la construction, en particulier pour constituer le sommet des embrasures, mais la plus grande partie de la paroi est construite en mottes d'argile.

[27] Cette organisation des rejets n'a pas été mise en évidence pendant l'étude des fourneaux KAN 2 de Siola où les blocs de scories forment plutôt des épandages non organisés.

[28] L'utilisation de tuyères de réemploi en position verticale pour la construction des piliers se retrouve dans la construction des fourneaux des traditions KAN 2 et KAN 3 à Siola. La différence est qu'à Doumbala, ces tuyères sont à l'intérieur du pilier, alors qu'à Siola elles ne sont que partiellement incorporées dans la paroi.



13

Les piliers sont pratiquement verticaux mais la superstructure qui les coiffe semble se refermer rapidement d'après la disposition des éléments effondrés en place (Fig. 17). Le profil reconstitué est donc plutôt celui d'une voûte en cloche que d'une cheminée cylindrique.

Une tuyère de 51 cm de long a été découverte en place dans l'embrasure Sud-Est (Fig. 18). Elle plonge avec un angle de 60° environ vers le centre de la cuve. Les tuyères de KAN 2 sont des pièces cylindriques massives de grand format. Les deux petites embrasures devaient recevoir une seule tuyère. Les deux grandes ont pu en accueillir deux. Ces fourneaux fonctionnent donc avec au moins 6 tuyères, mais il peut aussi y en avoir plusieurs dans la porte. Les tuyères sont de forme cylindrique de grandes dimensions. Le diamètre externe est de 8 à 10 cm et le diamètre interne de 5 à 6 cm.

Fig. 13 Plan général des secteurs K-201 à K-204 (zone de Doumbala Kokoroni, tradition technique KAN 2D). Le fourneau K-203 est probablement le plus ancien et K-201 le plus récent.

Fig. 14 Vue générale du secteur K-201–204 (zone de Doumbala Kokoroni, tradition technique KAN 2D).

A. Vue depuis le Nord. Au premier plan, le fourneau K-204 en ruine et au second plan, les buttes de scories associées au fourneau K-201.

B. Vue depuis le Sud. Au premier plan, l'épandage de tuyères au Sud du fourneau K-201. Le fourneau se trouve au second plan.

14A

14B

Fig. 15 Plan et coupe du fourneau K-201 (zone de Doumbala Kokoroni, tradition technique KAN 2D).

A. Plan des parois conservées. La dernière scorie et une tuyère sont encore en place.

B. Coupe Est-Ouest

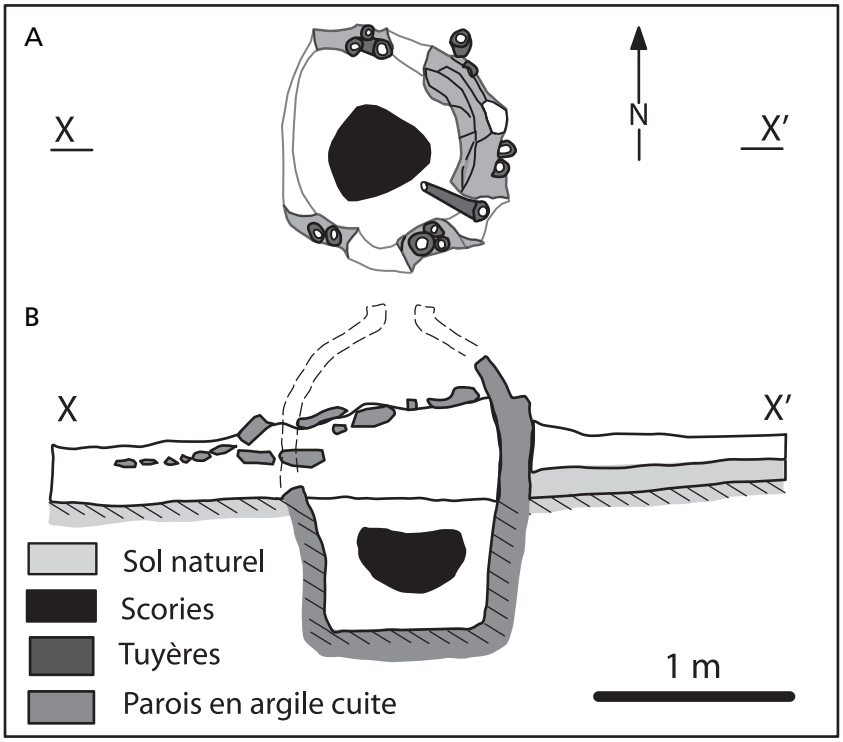
Fig. 16 Vue générale du fourneau K-201 (zone de Doumbala Kokoroni, tradition technique KAN 2D).

A. Vue de face avec la porte (côté Ouest)

B. Vue arrière (côté Est)

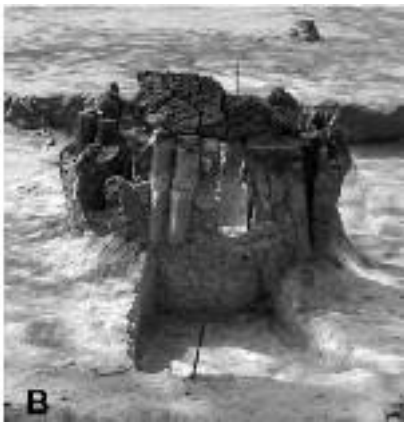
Fig. 17 Vue verticale du fourneau K-202 avec les éléments de la superstructure effondrée (zone de Doumbala Kokoroni, tradition technique KAN 2D).

Fig. 18 Vue du fourneau K-201 en cours de fouille (zone de Doumbala Kokoroni, tradition technique KAN 2D). La tuyère en place dans l'embrasure Sud-Est plonge avec un angle de 60° dans la cuve qui est occupée par un gros bloc de scorie correspondant à la dernière opération de réduction.



15

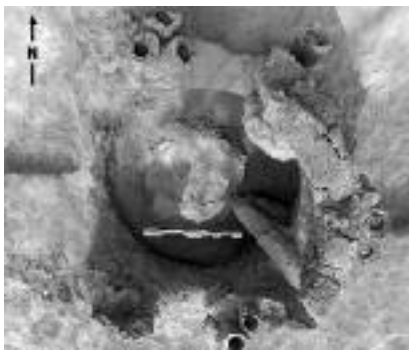
16A



16B

Dans le fourneau K-201, un gros bloc de scories a été trouvé en place au centre de la fosse à la base du fourneau (Fig. 18). Il affleure à une trentaine de centimètres en dessous du niveau de circulation ancien et ne repose pas directement sur le fond de la fosse. On retrouve les mêmes blocs dans les amas, le plus souvent fracturés (Fig. 19). Des blocs similaires retrouvés dans l'amas de scories ont été mesurés entre 80 et 100 kg. Une tranchée a été ouverte en direction du Nord pour évaluer la masse de déchets par unité de volume, soit 1350 kg/m³. Le cubage n'a livré que quelques

17



18

19

Fig. 19 Trois blocs de scorie interne provenant de l'amas de scories du fourneau K-201 (zone de Doumbala Kokoroni, tradition technique KAN 2D). Ces blocs pèsent entre 70 et 100 kg.

fragments de tuyère et des blocs ou fragments de bloc de scories internes. La très faible proportion de tuyère s'explique par le fait que les tuyères sont rejetées préférentiellement au Sud du fourneau et les scories au Nord (Fig. 16).

4.2 Mode opératoire de la tradition technique KAN 2 à Doumbala

Comme ceux de Siola, les fourneaux KAN 2D de Doumbala sont des appareils destinés à des utilisations répétées et fonctionnent probablement avec un tirage naturel. Au moins 6 tuyères sont utilisées, deux dans chacune des grandes embrasures et une dans chacune des petites. La forme de la cuve, en coupole probablement, n'est pas très favorable à un tirage efficace. On ne peut pas exclure la présence d'une cheminée étroite et plus haute qui favoriserait le processus, mais il n'y en a pas de trace.

Sur la base de la masse des blocs internes, de l'ordre de 100 kg, on peut se faire une idée de la masse de minerai (130 kg/0,1 m^3) et de charbon (au minimum 130 kg/0,65 m^3). Le volume interne total du fourneau est de l'ordre de 0,85 m^3. En tenant compte de la position des tuyères, la zone active lors de la réduction correspond à environ 0,60 m^3. Il n'y a donc pas d'argument décisif pour invoquer un chargement unique ou au moyen de multiples recharges successives.

La scorie s'accumule à l'intérieur du fourneau pendant l'opération de réduction, dans la fosse qui a été préparée à cet effet. Le fer est probablement recupéré à chaud à la fin du processus pour bénéficier de la chaleur emmagasinée. Au contraire, la scorie est laissée à refroidir et n'est rejetée que lorsque l'on remet le fourneau en état pour une nouvelle opération.

4.3 Datation et relations stratigraphiques des vestiges de la tradition technique KAN 2 à Doumbala

Dans la zone de Doumbala Kokoroni, les vestiges associés à la tradition KAN 2D sont tous très similaires. On ne décèle pas de variante ni d'évolution technique. La majorité des vestiges sont groupés dans la moitié Est de la zone. La plupart des fourneaux sont isolés les uns des autres et on ne peut pas établir de relation chronologique entre eux. Dans le secteur 200, les fourneaux K-201 à K-204 sont suffisamment proches (Fig. 13). D'après la disposition des amas de scories, il semble que le fourneau K-203 soit le plus ancien, car les déblais provenant de K-202 le recouvrent presque totalement. K-201 est sans doute un peu plus jeune et pourrait correspondre à la dernière phase d'activité dans ce secteur.

Les datations n'ont porté que sur le secteur fouillé, K-201. Une date a été obtenue pour un charbon provenant de la base de la couche de scories dans la tranchée Nord (Fig. 5, DMBL 7). L'autre prélèvement a été fait à l'intérieur du fourneau dans la couche cendreuse associée à la scorie en place (Fig. 5, DMBL 6). C'est de la paille carbonisée et elle correspond à la dernière utilisation du fourneau.

Fig. 20 Plan général de l'amas de scories V-102 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D).

Fig. 21 Plan général de l'amas de scories V-124 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D). L'espace de travail circulaire autour du fourneau apparaît clairement.

Les deux mesures donnent des intervalles pratiquement identiques entre 1450 et 1650 Cal AD. Dans ce cas également, la précision des mesures ^{14}C n'est pas suffisante pour séparer les dates initiale et finale de l'activité. La durée de fonctionnement est sans doute de l'ordre de quelques décennies.

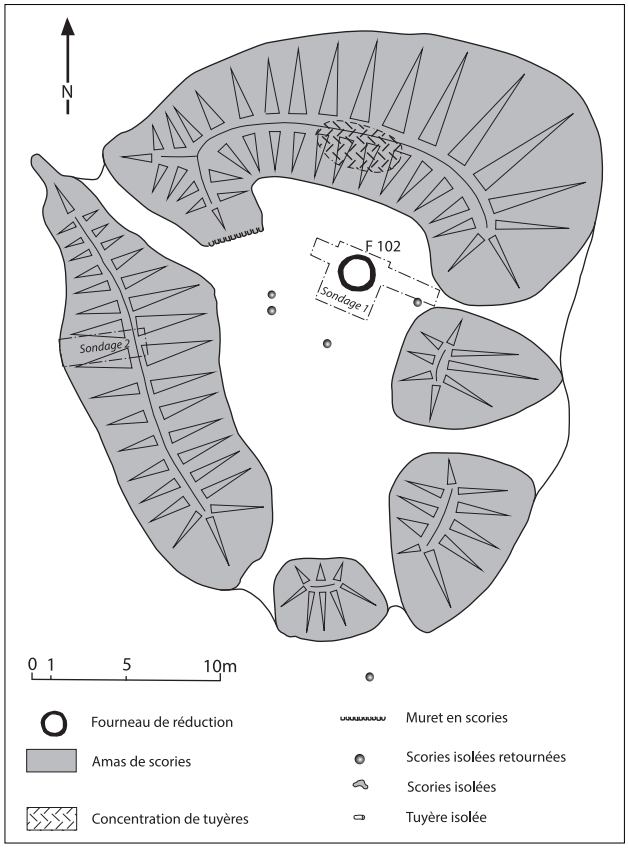
Les amas de scorie associés au fourneau K-201 totalisent environ 50 tonnes (40 m³). La masse de scories produite au cours d'une opération est de l'ordre de 100 kg. On peut donc estimer un volume d'activité de l'ordre de 500 opérations. En admettant une activité assez intense et une centaine de réductions par an, on peut estimer la durée de l'activité à environ 5 ans. Si le rythme de la production est moins soutenu, la durée de l'activité serait de l'ordre d'une ou deux décennies. Ces chiffres sont cohérents par rapport aux datations radiométriques.

Six fourneaux sont associés à des buttes de scories relativement importantes, comme c'est le cas de K-201[29]. Les autres fourneaux n'ont produit que quelques dizaines de blocs chacun. Ensemble, tous les vestiges de la tradition KAN 2D à Doumbala ne représentent pas plus de 400 m³ de déchets (500 tonnes). Rapportée à une durée de 100 ou 200 ans, cette quantité reste assez limitée. Elle permet de couvrir les besoins d'une population locale et de dégager un petit surplus.

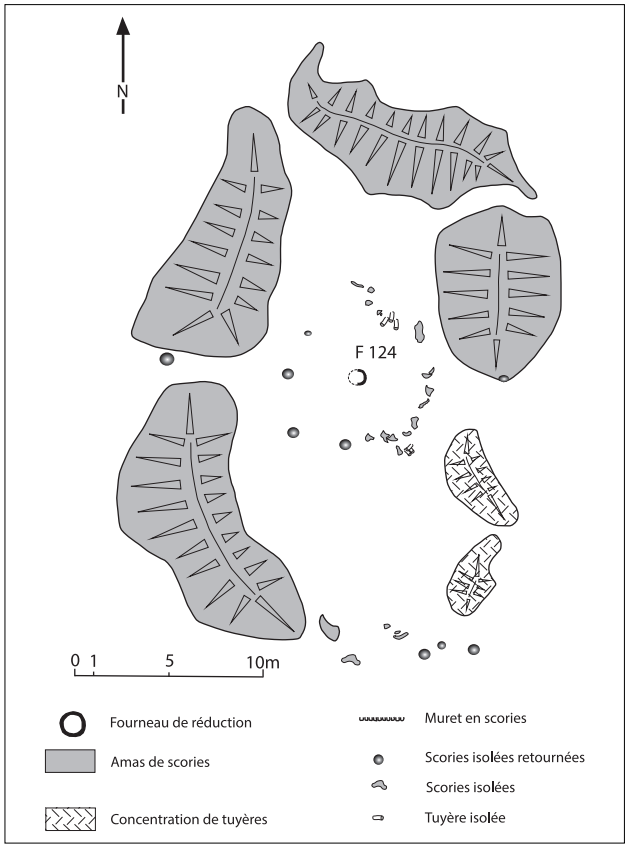
5. La tradition KAN 3 de Doumbala: grand fourneau à scories piégées (18–19e sc AD)

Les vestiges se rapportant à la tradition KAN 3D ont été étudiés à proximité du village de Doumbala (Fig. 3). La zone compte une cinquantaine d'ateliers comportant chacun un fourneau central et des amas de scories disposés tout autour, pouvant former un anneau pratiquement continu lorsque la masse de déchets est suffisamment importante (Fig. 20 et 21). Les vestiges de la tradition KAN 3D montrent une grande homogénéité.

[29] Amas 201, 202, 203, 204, 205 et 103: environ 40 m³/50 tonnes par amas.



20



21

22

23

Fig. 22 Vue générale du secteur V-102 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D). Le fourneau, en très bon état, se dresse au milieu de l'espace de travail. Au premier plan, deux gros blocs de scories sont disposés au Sud du fourneau. A gauche, plusieurs blocs sont disposés de manière à former un muret de soutènement à l'entrée du passage du Nord Ouest. A l'arrière plan, les fragments de scorie forment un amas de 2 mètres de haut environ.

Fig. 23 Vue générale du secteur V-123 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D). Le fourneau en ruine occupe le centre d'un cercle de 8 m de diamètre délimité par des gros blocs de scorie régulièrement espacés. Les amas de scories se trouvent en périphérie, masqués par la végétation.

Fig. 24 Fourneau Senufo avec son abri, Koni, Côte d'Ivoire. Photo H.-E. Eckert, 1974.

5.1 Les caractéristiques techniques de la tradition KAN 3 à Doumbala

L'espace de travail s'organise autour d'un fourneau unique qui est une construction imposante avec un diamètre externe à la base de l'ordre de 2 m et une hauteur qui dépasse les 2 m au-dessus du sol de circulation (Fig. 22). Le fourneau occupe le centre d'une grande dépression peu profonde, de plan circulaire. Le bord de cette dépression est marqué par des grosses pièces de scories espacées régulièrement et, dans certains cas, sur le côté Est, par un véritable muret en scories (Fig. 23 et 32). Cet aménagement joue clairement un rôle de délimitation de l'espace de travail centré sur le fourneau. Cette délimitation a pu être purement symbolique, servant simplement à marquer l'espace, mais les observations de terrain font plutôt penser à un système fonctionnel soutenant une toiture. Des exemples ethnographiques peuvent servir de comparaison (Fig. 24)[30].

24

A l'extérieur de ce cercle de scories, une bande de 2 ou 3 m de large est laissée libre pour la circulation et les accumulations de déchets ne commencent qu'au-delà. Les scories sont rejetées en tas, pouvant atteindre 2 m de haut. Lorsque le volume de déchets est important, les rejets forment un anneau presque continu tout autour du fourneau. Les artisans laissent généralement plusieurs passages dans l'anneau de scories. De manière répétée, pour les amas importants, on constate que le passage qui s'ouvre au Nord-Ouest est soigneusement aménagé. Il est large d'environ 1 m et court entre des parois constituées de blocs de scories de grande taille et soigneusement disposées. Souvent, c'est à cet endroit que l'anneau de scories est le plus large et le plus élevé, ce qui donne un caractère plus monumental à ce passage. Au contraire, dans le secteur opposé de l'anneau, c'est-à-dire au Sud-Est, l'accumulation de scories est nettement moins élevée et l'anneau n'est pas continu. Souvent, on note dans cette partie une plus forte proportion de tuyères dans les déblais.

Le fourneau du secteur V-102, qui est particulièrement bien conservé, a été étudié en détail (Fig. 28 et 29). Des observations complémentaires ont été faites sur les trois autres fourneaux très bien conservés qui n'ont pas été fouillés (V-101, V-212 et V-214, Fig. 25 et 26).

30 Dans une région pluvieuse comme le Nord de la Côte d'Ivoire, un tel dispositif ne serait pas inutile pour se protéger des intempéries. Dans la région de Korhogo, le fourneau utilisé par les Sénoufo au 20e siècle comporte un abri sur poteaux qui sert également de plateforme de chargement (Arnoldussen et Tenena 2007, Célis et Coulibaly 2001). En Centrafrique, les Gbaya construisaient leurs fourneaux sous des huttes (Monino 1983). A Dédougou, au Burkina Faso, le fourneau est dans une grande fosse profonde de plus de 2 m qui est recouverte par une toiture (Forbes 1933, Coulibaly 2006).

Fig. 25 Vue du fourneau V-101 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D).

Fig. 26 Vue du fourneau V-214 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D).

Fig. 27 Coupe stratigraphique dans le remplissage de la fosse à la base du fourneau V-102 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D). Le creusement au centre de la fosse mesure 50 cm de diamètre.

25

26

Le fourneau de la tradition technique KAN 3D est une construction très imposante. Il est construit au-dessus d'une fosse à peu près cylindrique dont le diamètre moyen est d'environ 150 cm et la profondeur de 80 cm par rapport au sol de circulation externe. La paroi est pratiquement verticale et le fond est horizontal. Dans le fourneau V-102, il y a une dépression hémisphérique de 50 cm de diamètre et 15 cm de profondeur au centre du fond de la fosse (Fig. 29)[31].

Sur le niveau de circulation externe, on construit six piliers qui séparent six ouvertures. Celle qui s'ouvre en direction de l'Ouest est beaucoup plus large que les autres: c'est la porte. Sa largeur maximale est de 150 cm et sa hauteur peut être estimée entre 80 et 90 cm. Les deux embrasures qui jouxtent la porte de part et d'autre sont plus grandes que les trois autres. Le sommet des 5 embrasures et de la porte se trouvent à peu près dans le même plan horizontal. Au contraire, la base des trois petites embrasures est située à une dizaine de centimètres au-dessus de celle des deux grandes embrasures et celle de la porte est encore plus basse que ces dernières. Au niveau de la porte, le raccord entre le sol de circulation et la fosse se fait par une surface inclinée.

A la base des embrasures, le diamètre interne de la cuve est d'environ 150 cm. Au-dessus, les parois s'élèvent selon une courbe dont la concavité est tournée vers l'intérieur. A la hauteur du sommet des embrasures, le diamètre n'est plus que de 1 m et la courbure de la paroi s'inverse. La paroi forme ensuite une cheminée resserrée. Au sommet du fourneau, le diamètre interne n'est plus que de 15 cm.

A la base, dans la fosse, c'est le substrat naturel qui forme la paroi. Les piliers qui reposent sur le sol sont construits en mottes d'argile. Cette partie basse de la paroi est construite en deux étapes, comme le montrent les limites de séchage bien visibles. A 20 cm au-dessus du sommet des embrasures, le mode de construction change: des tronçons de tuyère de récupération sont disposés horizontalement par couches successives, liés avec de l'argile. Il y a sans doute une dizaine de couches de tuyères. Les 20 derniers centimètres de la cheminée sont montés uniquement en argile.

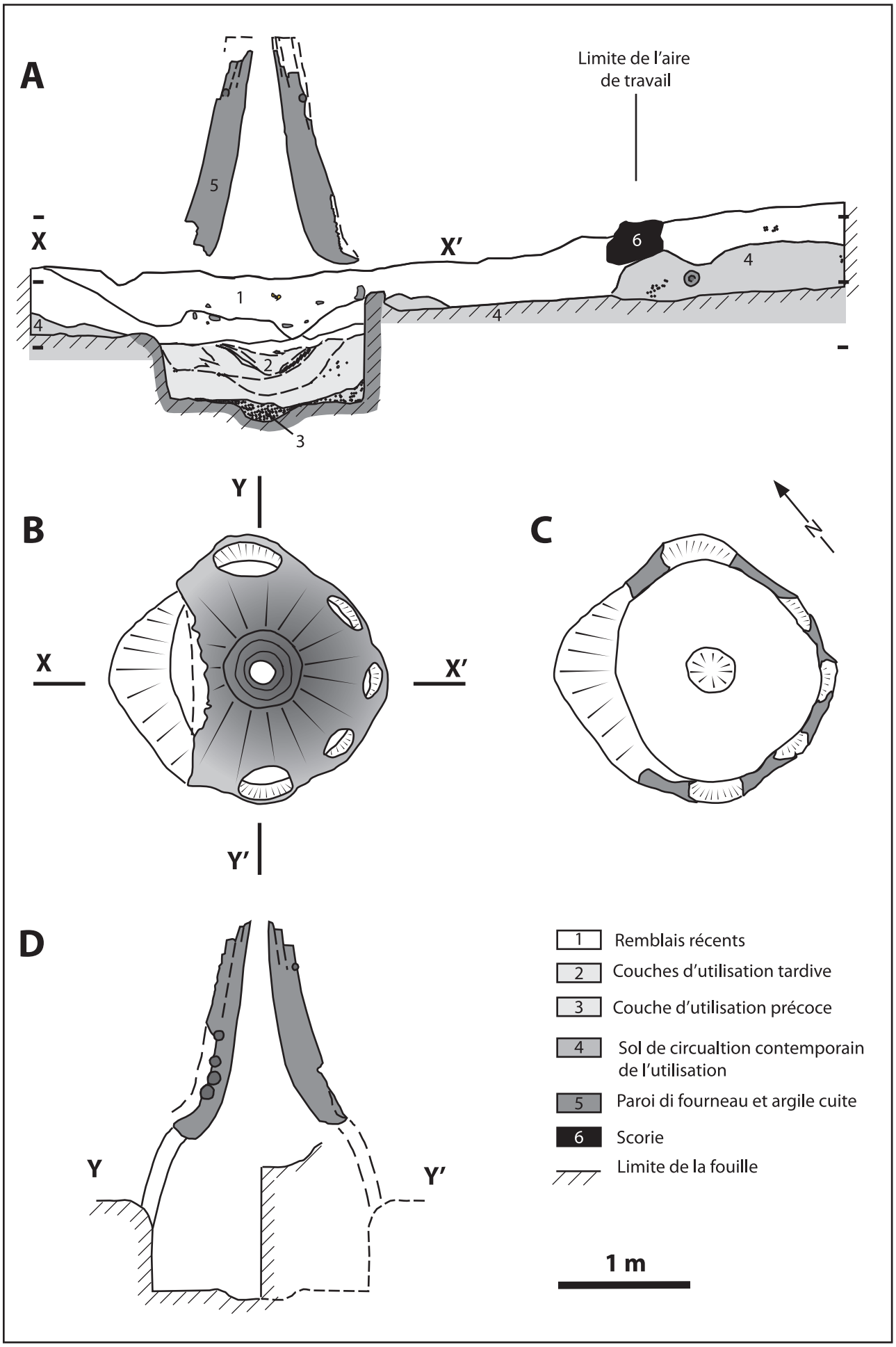
La partie supérieure du fourneau a certainement été recouverte dès l'origine par une épaisse couche de revêtement externe. Le matériau utilisé est beaucoup moins compact que celui de la paroi et contient de nombreux nodules et gravillons centimétriques. L'épaisseur de ce revêtement est de l'ordre de 10 cm[32]. On applique aussi un revêtement interne dans la cuve. Des traces de réparation sont visibles sur plusieurs fourneaux[33].

27

31 On observe que certaines scories de l'amas V-102 présentent une bosse correspondant au creux observé dans le fond de la fosse. Cette observation locale ne peut cependant pas être généralisée pour l'ensemble de la tradition KAN 3D.

32 Plusieurs fourneaux permettent d'observer le revêtement externe sur la partie supérieure de la cheminée. Par contre, c'est seulement pour le fourneau V-110 que cette couche a été mise en évidence plus bas, à la hauteur des embrasures.

33 A l'intérieur du fourneau V-102, on observe distinctement deux couches successives de 3 à 5 cm d'épaisseur.


A
Limite de l'aire
de travail
X
X'
1
2
3
4
5
6
B
Y
Y'
X
X'
C
N
D
Y
Y'
1 Remblais récents
2 Couches d'utilisation tardive
3 Couche d'utilisation précoce
4 Sol de circualtion contemporain de l'utilisation
5 Paroi di fourneau et argile cuite
6 Scorie
Limite de la fouille
1 m

28

29A

29B

29C

Fig. 28 Plan et coupes du fourneau V-102 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D).

A. Coupe stratigraphique Ouest-Est.

B. Plan de la cheminée.

C. Plan de la fosse.

D. Coupe Nord-Sud.

Fig. 29 Vues du fourneau V-102 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D).

A. Vue de face avec la porte (côté Ouest)

B. Vue latérale avec les embrasures de taille différente (côté Nord)

C. Vue arrière avec les 3 petites embrasures (côté Est)

Fig. 30 Vue du fourneau V-110 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D) avec la scorie de la dernière opération de réduction encore en place.

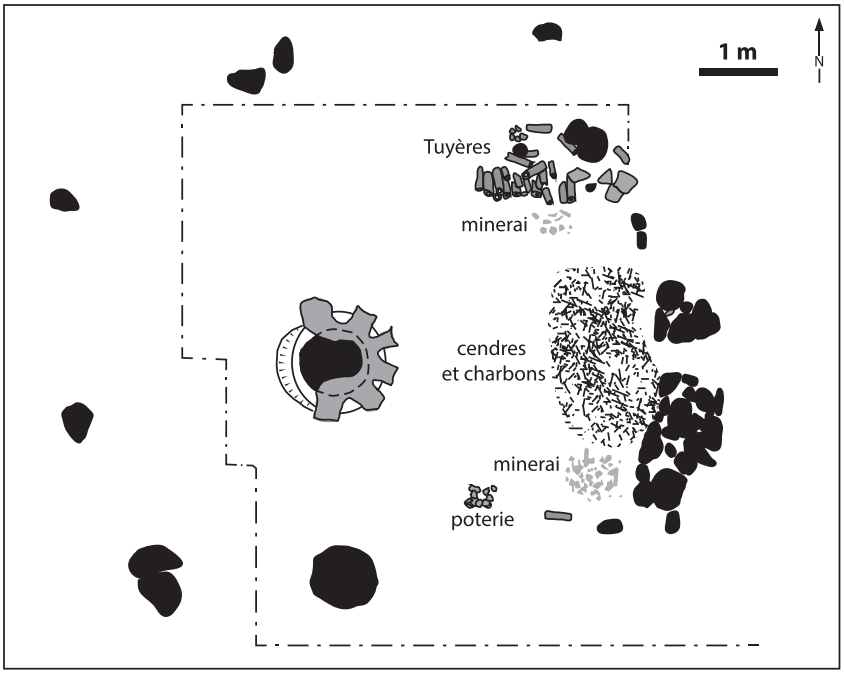
Dans le fourneau V-102, le comblement de la fosse laisse apparaître une épaisse couche d'utilisation (Fig. 25 et 29). Le fond de la fosse est recouvert d'un niveau de charbon de bois correspondant à une utilisation ancienne. La cuve a ensuite été partiellement comblée avec une couche de remblai. La surface de ce remblai présente un profil en cuvette assez creux. Le niveau d'utilisation plus récent est un sédiment fin et cendreux finement laminé correspondant probablement à la lente accumulation de débris sur le fond régulièrement réaménagé. Ce niveau atteint une épaisseur d'une trentaine de centimètres. Les couches qui se déposent ensuite sont des remblais postérieurs à l'arrêt de l'activité.

Dans le fourneau V-110, la fouille a mis en évidence la présence d'une énorme scorie laissée en place après la dernière opération (Fig. 30). La surface supérieure se trouve à une dizaine de centimètres en dessous du sol de circulation externe. Cette observation laisse penser que les tuyères sont pratiquement horizontales[34].

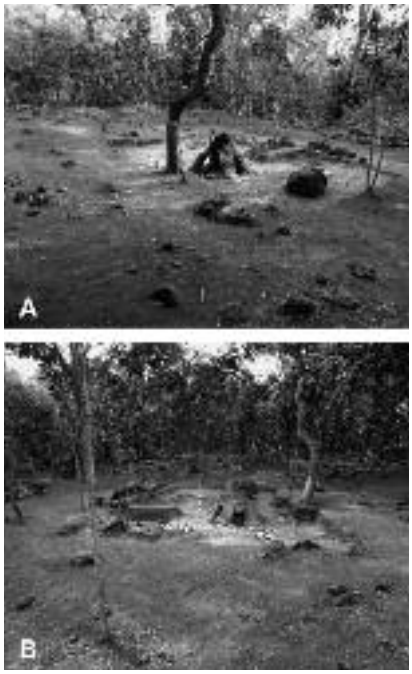
Les dimensions externes du fourneau KAN 3D sont très importantes, mais le volume interne ne l'est pas tellement. Pour le fourneau V-102, les mesures sont précises. La partie inférieure du fourneau, en dessous des embrasures, représente 1,4 m³ à l'origine, mais dans les derniers stades d'utilisation après le remblayage partiel de la fosse,

30

[34] Quelques blocs de scories internes du secteur de Doumbala-Village (tradition KAN 3D) montrent l'empreinte d'une ou plusieurs tuyères sur la surface supérieure qui indiquent aussi une position plus ou moins horizontale.



31



32A + B

Fig. 31 Plan de l'espace de travail autour du fourneau V-110 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D).

Fig. 32 Vues générales de l'amas de scorie V-110 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D).

A. Vue depuis le Sud-Est. Au premier plan, à droite du fourneau, se trouve la grosse scorie au Sud du fourneau. Derrière, le muret en scories ferme l'espace de travail à l'Est.

B. Vue depuis le Nord. Au premier plan à gauche du fourneau, se trouve l'empilement de tuyères. Derrière, le muret en scories ferme l'espace de travail à l'Est.

c'est à peine la moitié de ce volume qui est en fonction. Enfin, il faut rappeler que la fosse est une partie inactive au cours de l'opération puisqu'elle est en dessous des tuyères et donc de la zone où se produit la réduction du minerai de fer. Elle sert seulement pour l'accumulation de la scorie. La partie médiane du fourneau à hauteur des embrasures réprésente un volume de 0,7 m³. Au-dessus, le diamètre de la cheminée se réduit très rapidement et le volume est très faible (0.25 m³). Le volume était significativement plus important avant la pose des rechapages internes. Le volume total est de presque 2,5 m³, mais la partie utile représente moins de 1 m³. La haute cheminée verticale et étroite favorise certainement le tirage.

Autour du fourneau V-110, la fouille a été menée de manière extensive pour comprendre **l'organisation spatiale de l'atelier** (Fig. 31 et 32)[35]. Le fourneau occupe une position à peu près centrale dans une faible dépression ovale de 7 à 8 m de diamètre. La limite est marquée par un creusement du substrat naturel, d'une profondeur d'environ 30 cm, et par des blocs de scories placés intentionnellement.

A 2 m au Sud du fourneau V-110, un énorme bloc de scories entier est posé à l'envers sur le sol. Cette pièce s'intègre dans l'ensemble de blocs qui délimitent la dépression, mais, par sa masse considérable, cette pièce impressionne immédiatement et sa présence n'est pas anodine. Autour de V-110, les autres positions, distantes de 2 à 3 m les unes des autres, sont occupées par un ou deux fragments de bloc beaucoup plus petits. Dans plusieurs autres ateliers de la zone étudiée, on observe que c'est toujours au Sud du fourneau que se trouve le plus gros bloc de scories.

La limite Est de l'atelier V-110 est marquée par un véritable muret courbe construit avec des fragments de blocs de scories empilés. Le muret est interrompu par un passage clairement dessiné de 50 cm de large. Ce passage se trouve dans le prolongement de l'axe du fourneau. Au Nord-Est, le muret en scories se prolonge par un empilement de tronçons de tuyère posés horizontalement.

Le long du muret de scories, à l'intérieur de la dépression, on observe une couche de nature cendreuse et contenant de nombreux charbons. Elle a une épaisseur de quelques centimètres et couvre une surface ovale de 4 m². Cette couche pourrait être la trace d'un tas de charbon correspondant à un stock de combustible. Au Sud et au Nord de cette couche, on a découvert deux accumulations de fragments décimétriques de latérite couvrant chacune environ 1 m² (Fig. 33). Il s'agit certainement de stocks de minerai qui n'ont pas été utilisés. Les morceaux de minerai ne montrent aucune trace

[35] Les observations qui ont été faites pour V-110 peuvent être généralisées, car des observations similaires mais moins complètes ont été effectuées en de multiples points du site. La présence d'une grande termitière près du four V-102 a empêché de procéder à une fouille extensive.

Fig. 33 Poterie écrasée sur le sol et tas de minerai dans l'espace de travail au Sud-Est du fourneau V-110 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D).

Fig. 34 Blocs et fragments de blocs de scorie interne caractéristiques de la technique KAN 3D. Epandage à proximité du fourneau V-110 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D).

33

de traitement préliminaire à part un concassage grossier. Enfin, à quelques dizaines de centimètres du tas de minerai Sud, une quarantaine de tessons appartenant à une même poterie ont été découverts écrasés sur le sol (Fig. 33). Le profil complet du récipient peut être reconstitué, mais les tessons conservés ne correspondent qu'à environ 60 % de la pièce originale. Il s'agit d'une poterie à peu près sphérique d'une vingtaine de centimètres de haut, avec une lèvre évasée et un cordon sur le haut de la panse.

Dans les autres ateliers du site de Doumbala-Village, les observations faites après un simple débroussaillage confirment que les éléments d'organisation spatiale mis en évidence dans le secteur V-110 se retrouvent dans toute la zone. Le fourneau est toujours plus ou moins au centre. L'entourage constitué de blocs de scories espacés régulièrement est visible. La scorie disposée au Sud est souvent un bloc plus gros et complet, en position renversée. La limite Est est souvent matérialisée par un muret. Des empilements de tuyères sont visibles. Enfin, un gros tesson provenant d'une poterie similaire a été découverte lors de la fouille du fourneau V-102.

De plus, ces éléments d'organisation spatiale sont comparables, sans être identiques, à ceux qui ont été relevés pour les ateliers de la tradition KAN 3 fouillés à Siola lors de la campagne de 2013 (Serneels, et al 2013, p. 133). A Siola, les amas de scories ont une disposition générale et une ampleur comparables. Le fourneau occupe une position centrale. Une grosse scorie posée au Sud occupe manifestement une position privilégiée. Des alignements de tuyères ont été identifiés en position comparable. Des soubassements constitués de trois murets orthogonaux se trouvent à l'Est du fourneau. Les scories de la tradition Siola KAN 3 sont similaires à celles de Doumbala KAN 3D. Par contre, les fourneaux sont construits de manière significativement différente.

En première approche, **l'assemblage de déchets métallurgiques** associé à la tradition KAN 3D est surtout représenté par les gros blocs de scories internes tels que celui qui a été trouvé en place dans le fourneau V-110. On observe quelques pièces entières en parcourant le site, mais elles sont quasiment toujours fracturées (Fig. 34). Il

34

35

Fig. 35 Petits fragments de scories et débris de minerai incomplètement réduit provenant de la partie inférieure du remplissage de la cuve du fourneau V-102 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D).

n'a pas été possible de peser directement les blocs complets, mais les dimensions dépassent souvent 80 cm de diamètre, ce qui permet de calculer une masse de l'ordre de 400 ou 500 kg environ[36].

Une large tranchée a été creusée dans la butte Ouest de l'amas V-102, dans une partie où l'épaisseur n'était pas trop importante. Le cubage donne une masse d'environ 700 kg de déchets par m³, avec peu de tuyères (5 %), des fragments de blocs de scories internes (50 %) et des petits morceaux de scories (45 %). De pièces anguleuses et magnétiques correspondant à des fragments de minerai incomplètement réduits ont été retrouvées en petite quantité (moins de 0.1 %). Un seul cubage a été mené à bien, il est donc difficile d'affirmer que les résultats sont vraiment représentatifs.

Parmi les débris de petite taille, certains proviennent probablement de la fracturation de gros blocs, mais une bonne partie d'entre eux montrent des formes de billes, de nodules ou de petites coulures qui indiquent qu'elles se forment dans la masse de charbon et ne sont pas agglomérées à la masse principale. En outre, des pièces présentant ce genre de forme ont été retrouvées lors de la fouille du comblement de la fosse du fourneau V-102 (Fig. 35).

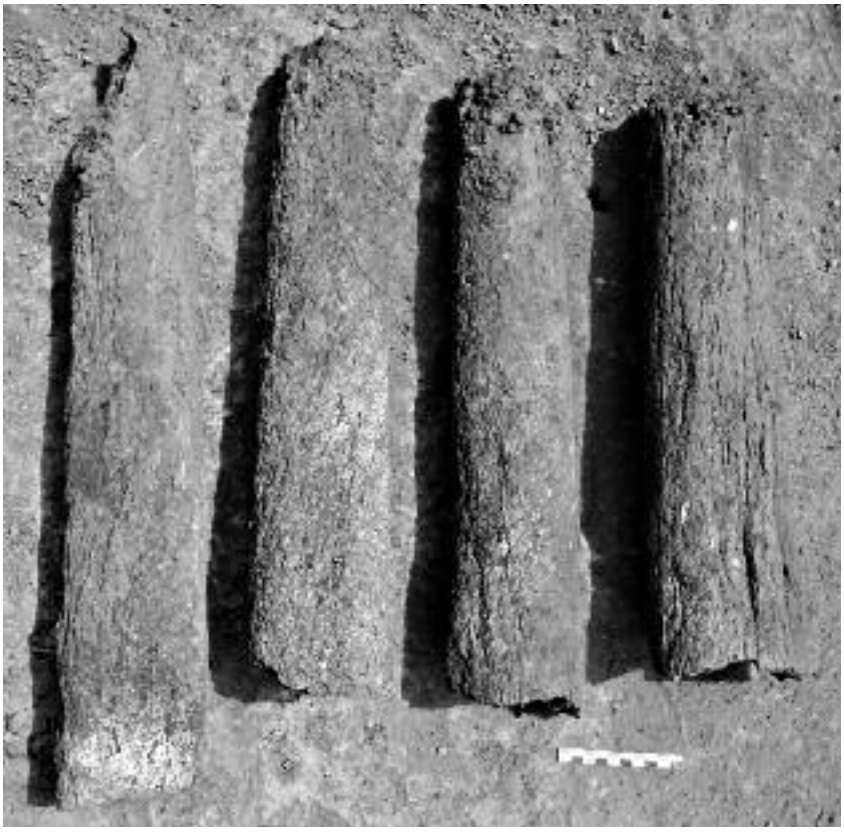
Les tuyères sont des pièces cylindriques massives (Fig. 36). Le diamètre externe est de l'ordre de 10 cm et celui du conduit interne est de 4 cm. Plusieurs fragments atteignent 50 ou 60 cm de long. L'extrémité en contact avec le feu montre des traces de fusion.

5.2 Mode opératoire de la tradition technique KAN 3 à Doumbala

Les fourneaux de la tradition technique KAN 3D sont destinés à être utilisés un grand nombre de fois et sont réparés autant que nécessaire au cours de leur fonctionnement. Les observations permettent de reconstituer autour du fourneau une construction abritant l'espace de travail, sans doute une toiture posée sur des poteaux porteurs.

36 La grande scorie au Sud du fourneau V-110 mesure 90 cm de diamètre et possède une forme hémisphérique. Son volume est de 0,2 m³. En prenant une densité de 3, on calcule une masse de 600 kg. Cette pièce est plutôt grande.

Fig. 36 Tuyères de l'amas autour du fourneau V-102 (zone de Doumbala-Village, tradition technique KAN 3D).



36

Ce sont des fourneaux à tirage naturel avec de multiples tuyères qui sont disposés horizontalement dans les embrasures et sans doute dans la porte. Il n'y a pas d'argument suffisant pour fixer le nombre des tuyères, mais le fourneau est construit pour en recevoir au moins sept. Les trois embrasures étroites ne semblent recevoir qu'une seule tuyère à la fois[37]. Les deux grandes embrasures peuvent accommoder facilement deux tuyères, peut-être trois. La porte, très large, pourrait en accueillir beaucoup. Comme la scorie n'est pas écoulée vers l'extérieur, on peut penser que les ouvertures sont bouchées pendant l'opération. Plusieurs fragments de tuyère sont partiellement remplis par de la scorie qui s'est refroidie en position horizontale. La cheminée, haute et étroite au sommet a certainement favorisé un tirage puissant. L'impact thermique sur les parois reste cependant limité, sans trace de fusion visible. Seules les extrémités des tuyères montrent une fusion substantielle.

La position de la scorie interne, qui repose sur le fond du fourneau ou sur un remblai aménagé à l'intérieur et n'est pas en contact avec les parois, indique que la zone chaude est bien centrée au milieu de la cuve.

Il n'y a pas d'observation concluante pour reconstituer la méthode de chargement. Le fourneau ne présente pas de dispositif construit permettant d'accéder à l'ouverture de la cheminée qui se trouve à plus de deux mètres au-dessus du sol de circulation. On peut imaginer un aménagement en bois ou une échelle, mais il est plus probable que la toiture de la construction qui entoure le fourneau a probablement servi de plateforme de chargement. La masse des blocs de scories, de l'ordre de 400 ou 500 kg, est une indication des quantités mises en jeu lors d'une opération. Il faut au moins 600 kg de minerai (0,3 m^3) et autant de charbon (3 m^3).

Au cours de l'opération, la scorie fond et se sépare de la pièce métallique qui reste à l'état solide. Le métal est probablement extrait à chaud par la porte à la fin de l'opération. Par contre, la scorie est extraite après le refroidissement. Elle est sans doute extraite d'une seule pièce puis roulée ou brisée en fragments plus faciles à manipuler.

L'espace qui entoure immédiatement le fourneau est clairement séparé de l'extérieur et les zones de rejets sont installées en retrait. Cet espace de travail est proba-

37 Il serait possible de placer deux tuyères superposées dans ces embrasures, mais on n'a pas observé de pièce archéologique permettant de confirmer cette disposition.

blement couvert et sert aux activités artisanales. On a pu mettre en évidence des stockages pour le minerai et pour le charbon. Le rôle de la poterie trouvée en place est peut-être simplement de conserver de l'eau pour étancher la soif des travailleurs ou bien des aliments pour leurs repas. Elle a aussi pu avoir une fonction rituelle, pour les sacrifices, par exemple. De la même manière, la grosse scorie qui est placée de manière récurrente au Sud du fourneau doit avoir une fonction particulière, mais qui nous échappe encore.

L'anneau de scories qui entoure le fourneau V-102 est un des plus importants du site de Doumbala-Village. Le tonnage est de l'ordre de 350 tonnes de scories (500 m^3). En tenant compte d'une masse de 400 kg de scories par opération, on calcule un nombre de 875 réductions. A raison de 100 opérations par an (soit une opération tous les 3 à 4 jours), il faudrait moins de 10 ans pour constituer cet amas.

5.3 Datation et relations stratigraphiques des vestiges de la tradition technique KAN 3 à Doumbala

Les vestiges KAN 3D sont extrêmement proches du village et dans un état de conservation remarquable. De plus, la tradition orale de Doumbala témoigne d'une activité métallurgique récente (fin 19e – début 20e AD)[38].

Un prélèvement provenant de la couche de paille carbonisée associée à la grande scorie trouvée en place à l'intérieur du fourneau V-110 a donné une datation ^{14}C particulièrment intéressante (DMBL 9, Fig. 5). Le seul intervalle avec une forte probabilité se situe entre 1890 et 1905 Cal AD. Cette date est parfaitement conforme à ce que l'on peut déduire de la tradition orale.

Lors de l'étude du secteur V-102, une tranchée a été pratiquée dans la partie Ouest de l'amas de scories (Fig. 20). Une datation a été faite sur un prélèvement de charbon provenant de la base de la couche de scories[39]; elle indique une fourchette beaucoup plus large, postérieure à 1650 cal AD (DMBL 8, Fig. 5). Malheureusement, la précision n'est pas suffisante pour fixer de manière précise le début de l'activité.

Ces éléments fournissent des arguments convergents pour établir que la tradition.

Le tonnage total des déchets métallurgiques de Doumbala-Village peut être estimé entre 5000 et 10'000 tonnes[40], produit par une cinquantaine de fourneaux. Ces vestiges pourraient représenter quelques décennies de production intense de fer au 19e siècle.

5.4 Réflexion sur la tradition KAN 3 et ses variantes de Siola et Doumbala

En arrivant sur le site de Doumbala-Village, à la vue des fourneaux très bien conservés, ces vestiges paraissaient clairement différents de ceux de Siola. Après avoir étudié ces vestiges sur le terrain et fait des comparaisons poussées, il apparaît que ces vestiges ont en fait beaucoup plus de points communs que de différences.

Les fourneaux KAN 3 de Siola sont eux aussi très bien conservés. La partie inférieure de la construction possède vraiment une forme de cloche qui est surmontée par une étroite cheminée conique. Elle est très différente de la forme élancée des fourneaux KAN 3 de Doumbala. Cette différence est frappante, mais en fait, elle masque des ressemblances beaucoup plus nombreuses.

Les fourneaux ont exactement les mêmes dimensions (1,5 m de diamètre, 2 m au-dessus du sol, 1 m en dessous du sol). Ils ont le même nombre d'ouvertures et celles-ci possèdent les mêmes dimensions et sont disposées de la même manière. Les tuyères et les déchets sont identiques.

L'organisation spatiale est très similaire. Le fourneau est au centre d'un espace de travail autour duquel les rejets sont organisés en anneau avec des passages. Les éléments d'organisation de l'espace de travail sont les mêmes: muret de scories à l'Est et empilements de tuyères. Le plus frappant est certainement la présence récurrente d'une très grosse scorie entière placée en position renversée au Sud du fourneau. Cet

38 Un témoin oculaire, décédé en 2013 à un âge très avancé, a été interrogé par D. Ballo, recherche en cours.

39 Charbon prélevé à une profondeur -105 cm, dans la couche de scories, un peu au-dessus du substrat naturel.

40 Pour les sites de Doumbala, les calculs de tonnage précis n'ont pas encore été faits.

élément joue sans doute un rôle fontionnel et contribue à soutenir une toiture, mais il doit aussi avoir un rôle symbolique dans l'organisation de l'espace de travail. Enfin, les deux groupes de vestiges sont strictement contemporains et rappelons que seulement 5 km les séparent à vol d'oiseau.

Il était donc tentant au départ de définir une nouvelle tradition technique pour les fourneaux de Doumbala. A l'analyse et en prenant en compte tous les critères et pas seulement l'allure du fourneau, il est beaucoup plus pertinent de définir deux variantes à l'intérieur d'une seule tradition.

6. Le sondage de Siola 4000: quelques éléments supplémentaires pour la définition de la tradition technique KAN 4

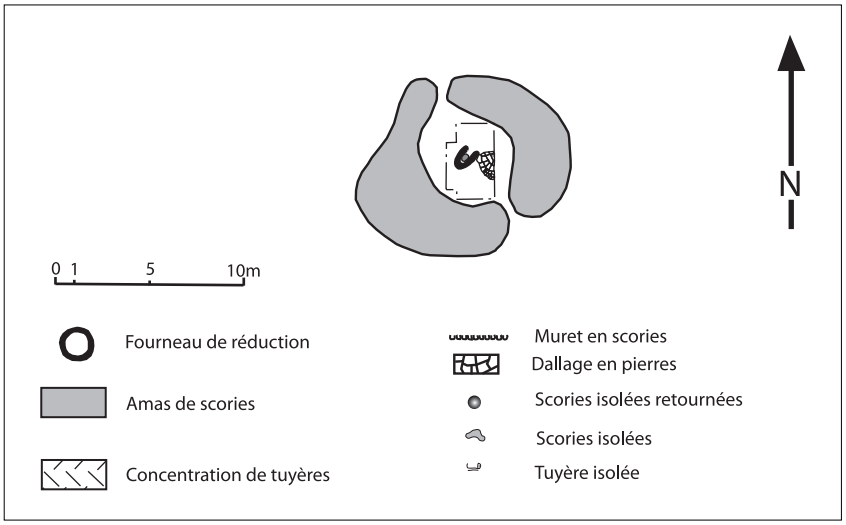
La zone Siola 4000 se trouve à environ 3 km au Sud-Est du village de Siola, sur la piste qui relie ce village à celui de Soukouraba. Au cours de la campagne 2013, cette localité a fait l'objet d'une prospection rapide et d'un sondage ponctuel. Cette zone est difficile d'accès et insalubre.

Les vestiges de cette zone présentent des différences significatives avec les autres traditions techniques de Siola et de Doumbala (Serneels et al 2013, p. 122–124). Les amas de scories ont une forme annulaire avec généralement un seul passage. Le diamètre est faible, plutôt 15 à 20 mètres en général. La hauteur des buttes varie de 0,5 à 1,5 m. Aucun vestige de fourneau n'est visible en surface. Les scories sont des blocs internes de taille moyenne, avec un diamètre de 50 cm pour une masse évaluée à 100 kg environ. Un élément tout à fait particulier est la présence de tuyère munie de 3 trous perpendiculaires au conduit principal. Une datation a été obtenue en 2013, donnant la fourchette 1450–1640 Cal AD.

En 2014, une équipe courageuse a repris les travaux dans cette zone. La forêt a été parcourue et, en plus des nombreux vestiges métallurgiques, des limites de parcelles matérialisées au sol par des alignements de blocs et des traces d'habitat ont été repérées.

Un sondage de 2 m sur 4 m a été ouvert dans la dépression centrale de l'amas 419[41] (Fig. 37 et 38). L'amas est constitué de blocs de scories internes et livre les tuyères caractéristiques. Aucun vestige de fourneau en place n'est visible en surface. C'est seulement à 50 cm de profondeur que des éléments appartenant à un fourneau sont apparus et ont pu être partiellement dégagés. Malheureusement, faute de temps et en raison des conditions de travail difficiles, la fouille n'a pas été complète.

La structure a une forme de fer à cheval, ouvert en direction du Nord-Est (Fig. 38). La cuve est ovale avec une largeur de 55 cm et une longueur de plus de 80 cm. La pa-



37

Fig. 37 Plan général de l'amas 419 dans la zone 4000 du village de Siola et emplacement du sondage de la campagne 2015.

[41] Coordonnées UTM: 30P 0672325/1089131

38A

38B

Fig. 38 Sondage du secteur 419 dans la zone 4000 de Siola (tradition technique KAN 4).

A. Vue générale du sondage.

B. Vue verticale du fourneau. Le dallage est visible en haut à droite.

roi, pratiquement verticale, a été dégagée sur une hauteur de 30 cm environ, sans atteindre le fond. La surface interne est fortement indurée voire scorifiée. Dans l'épaisseur de la paroi, on observe au moins 3 autres surfaces indurées discontinues correspondant à des états antérieurs du fourneau. La surface externe de la paroi n'a pas pu être mise en évidence clairement. Il est possible que la partie conservée ait en fait été une fosse et non une construction en élévation, bien que le sédiment alentour contienne des débris métallurgiques.

Le centre de la cuve est occupé par un gros bloc de scories qui affleure à 30 cm en dessous des éléments de paroi. La fouille s'est arrêtée à ce niveau et le bloc a été laissé en place.

A l'extérieur, côté Est, à une dizaine de centimètres en dessous du niveau d'apparition des éléments de paroi, on a pu dégager sur environ 1 m² une surface à peu près plane constituée de plaquettes de schiste imbriquées les unes dans les autres. Cette structure pourrait correspondre à un dallage installé autour du fourneau. Dans l'état de la recherche, on ne peut malheureusement pas exclure une origine naturelle[42]. Plusieurs tessons de poterie ont été récoltés au cours de la fouille, dans les niveaux contenant des débris métallurgiques.

Un prélèvement de charbon de bois a été effectué (Fig. 5, SIOL20). La datation obtenue est très ancienne: 1030–1210 Cal AD.

Le sondage effectué en 2015 apporte des éléments supplémentaires à la définition de la tradition technique KAN 4 présente à Siola 4000. En particulier, des vestiges appartenant à un fourneau ont été identifiés.

La forme est clairement ovale et les dimensions de la cuve sont relativement faibles, mais du même ordre de grandeur que pour les traditions anciennes KAN 1 et 2. La partie fouillée laisse penser que le fourneau possède un accès au Nord-Est, contrairement à la règle générale de la porte à l'Ouest qui s'applique aux autres traditions à Siola et Doumbala[43]. Cependant, l'interruption de la paroi pourrait aussi résulter de l'arasement de la structure. La paroi conservée est verticale et continue: il n'y a pas d'embrasures destinées aux tuyères. En admettant que les tuyères sont disposées presque verticalement, les embrasures et le sol de circulation devraient se trouver au-dessus du niveau d'arasement. Dans ce cas, quelle serait la fonction du dallage de schiste qui se trouve plus bas? S'agit-il d'un état antérieur?

Malheureusement, l'état de conservation des vestiges et les conditions difficiles de l'intervention ne permettent pas de reconstituer le fourneau et son fonctionnement. De même, la datation obtenue en 2015 est significativement plus ancienne que celle obtenue en 2013. L'écart est tel qu'elles ne peuvent pas être contemporaines. Bien sûr, il n'est pas impossible que la tradition technique KAN 4 ait perduré pendant 4 siècles, alors que d'autres techniques se succédaient sur les sites voisins, mais c'est tout de même une hypothèse peu convaincante.

42 Le site de Siola 4000 occupe un plateau recouvert par une épaisse cuirasse latéritique. Les rebords du plateau ont été reconnus lors des prospections et permettent d'observer la cuirasse. Sur le sommet, on constate la présence de blocs de cuirasse épars en maints endroits. Il serait donc étonnant de rencontrer de la roche en place peu altérée à faible profondeur.

43 Avec quelques exceptions, comme le fourneau K-401.

Fig. 39 Essai de synthèse des données chronologiques et des phases de production dans le district de Kaniasso (sites de Siola 1000, 2000 et 4000 et Doumbala Kokoroni et Village). La liste des datations ^{14}C est donnée à la Fig. 5.

Des recherches complémentaires sont donc absolument nécessaires pour définir de manière plus complète la tradition KAN 4 et permettre de dater plus précisement l'activité.

7. Chronologie et développement de la production du fer dans le district de Kaniasso: état des connaissances

Dans la région de Kaniasso, la présence de vestiges liés à la production de fer avait été mentionnée dans la littérature archéologique ancienne mais ni l'ampleur ni l'ancienneté de ces témoins n'avaient été révélées. Les recherches menées à bien depuis 2012 ont permis de fixer les premiers jalons de l'histoire de la production du fer dans le district de Kaniasso. D'autres recherches sont nécessaires pour compléter cette première ébauche (Fig. 39).

Des vestiges ont été repérés sur le territoire des trois sous-préfectures limitrophes de Minignan, Kaniasso et Goulia. Cependant, les limites du district ne peuvent pas encore être tracées avec précision. Les prospections ont permis d'identifier une trentaine de localités métallurgiques.

Du point de vue des quantités, les sites de Siola 1000 (4000 tonnes) ou Doumbala Village (5 à 10'000 tonnes) sont représentatifs des sites importants. A l'échelle du district, l'évaluation globale est donc de l'ordre de 100'000 à 200'000 tonnes de scories.

A Doumbala comme à Siola, les fourneaux KAN 1 sont relativement nombreux mais n'ont produit que des quantités limitées de scories. A Siola, pour les sites prospectés[44], le total se monte à 310 tonnes, soit 3 % du total. A Doumbala, l'estimation est plus grossière, entre 100 et 300 tonnes, ce qui représenterait une proportion similaire.

Pour estimer la part de la tradition KAN 1 à l'échelle du district, il faut tenir compte du fait que les sites étudiés ont été choisis en raison de la présence de vestiges de la tradition KAN 1. Leur importance est donc probablement un peu surévaluée.

[44] Les prospections ont porté sur 9 zones distinctes à Siola, pour un tonnage total estimé entre 9 et 10'000 tonnes (Serneels et al 2013, Fig. 31).

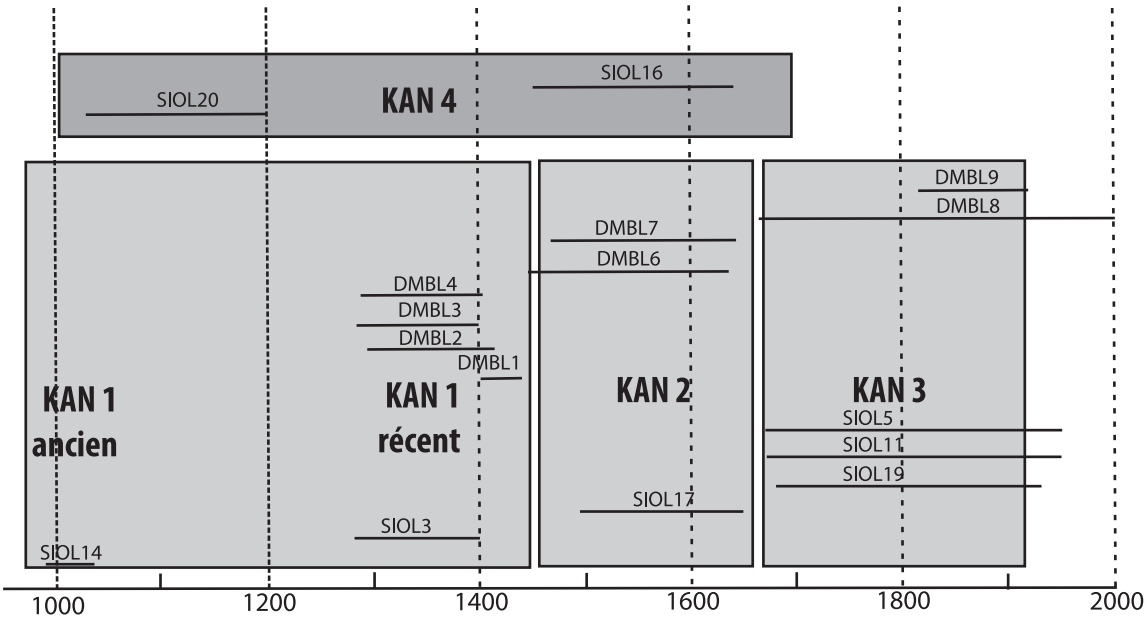


Fig. 39

La datation la plus ancienne, autour de l'an mil (11e s. AD), a été obtenue sur des scories caractéristiques de la tradition KAN 1 sur le site de Siola 1000. Pour cette tradition, on dispose maintenant de cinq autres dates, quatre à Doumbala et une à Siola, qui tombent entre 1300 et 1450 Cal AD[45]. Cette phase récente (14e–15e siècle) se trouve donc clairement confirmée. La phase ancienne (11e siècle), avec une seule date, reste sujette à caution. La durée minimale de l'activité KAN 1 est sans doute de 100 ans; au maximum, elle couvre 500 ans.

A l'échelle du district, c'est-à-dire pour une trentaine de localités, on peut envisager pour la tradition KAN 1, une masse de scories de 3 à 6000 tonnes et une production de fer de 3 à 600 tonnes[46].

Pour la tradition KAN 2, les estimations sont très différentes à Siola et Doumbala, avec 4300 tonnes (environ 45 %) et 500 tonnes (environ 5 %) respectivement. A Doumbala, les fourneaux KAN 2 sont à peu près aussi nombreux que ceux de KAN 1, mais ils sont souvent associés à des amas de scories un peu plus volumineux. On peut donc envisager une augmentation de la production, mais on reste dans le même ordre de grandeur.

A Siola, l'augmentation est beaucoup plus significative. Les vestiges KAN 2 sont dix fois plus abondants que ceux de KAN 1. En fait, compte tenu des critères de choix des sites étudiés, la proportion observée à Siola est sans doute plus représentative de la situation dans l'ensemble du district de Kaniasso.

Pour la tradition KAN 2, on dispose de trois datations, entre 1450 et 1650 AD, une à Siola et deux à Doumbala. Le corpus est cohérent, mais malheureusement, les variations de la courbe de calibration du ^{14}C ne permet pas de préciser la chronologie ni la durée réelle de l'activité. Elle est au minimum de 50 ans et au maximum de 200 ans.

A l'échelle du district, on peut attribuer à la tradition KAN 2 une forte proportion des vestiges. L'ordre de grandeur serait de 50 à 100'000 tonnes de scories correspondant à 5 ou 10'000 tonnes de fer.

Il est intéressant de s'arrêter sur la transition entre les traditions techniques KAN 1 et KAN 2 autour de 1450 AD. Sur le plan technologique, il y a une profonde différence entre les deux techniques (scories coulées/scories internes). Le mode de construction des fourneaux change radicalement. Il y a une rupture sur le plan technique. A Doumbala Kokoroni, comme à Siola 1000, les deux traditions sont présentes sur le même site, mais occupent des espaces différents[47]. Il y a donc plutôt une continuité en termes d'occupation du sol. Les éléments de datation disponibles ne mettent pas en évidence un hiatus d'occupation significatif. Quelles sont les circonstances de cette transition? Quels évènements historiques pourraient en être la cause?

La tradition KAN 3, la plus récente, n'est paradoxalement pas plus facile à cerner. Les témoignages oraux semblent indiquer que la réduction était encore pratiquée à Doumbala au début du 20e siècle alors que l'abandon serait un peu plus ancien à Siola. Les vestiges sont très bien conservés, ce qui laisse penser qu'ils sont jeunes. Les cinq datations radiocarbone confirment un âge postérieur à 1650 AD, ce qui est cohérent avec la chronologie de la tradition KAN 2, antérieure à 1650 AD.

Il est probable qu'il y a eu une période d'activité intense, car les ateliers paraissent être contemporains: les amoncellements de déchets des uns n'envahissent pas l'espace de travail des autres. Cette période a pu être courte, dans la mesure où les amas les plus volumineux, qui atteignent 350 tonnes, ont pu être constitués en quelques décennies seulement.

Dans l'état actuel des connaissances, on peut donc envisager la phase KAN 3 comme une période courte, de l'ordre de 50 ans, avec une activité très intense. Dans ce cas, il faudrait la situer dans la seconde moitié du 19e siècle et il faudrait envisager un arrêt de la production pendant plus de 100 ans entre KAN 2 et KAN 3. Cette hypothèse n'est pas satisfaisante si l'on prend en considération les relations entre les deux traditions. A Siola, les fourneaux récents gardent des traits particuliers que l'on trouve

45 Il faut aussi mentionner que des vestiges présentant de nombreux points communs ont été identifés sur le site de Korsimoro (Burkina Faso), ce sont les vestiges de la tradition technique KRS 3, datés entre 1350 et 1450 AD. Il semble donc y avoir un horizon régional correspondant à un même ensemble technologique.

46 Le calcul de la production de fer sur la base des bilans de masse et des analyses chimiques n'est pas encore fait. On utilise donc ici une estimation très grossière de 1 kg de fer pour 10 kg de scories.

47 Il faut remarquer qu'il existe aussi des sites où une seule technique semble présente, comme celui de Siola 1000, par exemple.

déjà dans les fourneaux plus anciens, comme les piliers renforcés avec des tuyères de réemploi. Les fourneaux deviennent beaucoup plus volumineux mais ils sont construits de la même manière. L'organisation spatiale des ateliers de Siola KAN 3 témoigne d'une réorganisation et d'une rationalisation de l'activité qui contraste avec l'absence d'organisation de KAN 2. A Doumbala, le mode de construction des fourneaux semble évoluer comme le montre l'absence des tuyères pour renforcer les piliers de fourneaux KAN 3. Par contre, on trouve dans l'organisation spatiale des ateliers K-201 à 204 (KAN 2, Fig. 13) des éléments qui préfigurent la disposition des ateliers plus récents.

Il y a donc aussi des arguments pour envisager une durée plus longue de la phase KAN 3, de l'ordre de 200 ans, mais une activité nettement moins intense.

En termes de tonnage de production, à Siola, on compte 2000 t pour une dizaine de fourneaux alors qu'à Doumbala, il y a 50 ateliers pour 5 à 10'000 t de scories. L'évolution n'est donc pas la même dans les deux secteurs étudiés. A Siola, les quantités KAN 2 et KAN 3 sont assez proches. A Doumbala, il y a une augmentation très importante. Les vestiges témoignent d'une intensification de la production mais celle-ci intervient toutefois aussi dans le contexte d'une consommation en croissance.

La tradition technique KAN 4 s'intègre difficilement au schéma présenté ci-dessus. A Siola 4000, tous les vestiges appartiennent exclusivement à la tradition KAN 4 et c'est le seul site où de tels vestiges ont été observés. L'état de conservation est assez mauvais comme en témoigne l'absence de base de fourneau visible au-dessus du sol. Cette observation plaide pour une grande ancienneté des vestiges.

Sur le plan technique, KAN 4 est une technologie basée sur des fourneaux à usages multiples, avec un tirage naturel et sans écoulement externe de la scorie. Elle est donc plus proche de KAN 2 et 3 que de KAN 1. Pour le reste, elle possède des caractères spécifiques qui la distinguent clairement, comme la forme très spéciale des tuyères ou l'orientation Nord-Est de la porte.

Malheureusement, les deux datations radiocarbone sont très éloignées l'une de l'autre. A ce stade, plusieurs explications sont envisageables.

On peut admettre que les dates sont toutes les deux exactes et que la tradition KAN 4 se développe en parallèle à KAN 1 et KAN 2 pendant 3 ou 400 ans. Elle est utilisée par un groupe culturel qui, bien que voisin, ne partage pas les mêmes techniques que les autres populations alentour. Cette hypothèse implique un peuplement complexe où, déjà à une période ancienne, des groupes ethniques divers occupent des portions différentes d'un même territoire tout en gardant leurs propres cultures distinctes, et cela sur une longue durée.

On peut aussi faire l'hypothèse que la date la plus récente est fausse[48]. Dans ce cas, la tradition KAN 4 serait plus ancienne que KAN 2 et que la phase récente de KAN 1 (14e–15e siècles). Par contre, elle serait contemporaine de la phase ancienne de KAN 1 (11e–13e siècles) qui n'est attestée que par une seule datation. Cette hypothèse n'est donc pas non plus très satisfaisante.

8. Les recherches dans la région de Yamané (Burkina Faso).

Entre 2010 et 2014, des prospections et des sondages ont été entrepris sur des sites métallurgiques à Yamané et dans plusieurs villages environnants, sous la direction de Dr E. Thiombiano Ilboudo[49]. La zone d'étude se trouve à 70 km au Nord-Est de Ouagadougou, à la frontière entre la province de l'Oubritenga au Sud et celle du Sanmatenga au Nord, entre la ville de Zitenga et celle de Mané. La zone couvre environ 100 km² et se trouve à 25 km à l'Est de Korsimoro. Des sites métallurgiques ont été localisés près des villages de Yamané et Nimpoui (Sanmatenga) et de Bagtenga, Sidigu et Tankoungou (Oubritenga)[50].

Des vestiges appartenant à plusieurs traditions différentes sont présents. Des grandes bases de fourneau remplies avec une scorie massive contenant des tuyères re-

48 Ce n'est pas la qualité des mesures qui est en cause mais plutôt la difficulté qu'il y a à associer la date radiocarbone (âge de la mort de l'arbre) et un évènement archéologique (p.ex. l'arrêt de l'activité d'un fourneau). Dans le cas de la datation SIOL 16, le charbon a été prélevé à 80 cm de profondeur dans le sondage mis en place à l'intérieur de l'anneau de scories 4003. La couche contient de nombreux déchets métallurgiques mais ceux-ci peuvent provenir de l'érosion des talus de l'amas de scories. Il est possible que des charbons postérieurs à l'activité soient intégrés dans cette couche.

49 Dr. E. Thiombiano Ilboudo a très aimablement mis à disposition l'ensemble de sa documentation pour faciliter la rédaction de ce rapport.

50 Le site de Yamané est bien connu depuis longtemps pour ses vestiges spectaculaire (Kiéthega 2009).

40

Fig. 40 Vue générale d'un épandage de scories appartenant à Bagtenga (région de Yamane/Burkina Faso, tradition technique YNSB).

Fig. 41 Le fourneau en élévation de la station 1 de Yamané (région de Yamane/Burkina Faso, tradition technique YNSB).

Fig. 42 Plan et coupe du fourneau F4 de Bagtenga (région de Yamane/Burkina Faso, tradition technique YNSB).

A. Plan au niveau de la paroi conservée.

B. Plan au niveau des embrasures.

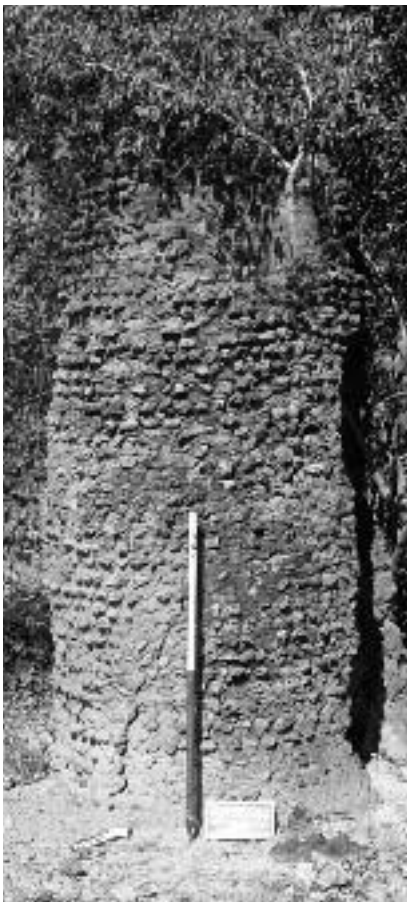
C. Coupe X-X' avec le cylindre en place sur le dôme et la scorie.

D. Vue de la paroi du fourneau avec les blocs de pierre dans les piliers.

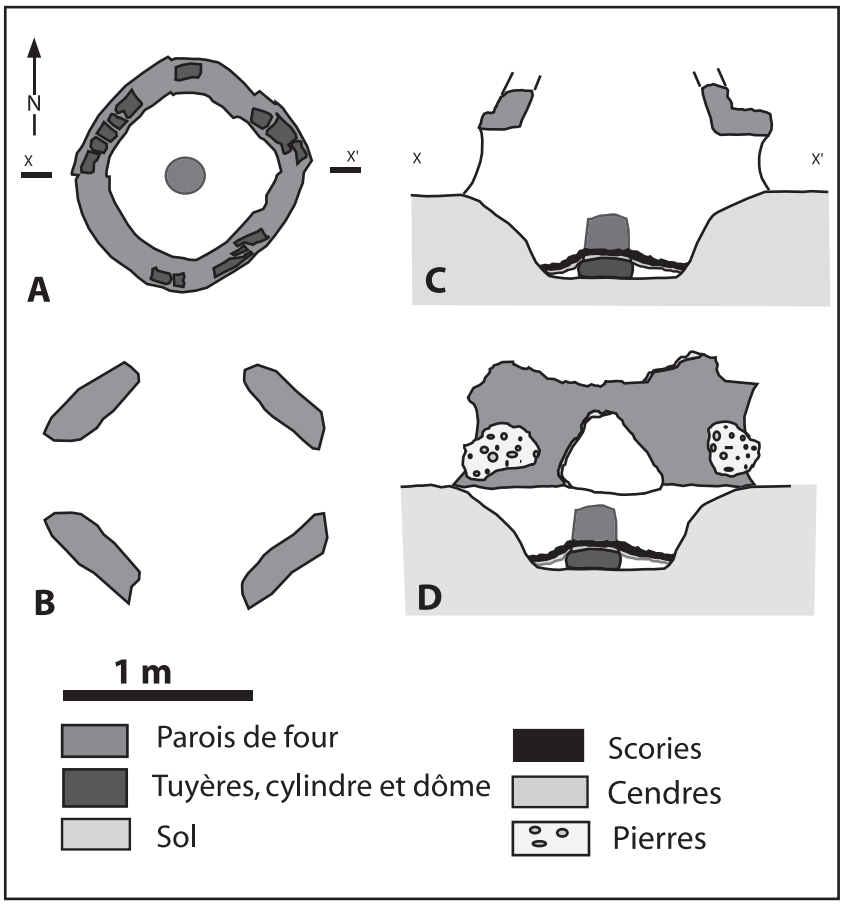
cyclées sont très similaires à la tradition technique KRS 2 identifiée à Korsimoro. Des buttes de petits fragments de scories coulées pourraient faire partie de la tradition KRS 3 de Korsimoro. Par contre, il existe aussi un groupe de vestiges qui présentent des particularités qui les différencient clairement des traditions de Korsimoro. Les travaux effectués permettent de définir la tradition YNBS. Au cours des différentes missions, il a été possible de fouiller plusieurs fourneaux et de réunir assez d'informations pour proposer une première définition de cette tradition.

8.1 Caractéristiques techniques de la tradition technique YNBS de Yamané (Burkina Faso)

Les fourneaux sont disposés de manière isolée ou par petits groupes de quelques unités. Les déchets sont rejetés tout autour des fourneaux et ne forment pas de véritable amas mais plutôt des épandages de faible épaisseur aux contours irréguliers (Fig. 40).



41



42

Fig. 43 Vue du fond du fourneau F1 de la station 1 de Yamane (région de Yamane/Burkina Faso, tradition technique YNSB). Le dôme central mesure une trentaine de centimètres de diamètre.

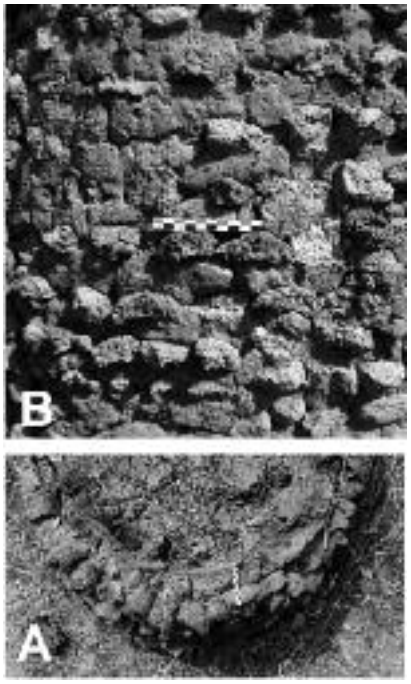
Fig. 44 Deux fourneaux de la tradition technique YNSB (région de Yamane/Burkina Faso).

A. Fourneau F1 de la station 1 de Yamané.

B. Fourneau F3 de la station 1 de Yamané.

Fig. 45 Détail de la construction de la paroi des fourneaux de la tradition YNSB de Yamane/Burkina Faso. Les fragments de tuyères sont disposés perpendiculairement à la paroi.

43



45 A + B

Le fourneau est une construction imposante. Près du village de Yamané, deux exemplaires sont encore debout, très bien conservés. Le premier s'élève à 2,25 m au-dessus du sol actuel; le second atteint 3 m de haut (Fig. 41)[51]. Dans les deux cas, la partie visible en élévation ne montre pas d'ouverture originale à la base. Celles-ci se trouvent donc en dessous du sol actuel. On peut calculer une hauteur au-dessus du sol de circulation ancien d'environ 4 m.

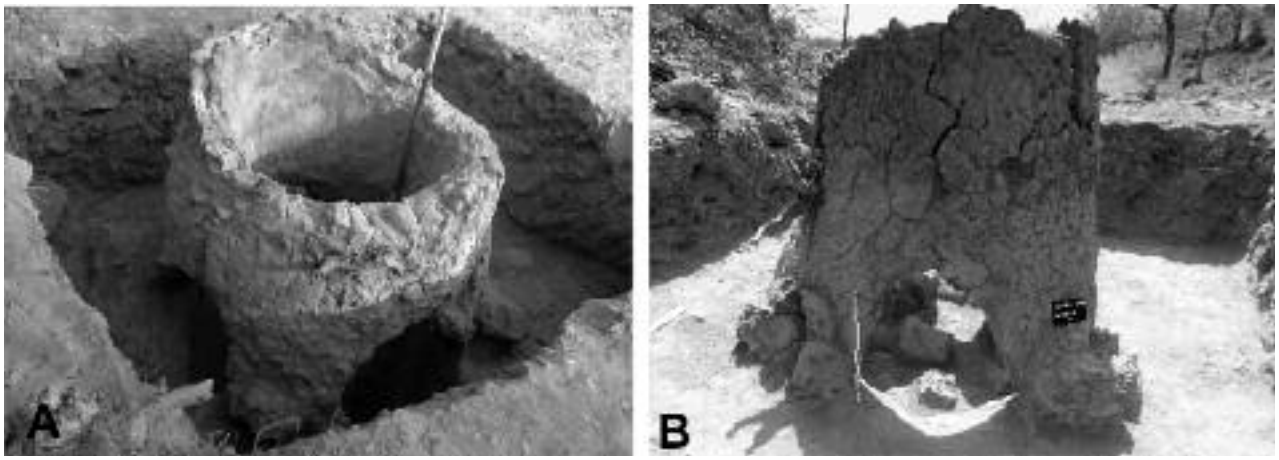
Une fosse grossièrement cylindrique, de 80 cm de diamètre et 60 cm de profondeur, est creusée dans le substrat (Fig. 42). Le fond n'est pas plat, la partie périphérique forme une dépression alors que la partie centrale forme un dôme avec une surface supérieure horizontale (diamètre 30 à 50 cm, hauteur 10 à 15 cm: Fig. 43).

Sur le sol de circulation, on pose 4 piliers qui séparent 4 ouvertures orientées selon les points cardinaux (Fig. 42 et 44). La largeur de ces ouvertures est similaire, de 40 à 55 cm et on ne distingue pas clairement une porte parmi elles. Ces ouvertures sont destinées à recevoir des tuyères et descendent en pente douce vers le fond de la fosse. Les piliers sont renforcés par un gros bloc de scories ou de roche qui sert de fondation. A la hauteur du sommet des embrasures, le diamètre interne de la cuve est de 100 cm environ. A la base, les parois sont très épaisses (25 cm) et s'affinent vers le haut.

La paroi est construite en mottes d'argile et en fragments de tuyère (Fig. 45). Les tuyères sont cassées de manière à former des fragments plus ou moins plats d'une di-

[51] Ces fourneaux n'ont pas fait l'objet de fouilles pour ne pas les déstabiliser. Ils font partie du projet de classement au titre du patrimoine mondial de l'humanité auprès de l'UNESCO.

[52] Des fourneaux similaires sont aussi signalés dans d'autres régions: p.ex. au Mali dans la zone lacustre (fourneau de type 4), Chièze 1991.



44 A + B

46

Fig. 46 Ramassage de pièces cylindriques en argile à Yamane (région de Yamane/Burkina Faso, tradition technique YNSB).

Fig. 47 Blocs de scorie interne écoulée verticalement (région de Yamane/Burkina Faso, tradition technique YNSB).

A. Bloc pyramidal

B. Bloc cassé. On peut voir le cylindre en argile recouvert par l'écoulement de scorie.

zaine de centimètres de long. Ils sont placés perpendiculairement à la paroi avec la courbure vers le bas et forment une couche quasiment continue. Au-dessus, on place une couche de mottes d'argile de 3 ou 4 cm d'épaisseur. La paroi comporte un revêtement interne de 2 à 3 cm dont la surface est assez fortement scorifiée. On pose aussi une couche de revêtement externe en argile de 4 à 5 cm. Sur les parois qui sont restées exposées à l'air libre, cette couche externe a été érodée mais elle est encore présente lorsque les fourneaux ont été recouverts par des sédiments.

L'assemblage de déchets livre trois types d'éléments. On trouve des tuyères, des scories et des pièces en argile cuite de forme cylindrique qui sont une particularité de cette tradition.

Les tuyères utilisées sont de grandes dimensions. Aucun exemplaire complet n'a été retrouvé mais les grands fragments atteignent 30 cm de long. Le diamètre externe est de 7 à 14 cm et celui du conduit est de 5 à 10 cm.

47A

47B

Fig. 48 Tableau récapitulatif des datations ^{14}C pour les sites de la région de Yamane. Beta Analytic Inc., www.radiocarbon.com

Des dizaines de pièces cylindriques en argile, entières ou fragmentées, ont été observées (Fig. 46). Elles présentent toujours à peu près les mêmes dimensions avec un diamètre compris entre 12 et 20 cm et une hauteur de 14 à 25 cm. La forme est à peu près cylindrique avec un léger cintrage à mi-hauteur dans certains cas. La masse varie entre 2 et 8 kg. En règle générale, les pièces possèdent un corps en banco poreux contenant de la paille hachée et une couche externe de finition beaucoup plus compacte de 1 ou 2 cm d'épaisseur. On peut regrouper les cylindres en trois catégories: certains sont pleins, d'autres présentent un trou de 2 cm de diamètre sur l'une des faces planes et les derniers montrent une perforation traversant tout le bloc.

Les scories associées sont des fragments de blocs internes qui présentent une morphologie particulière. La forme est globalement pyramidale avec un diamètre qui peut atteindre 80 cm et une hauteur de 30 cm (Fig. 47). La surface supérieure montre des formes d'écoulement en cordons centimétriques qui s'écoulent depuis le sommet vers le bas de la pièce. Il est fréquent d'observer des tronçons de tuyères incorporés dans ces blocs de scories. On observe que la scorie ruisselle sur une pièce cylindrique en argile placée verticalement à la base de la scorie.

8.2 Mode opératoire de la tradition technique YNBS de Yamané (Burkina Faso)

Les fourneaux de la tradition YNBS sont à usage multiple. Ils fonctionnent avec un tirage naturel. La séparation entre la scorie et le métal a lieu dans la cuve et la scorie s'accumule dans la partie basse de celle-ci. La particularité remarquable de cette tradition technique est l'utilisation des pièces cylindriques en argile. Pour chaque opération, une pièce est placée au fond du fourneau, sur le sommet du dôme qui occupe le centre de la fosse. Elle est disposée de manière à ce que la scorie s'écoule sur le cylindre et ruissellle tout autour dans la fosse. La fouille d'un des fourneaux de Bagtenga a permis d'observer cette disposition en place au fond de la fosse. Avant la réutilisation du fourneau, la masse de scorie de l'opération précédente est extraite, contenant le bloc sur lequel elle s'est déposée. Elle est fragmentée et rejetée aux alentours. On estime que la masse de scorie peut atteindre une centaine de kilos.

Il n'est pas très facile de démontrer que l'utilisation de ces cylindres présente un avantage quelconque sur le plan technique. On peut envisager que leur présence facilite l'extraction du bloc de scorie. On peut imaginer que pendant l'opération, le bloc facilite l'écoulement de la scorie vers le bas ou qu'il sert à soutenir la pièce de métal. Quelle que soit l'explication, les constatations de terrain démontrent leur utilisation systématique dans les fourneaux de la tradition YNSB.

8.3 Datation de la tradition technique YNBS de Yamané (Burkina Faso)

Deux fourneaux appartenant à la tradition YNBS ont fait l'objet d'une datation radiocarbone (Fig. 48). Le fourneau 1 de Yamané est daté entre 1280–1390 Cal AD. Le fourneau de Bagtenga est un peu plus jeune: 1420–1460 Cal AD. Ces deux dates indiquent une phase d'activié située aux 14e et 15e siècles et s'étendant au moins sur un siècle.

Par rapport à la chronologie du site de Korsimoro, la date la plus ancienne de Yamané correrspond à la transition entre les traditions KRS 2 et KRS 3. La date la plus récente de Yamané est contemporaine de l'activité de KRS 3. Dans tous les cas, cette activité se place avant l'arrivée des Nakomsé et la formation des royaumes Moosé.

	Numéro	Numéro	Datation 14C			Localisation				Tradition	Numéro
Année	Echantillon charbon Chantier	Laboratoire BETA ANALYTIC	Age radiocarbone mesuré	Age radiocarbone conventionnel	Age radiocarbone calibré 2 sigma	Village	zone	secteur	structure	Technique	Archéo-magnétisme
2013	YAMA 1	342906	660 ± 30 BP	650 ± 30 BP	Cal AD 1280 - 1320 Cal AD 1340 - 1390	Yamané	St1 F1		Fourneau - 114 cm	YNBS	
2014	BTGA 1	372363	460 ± 30 BP	450 ± 30 BP	Cal AD 1420 -1460	Bagtenga			Fourneau - 110 cm	YNBS	

48

Alors que le grand site de Korsimoro se trouve à peine à 25 km de Yamané, on n'y trouve aucune trace de cette technologie. La tradition YNSB présente tout de même un certain nombre de traits communs avec la tradition KRS 2. Les fourneaux sont réutilisables, à tirage naturel et scories piégées internes. Les rejets forment des épandages irréguliers. Les fourneaux sont de grandes dimensions mais la hauteur est inconnue. Ils possédent 4 grandes ouvertures à la base et une fosse profonde. Par contre, le fond est plat et les pièces cylindriques sont absentes mais on utilise systématiquement des tuyères de réemploi pour garnir le fond de la fosse à scorie. La paroi est montée en mottes d'argile avec rarement quelques éléments de scorie ou de tuyère.

L'utilisation des cylindres en argile posés sur le fond de la fosse à scories fait penser aux fourneaux qui ont été étudiés dans la vallée du Béli dans la province de l'Oudalan/Burkina Faso (Fabre 2009)[52]. Ils montrent l'utilisation d'un tronçon de tuyère de réemploi ou d'un bloc d'argile cylindrique placé verticalement au centre de la fosse à scories sous le fourneau. Il s'agit cependant de fourneaux à utilisation unique juxtaposés en batterie. Les sites de la vallée du Béli comptent généralement plusieurs centaines de bases, parfois plusieurs milliers. Deux datations donnent une fourchette couvrant le 10e et le 11e siècle AD. La situation décrite est donc clairement distincte.

9. Perspectives

En Côte d'Ivoire, les recherches archéologiques entreprises dans la région de Kaniasso en 2012–2015 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.

Au cours du dernier millénaire, la région a été le siège d'une industrie sidérurgique importante, au moins sur le plan local et probablement capable de produire des surplus. Les données concernant les premiers siècles de l'activité (11e–13e AD) sont encore très vagues. A partir du 14e siècle, on peut suivre l'augmentation progressive de la production. On assiste à un changement technique important, vers le mileiu du 15e siècle avec le remplacement des fourneaux à scories coulées (KAN 1) par des fourneaux à scories piégées (KAN 2) qui semble se produire brusquement sans hiatus de l'occupation. A partir de la technologie KAN 2, une évolution sensible conduit à une nouvelle organisation de la production qui va de pair avec une forte augmentation de la dimension des fourneaux qui caractérisent KAN 3. La transition se fait probablement sans interruption de la production, mais les données chronologiques ne permettent pas d'être affirmative sur ce point. Au sein de KAN 3, des variantes locales peuvent être mises en évidence: les fourneaux de Doumbala sont différents de ceux de Siola. La tradition KAN 4 avec ses étranges tuyères à trous latéraux ne s'intègre pas encore bien à ce schéma.

Ces données apportent un éclairage très nouveau sur l'histoire de la sidérurgie dans le Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire. Elles mettent aussi en évidence la nécéssité de poursuivre les recherches à la fois pour parvenir à une évaluation plus précise des quantités produites mais aussi pour résoudre les questions de chronologie. Des prospections sont encore indispensables. Il est très important d'intégrer les données de la tradition orale. Enfin, il faut définir de manière beaucoup plus précise la tradition KAN 4.

Au Burkina Faso, l'extension des recherches montre bien que le schéma chronotechnologique mis en lumière sur le site de Korsimoro ne peut pas s'appliquer sans réserve aux territoires voisins. La mise en évidence d'autres traditions techniques, comme YNSB à Yamané, en témoigne. Ces données montrent que l'étude approfondie des vestiges sidérurgiques permet d'aborder les questions d'identité culturelle pour des périodes anciennes pour lesquelles les traditions orales sont de faible secours.

Les recherches menées à bien tant à Korsimoro qu'à Kaniasso démontrent l'importance de l'intervention archéologique de terrain basée sur des prosppections, des

sondages et des fouilles de fourneaux. Elles mettent aussi clairement en évidence la nécéssité absolue de dater les vestiges. En explicitant les critères archéologiques définissant les traditions techniques (organisation spatiale des ateliers, caractères techniques et architecturaux des fourneaux, assemblage de déchets), la méthode d'étude développée permet une caractérisation efficace, c'est-à-dire qui permet des comparaisons satisfaisantes. Il devient possible de relier des sites les uns avec les autres. La mise en évidence d'une technologie (KAN 1 = KRS 3) présente à la même période à la fois à Kamiasso et à Korsimoro ouvre des perspectives très intéressantes pour l'étude de l'Age du Fer en Afrique de l'Ouest. D'autres recherches menées à bien dans des régions voisines révèlent elles aussi des traditions techniques présentant des similitudes avec celles définies en Côte d'Ivoire et au Burkina Faso. Il reste un travail énorme à accomplir, mais la perspective d'une compréhension beaucoup plus précise de l'histoire de la production du fer en Afrique de l'Ouest existe. Les données convergent pour indiquer une augmentation significative de la production au cours de la période 1000–1500 AD, parallèlement à la mise en place de sociétés plus complexes et des premières structures étatiques dans la région. On voit donc apparaître tout un pan de l'histoire économique et sociale de la région.

Bibliographie

ARNOLDUSSEN, D., TENENA, S., 2007: *Aspects de la métallurgie des Sénoufo et des Guéré de Côte d'Ivoire*, Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren, Publication digitale. www.africamuseum.be

CELIS, G.R., COULIBALY, Y.T, 2001: *Métallurgies traditionnelles du fer Sénoufo, Malinké et Somono – Côte d'Ivoire, Burkina Faso et Mali*, Archives d'Anthropologie 32, Musée Royal de l'Afrique Centrale, Tervuren Belgique.

CHIEZE, V., 1991: *La métallurgie du fer dans la zone lacustre*, in RAIMBAULT, M., SANOGO, K.: Recherches archéologiques au Mali, Les sites protohistoriques de la Zone lacustre, Karthala, Paris, p. 449–472.

COULIBALY, E., 2006: *Savoirs et savoir-faire des anciens métallurgistes d'Afrique – Procédés et techniques de la sidérurgie directe dans la Bwamu* (Burkina Faso et Mali). Karthala Paris.

FABRE, J.-M., 2009: *La métallurgie du fer au Sahel burkinabé à la fin du 1er millénaire AD*, in MAGNAVITA, S., KOTE, L., BREUNIG, P., IDE, O. A., Crossroad Sahel, Cultural and technological developments in the first millenium BC/AD West Africa, Journal of African Archaeology Monograph Series, Verlag Africa Magna, Frankfurt am Main, Vol. 2, p. 167–178.

FORBES, R.H., 1933: *The Black Man's Industries*, Geographical Review 23/2, pp. 230–247.

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, 500p.

MONINO, Y. 1983: *Accoucher du fer*. La métallurgie gbaya (Centrafrique), in ECHARD, N. (éd.), Métallurgies africaines. Nouvelles contributions, Mémoires de la Société des Africanistes 9, pp. 281–309

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 2011, p. 23–54.

SERNEELS, V., KIENON-KABORE, H.T., KOTE, L., KOUASSI, S. K., MAUVILLY, M., RAMSEYER, D., SIMPORE, L., 2013: *Origine et développement de la métallurgie du fer au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire. Premiers résultats sur le site sidérurgique de Siola (Kaniaso, Denguélé, Côte d'Ivoire)*, Jahresbericht 2012 der Schweizerisch-Liechtensteinische Stiftung für Archäologische Forschungen im Ausland (SLSA), Zurich & Vaduz 2012, p. 113–143.

SERNEELS, V., DONADINI, F., KIENON-KABORE, H.T., KOTE, L., KOUASSI, S. K., RAMSEYER, D., SIMPORE, L., 2014: *Origine et développement de la métallurgie du fer au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire. Avancement des recherches en* 2013 et quantification des vestiges de Korsimoro (Burkina Faso), Jahresbericht 2013 der Schweizerisch-Liechtensteinische Stiftung für Archäologische Forschungen im Ausland (SLSA), Zurich & Vaduz 2013, p. 65–112.