# 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).

Vincent Serneels[I], Fabio Donadini[I], Hélène Timpoko Kiénon-Kaboré[II], Lassina Koté[III], Siméon Kouakou Kouassi[II], Denis Ramseyer[IV], Lassina Simporé[III]

**Résumé**

En 2013, les recherches sur les vestiges sidérurgiques en Afrique de l'Ouest se sont poursuivies en Côte d'Ivoire et au Burkina Faso par le biais de prospections menées à bien par les équipes d'Abidjan et de Ouagadougou.

L'étude du site de Korsimoro a progressé sur plusieurs plans. Une série de datations $^{14}C$ supplémentaires a été faite. Les premières mesures archéomagnétiques sont en cours. L'étude en laboratoire d'une centaine d'échantillons de scories, minerais et matériaux associées a été menée à bien. Enfin, la répartition spatiale et la quantification des amas de scories fait l'objet d'une première présentation dans ce rapport.

La production de fer est attestée à Korsimoro au moins depuis 700 AD et jusqu'à 1700 AD. On distingue quatre phases de production correspondant à des traditions techniques différentes (KRS 1 à 4). De plus, une phase tardive (KRS5) est probable au 18ème siècle. Globalement, l'estimation du tonnage de scories s'élève à 60'000 tonnes. La grande majorité appartient à la tradition KRS 2 qui correspond à une période de production intensive dont la durée est estimée à 250 ans, entre 1050 et 1300 AD. En tout, plus de 1850 fourneaux ont été localisés sur le terrain, répartis dans plus de 250 aires de travail. Les datations et l'étude spatiale et quantitative permettent de dessiner les contours d'une histoire complexe de la production du fer sur ce site.

## 1. Avancement des recherches en 2013

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

Le projet poursuit un double objectif: d'une part, l'étude de la sidérurgie ancienne dans la zone sahélienne et d'autre part la formation les étudiants et jeunes chercheurs africains dans ce domaine spécifique de l'archéologie sidérurgique.

Le projet a été initié par V. Serneels (Géosciences, Université de Fribourg) et D. Ramseyer (Archéologie, Université de Neuchâtel). Le Département d'Histoire et d'Archéologie (DHA) de l'Université de Ouagadougou (Simporé L., Koté L., Tiombiano-Ilboudo E.) ainsi que le Département d'Archéologie de l'Institut des Sciences Anthropologiques de Développement (ISAD) de l'Université Houfouët Boigny à Abidjan (Kiénon-Kaboré H.T., Kouassi S.K.) sont directement associés aux travaux. Plusieurs archéologues et étudiants suisses ont contribué à l'encadrement des campagnes sur le terrain, à l'élaboration de la documentation et à la préparation des échantillons pour les analyses[1]. Plus de 50 archéologues et étudiants africains ont participé aux fouilles et aux prospections. Plusieurs d'entre eux sont impliqués dans des travaux universitaires sur ce thème.

Depuis 2010, plusieurs campagnes de prospections thématiques ont été menées à bien au Burkina et en Côte d'Ivoire (Fig. 1). Trois campagnes de recherche intensive ont été organisées en collaboration avec les universités de Ouagadougou et d'Abidjan. Elles ont porté sur l'étude de deux grands sites de production du fer: en 2011 et 2012 à Korsimoro (Burkina Faso) et en 2013 à Siola (Côte d'Ivoire). Chacun de ces deux sites a déjà fait l'objet d'un rapport préliminaire (Serneels et al 2012 et 2013).

Pendant le reste de l'année 2013, l'effort de prospection a été poursuivi, en particulier en Côte d'Ivoire, sous la direction de H. Kiénon-Kaboré (voir ci-dessous: 1.2).

I Département de Géosciences, Université de Fribourg, Suisse. *vincent.serneels@unifr.ch*

II Département d'Archéologie, Institut des Sciences Anthropologiques du Développement (ISAD), Université Houfouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire.

III Département d'Histoire et d'Archéologie (DHA), Université de Ouagadougou, Burkina Faso.

IV Institut d'Archéologie, Université de Neuchâtel, Suisse.

1 Nous remercions en particulier Mauvilly M. (archéologue, Service Archéologique de l'Etat de Fribourg), Kramer L. (archéologue, Neuchâtel), El Kateb A. (étudiant, Département des Géosciences, Fribourg), Jobin P. (étudiant, Institut d'Archéologie, Neuchâtel), Katona-Serneels I. (archéomètre, Département des Géosciences, Fribourg), Donadini F. (géophysicien, Département des Géosciences, Fribourg) et Dietsche P. (préparateur, Département des Géosciences, Fribourg). Ils ont tous participé bénévolement au travail sur le terrain et contribué à l'élaboration des données: mise au net des plans et dessins, traitement des échantillons, etc.

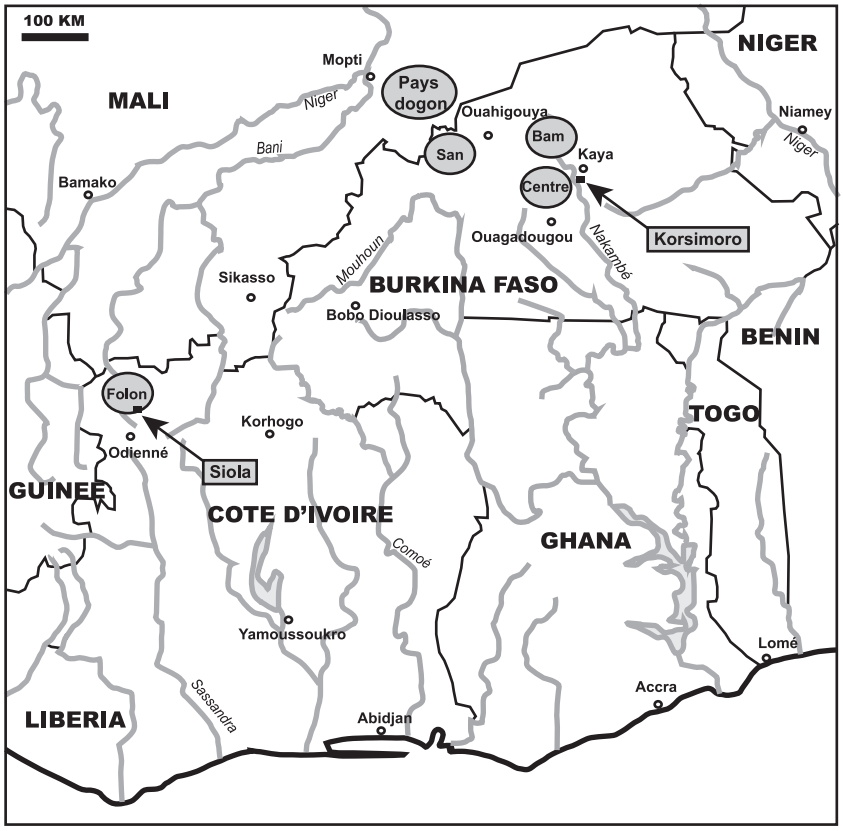
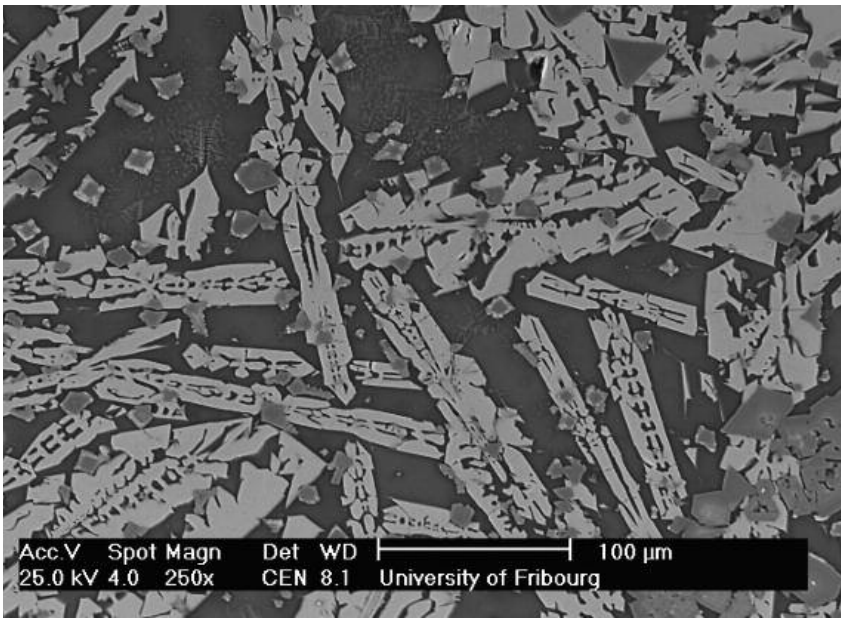



**Fig. 1** Carte de la partie sud de l'Afrique de l'Ouest avec la localisation des sites et régions étudiés.

**Fig. 2** Fourneau de Badinogo (Province du Bam, Burkina Faso). Recherche en cours par N. Birba.

2

Plusieurs chercheurs poursuivent des prospections et des sondages sur des sites métallurgiques au Burkina, en association avec le projet: Tiombiano-Ilboudo E. (Plateau central), Birba N. (Région du Bam, Fig. 2) et Ki L. (pays San). Deux de ces chercheurs ont bénéficié d'un séjour à l'université de Fribourg au cours de l'année 2013.




3

**Fig. 3** Echantillon KRS301. La fayalite apparaît en grandes lattes squelettiques gris clair. Le spinel forme des cristaux quadrangulaires, souvent zonés avec un cœur sombre (enrichi en aluminium) et une bordure claire (enrichie en fer et titane). Ces cristaux baignent dans une matrice vitreuse (gris sombre). Image en électrons rétrodiffusés (BSE), photo A. El Kateb.

Les données archéologiques issues des précédentes campagnes de fouilles ont été approfondies. L'accent a été mis sur la description spatiale et la quantification des amas de scories du grand complexe sidérurgique de Korsimoro (voir ci-dessous: 2, Serneels et al 2012). L'élaboration d'un plan général du site est en cours. Un premier volet d'étude en laboratoire des déchets métallurgiques de Korsimoro a été menée à bien dans le cadre d'un travail de master à l'université de Fribourg, portant sur une centaine d'échantillons (El Kateb 2013, Fig. 3, voir ci-dessous: 2.3.2). Dans le cadre d'un projet de recherche soutenu par le FNRS, F. Donadini effectue les mesures archéomagnétiques sur les vestiges de fourneaux du site de Korsimoro, avec des résultats préliminaires prometteurs (voir ci-dessous: 1.3). D'autres aspects des fouilles de Korsimoro sont en cours d'étude.

### 1.2. Prospections archéologiques en Côte d'ivoire dans la région du Folon, district du Denguélé, départements de Kaniasso et Minignan.

*1.2.1. Introduction*

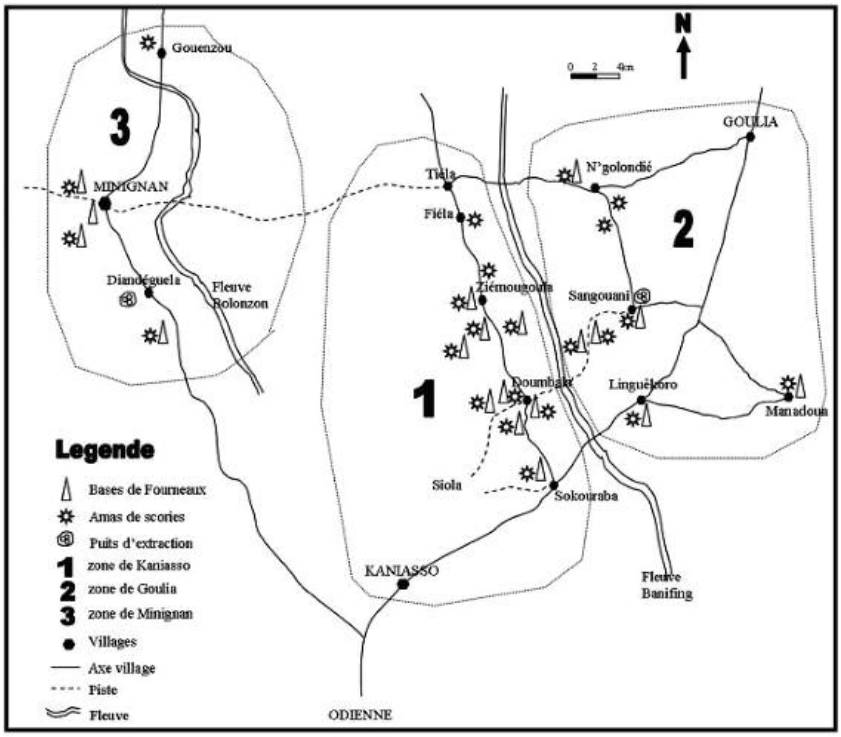
A la suite de plusieurs missions de prospection au Nord de la Côte d'Ivoire en 2011 et 2012, une campagne de fouille a été organisée en janvier 2013 à Siola dans le Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire (Kiénon-Kaboré et al 2011, Serneels et al 2013). Les recherches menées à bien ont permis de caractériser trois traditions techniques dans le village de Siola et de relever la richesse du patrimoine métallurgique de cette localité. Les vestiges identifiés montrent qu'il y a eu une production intense du fer entre 1000 et 1900 AD.

Des prospections et observations faites parallèlement aux fouilles sur le terrain ont montré qu'il existe d'autres traditions techniques qui devraient être caractérisées afin d'avoir une vision d'ensemble. Des campagnes de prospections ont été menées en milieu d'année 2013 et en février 2014 dans le but de cerner l'étendue des sites dans les départements de Kaniasso, Goulia et Minignan[2].

Les prospections se sont déroulées dans le district du Denguélé au Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire, qui compte deux régions administratives, celle du Kabadougou au Sud et celle du Folon au Nord. Notre zone d'étude est située dans cette dernière région au Nord du district, dans les départements de Kaniasso (sous-préfectures de Kaniasso et de Goulia) et de Minignan (Fig. 4).

Dans chaque localité, la prospection débute par le recueil des traditions orales pour comprendre l'histoire du village et le lien de celui-ci avec les vestiges sidérurgiques. S'ensuivent la visite des sites, une prospection intensive et un essai de caractérisation

[2] L'équipe était composée du Pr Kiénon-Kaboré T. H. et des étudiants Ballo D., Kobénan J.A.B. et N'Guessan A. E., Département d'Archéologie, Institut des Sciences Anthropologiques du Développement (ISAD), Université Houfouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire. Nous remercions tout particulièrement les autorités locales qui ont œuvré pour faciliter ces recherches.




4

**Fig. 4** Carte de localisation des prospections dans la région du Folon (Nord-Ouest de la Côte d'Ivoire). DAO H. Kiénon Kaboré.

des techniques de chaque site, par l'observation et la description de l'organisation spatiale, de l'architecture des fourneaux, de la nature et l'organisation des rejets. La caractérisation complète ne pouvant se faire qu'après une étude approfondie par la fouille. Les coordonnées GPS des sites sont toujours répertoriées et le plan de chacun d'eux établi pour la compréhension de l'organisation spatiale.

Cette approche a permis de localiser plusieurs sites dans les trois sous-préfectures citées plus haut. On y a découvert des sites de mine de fer, des fourneaux de réduction, des amas de scories et des sites d'habitat que les traditionnistes mettent souvent en relation avec l'activité sidérurgique.

*1.2.2. La sous-préfecture de Kaniasso*

Dans la sous-préfecture de Kaniasso, les travaux avaient été menés en 2013 dans deux secteurs du village de Siola, l'un au Nord (zone 1000) et l'autre à l'Est (zone 2000). Les autres parties du site, par des prospections sommaires, avaient été identifiées comme riches en vestiges sidérurgiques et devraient être prospectées de façon intensive. Un conflit foncier entre les villages de Sokouraba et de Linguêkôrô a interdit temporairement l'accès à toute la zone. Une autre campagne est prévue en avril 2014.

Les prospections ont pu être menées dans quatre villages: Doumbala, Ziémougoula, Fiéla et Sokouraba. Tous les villages ont livré des vestiges sidérurgiques importants et sont le plus souvent localisés le long des affluents qui alimentent le fleuve Banifing. Onze sites ont été identifiés: des ateliers de réduction avec de gros amas de scories, une mine de fer et des sites d'habitat.

Doumbala peut être considéré comme la zone la plus dense en vestiges sidérurgiques de la zone prospectée. 90 structures sont réparties sur 4 sites (Nêguêbô Kôni, Gnangbani Souman Baga, Kô Krouni et le site du village). Les structures de fourneaux sont le plus souvent entourées de gros amas de scories avec des buttes plus élevées au Nord ou à l'Ouest. Ils forment un cratère avec une ou deux entrées.

Dans le village de Ziémougoula, 6 sites (Frabani 1 et 2, Fassamou Kôni, Kormakô, site du village, rive Ouest du Banifing) ont livré 72 amas de scories. Aucune structure de fourneau n'a été observée en surface. Les amas de scories sont de formes diverses: circulaires, linéaires et en demi cercle.

5

**Fig. 5** Petites buttes de scories sur le site de Fiéla (sous-préfecture de Kaniasso, Côte d'Ivoire). Photo H. Kiénon Kaboré.

A l'Est du village de Fiéla se trouve un grand site qui s'étend sur près de 2 hectares. Uniquement composé de petites scories fragmentées dispersées sur l'ensemble du site, il ne laisse entrevoir que de faibles reliefs en surface (Fig. 5). Le couvert végétal assez dense ne permet pas une observation d'ensemble du site. Des tessons de céramiques décorés ont été identifiés en surface.

Le village de Soukouraba n'a fait l'objet que d'une prospection sommaire permettant d'identifier la présence d'un site métallurgique.

*1.2.3 La sous-préfecture de Goulia*

Elle se localise à l'Est de celle de Kaniasso. Les prospections on été faites dans 4 villages, N'Golondié, Sangouani, Manadoun et Linguêkôrô. Nous avons dénombré au total 9 sites dont des sites de réduction du minerai de fer (fourneaux et amas de scories) et un site d'extraction de minerai.

Dans le village de N'Golondié situe à 25 km au Nord-Est de la sous-préfecture de Goulia, trois sites ont été localisés. Le site de Gbandougou se trouve à 900 m à l'Ouest du village. Il présente deux types d'organisation de l'espace de réduction. Des fourneaux alignés se situent dans un même espace avec de gros blocs de scories autour des différentes structures. Une autre structure de fourneau unique isolée à quelques mètres de là est cernée par un anneau de petites scories coulées et des fragments de tuyères.

Le second site se situe à 3 km au Sud-Est du village. On trouve sur le même site, sans organisation spatiale apparente, deux types de vestiges, des gros amas composés de gros blocs et des amas constitués par de petites scories coulées. Aucun fourneau n'est visible.

Le site de Sambadougouforo à 4,5 km au Sud-Est du village de N'Golondié, est constitué quant à lui de gros blocs disposés en anneaux, formant de gros amas avec souvent plusieurs entrées sans structure de fourneau visible en surface.

Dans le village de Sangouani, Manadoun et Linguêkôrô, les vestiges sidérurgiques sont également nombreux avec un nombre important de fourneaux disposés majoritairement au centre d'amas en anneau, surtout sur le site de l'ancien village de Doumbala à Sangouani qui renferme une grande quantité de ces vestiges avec de grosses buttes de scories. Un site d'extraction est associé à ces sites de réduction.

Dans cette sous-préfecture, l'observation de l'organisation spatiale, de l'architecture des fourneaux et de l'aire de réduction nous laissent entrevoir l'existence de plusieurs traditions techniques avec des différences et certaines similitudes d'un village à un autre.

*1.2.4. Le département de Minignan*

Le département de Minignan se situe à 70 km environ au Nord de la ville d'Odienné. Six sites sidérurgiques anciens ont été localisés dans les villages de Diandéguéla, de Gouenzou et de la ville de Minignan.

A Diandéguéla, le site de Tomou, à 5 km du village, est composé d'un site de réduction et d'une zone d'extraction du minerai de fer. C'est un site sidérurgique avec des fourneaux alignés Nord-Sud et des amas de scories localisés soit à l'Est soit à

6

7

8

l'Ouest des fourneaux, avec un site d'extraction et des habitats anciens à proximité de la rivière Kodjougouni. Certains fourneaux sont disposés sans ordre apparent. Sur un même site de réduction, nous avons une diversité d'architecture au niveau des matériaux de construction, des formes au niveau de la base et de la cheminée (Fig. 6, 7 et 8). Le site d'extraction est constitué de puits rectangulaires sur un plateau latéritique.

A Minignan, trois sites renfermant des restes de fourneaux et des fragments de scorie ont été localisés. Ce sont les sites de Djonbê Koni, de Mabrêba et de Gnamavou Koni. La particularité de ces sites par rapport aux autres sites du département se situe au niveau des bases de fourneaux et des déchets de réduction. Nous sommes ici en présence de grandes bases de fourneaux (1,85m environ), associées à de petits fragments de scories coulées en cordon (sites de Djonbê koni et de Gnamavou koni). Il existe également des bases de fourneaux sans amas de scories à proximité (site de Mabrêba). Mais cela peut être dû à l'utilisation du site comme un champ d'anacarde.

Le site de Gouenzou est situé dans le village, à environ 12 km au Nord de la ville de Minignan. Il s'agit d'un grand amas en forme d'anneau constitué de petits fragments de scories coulées. La dimension de l'anneau est de 15m d'Est en Ouest et de 18m du Nord au Sud.

**Fig. 6** Grand fourneau de réduction du minerai de fer, site de Diandéguéla (département de Minignan, Côte d'Ivoire). Photo H. Kiénon Kaboré.

**Fig. 7** Grand fourneau de réduction du minerai de fer, site de Diandéguéla (département de Minignan, Côte d'Ivoire). Photo H. Kiénon Kaboré.

**Fig. 8** Grand fourneau de réduction du minerai de fer, site de Diandéguéla (département de Minignan, Côte d'Ivoire). Photo H. Kiénon Kaboré.

*1.2.5 Conclusion*

Les prospections montrent que le district du Denguélé et en particulier la région du Folon ont été un centre actif dans la production du fer au cours du second millénaire de notre ère. Il existe une riche diversité dans les traditions techniques de la réduction du minerai de fer. Une étude approfondie est nécessaire pour comprendre cette diversité dans le contexte de l'histoire du peuplement local. D'autres campagnes de prospection sont prévues en 2014 pour préparer les fouilles de janvier 2015.

### 1.3 Résultats préliminaires des mesures archéomagnétiques sur les fourneaux métallurgiques de Korsimoro.

Les études sur l'aimantation des rochers et des vestiges archéologiques permettent de reconstruire les variations du champ magnétique terrestre dans le passé. Dans l'hémisphère Nord, en Europe et en Amérique du Nord, de nombreuses recherches ont été menées à bien, en particulier sur des structures archéologiques en argile cuite, qui permettent de reconstituer de manière assez détaillée l'histoire du champ magnétique au cours des derniers millénaires dans cette partie du monde.

Dans l'hémisphère Sud, il existe une grande anomalie du champ magnétique terrestre actuel, située dans l'Atlantique du Sud, et qui touche partiellement l'Afrique de l'Ouest. Elle est visible dans les modèles mathématiques du champ qui couvrent les

**Fig. 9** Prise d'échantillons pour les mesures archéomagnétiques sur les fourneaux du secteur 54–2 (Korsimoro, Burkina Faso).

dernières 400 années et qui se basent sur des données historiques, principalement les mesures faites par les marins traversant l'océan à partir des années 1600 AD (Jackson et al. 2000). Pour les périodes plus anciennes, on manque cruellement de données pour développer les modèles. Produire de nouvelles données permettrait d'améliorer les modèles et donc de mieux comprendre l'origine et l'évolution de l'anomalie de l'Atlantique Sud. Les recherches entreprises à Korsimoro vont contribuer à cette démarche[3]. C'est la première fois que des mesures archéomagnétiques sont faites au Burkina.

Le site de Korsimoro offre l'occasion de construire une première courbe de référence de la variation magnétique en Afrique de l'Ouest. A l'avenir, cette courbe de référence pourra être utilisée pour établir des datations archéomagnétiques. Cette méthode donne des bons résultats en Europe et aux Etats-Unis, où il y a déjà des banques de données importantes. Elle est idéale pour la datation de vestiges qui ne peuvent pas être datés avec d'autres méthodes, comme par exemple les laves volcaniques de l'Holocène ou les structures en argile cuite.

Deux conditions sont nécessaires pour obtenir de bons résultats. Les structures archéologiques doivent avoir subi de très hautes températures et les structures doivent être datées avec une bonne précision. Les fours métallurgiques de Korsimoro satisfont parfaitement à la première condition, car les températures atteintes pour la réduction du fer s'élèvent à environ 1200°C. Pour remplir la seconde condition, il est nécessaire de trouver des charbons de bois qui peuvent être utilisés pour des analyses de $^{14}C$. L'interprétation archéologique et stratigraphique du site permet aussi d'établir des chronologies relatives. A Korsimoro, de nombreux fourneaux ont fait l'objet d'une fouille archéologique. Ils ont généralement fourni suffisamment de charbon prélevés dans des conditions satisfaisantes pour faire des datations $^{14}C$. Sur la base de l'étude typologique des fourneaux, quatre traditions techniques ont put être définies et les données disponibles permettent de démontrer que ces technologies correspondent à des phases d'occupation chronologiquement distinctes. On dispose donc d'une bonne chronologie relative des vestiges.

[3] Ces recherches ont recu le soutien du Fond National Suisse pour la Recherche Scientifique, subside 10512_1414102 «Establishing paleomagnetic reference curve for W-Africa: archaeological and geophysical inference».

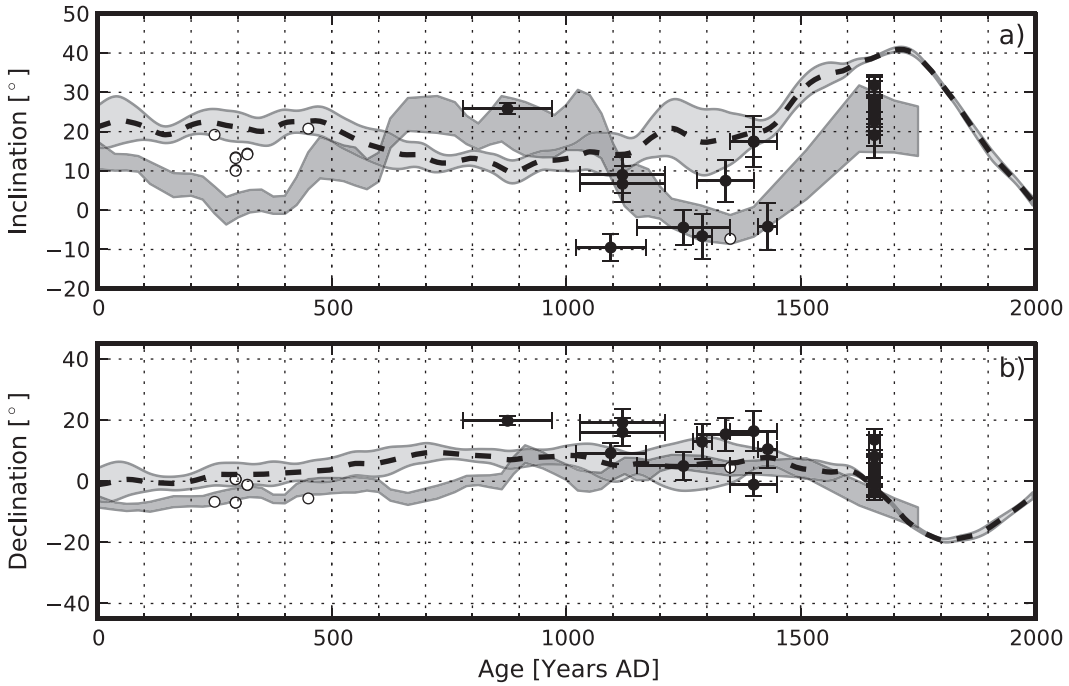
Pendant les fouilles organisées en 2011 et 2012, on a prélevé environ 180 échantillons provenant de 32 structures différentes, mises au jour dans 3 zones distinctes. De ces 32 structures, 8 appartiennent à la technique KRS1, 5 à la technique KRS2, 4 à la technique KRS3, et 15 à la technique KRS4. Les échantillons ont été orientés avec une boussole magnétique et avec une boussole solaire afin d'assurer une orientation précise (Fig. 9).

Au laboratoire, les échantillons ont été coupés en cubes de 2 cm de côté pour les mesures magnétiques. Pour chaque structure, on a mesuré au moins 5 cubes de 5 échantillons. Les mesures ont été effectuées au laboratoire de l'université de Zürich[4].

La direction moyenne, calculée d'une façon hiérarchique (Lanos, 2004), montre en général une erreur de 3 a 5°. A présent, 20 structures ont été analysées, dont 15 ont donné de bons résultats (Fig. 10).

Une comparaison avec la courbe des Balkans (Tema et Kondopoulou, 2011) montre une grande similarité et suggère que le champ magnétique était principalement dipolaire avant 1600 AD dans la région de Korsimoro. Il ne semble pas être affecté par l'anomalie de l'Atlantique Sud pour la période considérée. D'autre part, les modèles globaux actuels montrent un tendance différente (par exemple CALS3k.3; Korte et al. 2009; Fig. 10). De ce point de vue, ces nouvelles données représentent une contribution importante pour l'amélioration des modèles existants.

**Fig. 10** Variation de la déclinaison (a) et de l'inclinaison (b) du champ magnétique au Burkina Faso pendant les derniers 2000 ans. Les résultats de Korsimoro (cercles noirs) montrent une tendance similaire à celle de la courbe des Balkans (gris foncé, Tema et Kondopoulou, 2011) recalculée pour le Burkina. Au contraire, la variation plus faible avant 1600 AD du modèle CALS3K.4 (ligne pointillée avec marges d'erreur en gris clair, Korte et Constable, 2011) semble indiquer l'absence de données en Afrique de l'Ouest. Les cercles blancs montrent les données magnétiques contenues dans le Database Geomagia (Donadini et al., 2006) dans un rayon de 1000 km autour de Korsimoro. Dessin F. Donadini.




## 2. Le complexe sidérurgique de Korsimoro (Sanmatenga): organisation spatiale et quantification.

A la suite des deux campagnes de fouilles à Korsimoro, un rapport préliminaire a été rédigé qui décrit l'organisation générale du site et présente les quatre traditions techniques principales (Serneels et al 2012)[5]. Au cours de l'année 2013, les photos satellitaires, les relevés topographiques et les fiches de terrain ont été traités pour obtenir une description spatiale plus complète du site et aboutir à une estimation des tonnages de scories. Ce sont ces données qui servent de base à une première réflexion sur l'histoire de l'activité sidérurgique à Korsimoro.

[4] Institut für Geophysik, ETH Zürich, Sonneggstrasse 5, CH-8092 Zürich.

[5] Le premier rapport sur les recherches à Korsimoro (Serneels et al 2012) présente de nombreux documents graphiques (carte, relevés topographiques et photographies) qui concernent les vestiges décrits dans ce chapitre.

**Fig. 11** Tableau récapitulatif des datations $^{14}C$ sur le site de Korsimoro (Beta Analytic Inc.).

| Numéro Chantier | Numéro Laboratoire BETA | Age mesuré | Age calibré 2 sigma | Localisation | | | Tradition Technique |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | zone | secteur | structure | |
| KRSM 1 | 313115 | 560 +/- 30 BP | Cal AD 1390 - 1430 | 20 | 226 | base de la couche de scories | KRS 3 |
| KRSM 2 | 313116 | 920 +/- 30 BP | Cal AD 1030 - 1210 | 20 | 26-7 | base de la couche de scories | KRS 2 |
| KRSM 3 | 313117 | 860 +/- 30 BP | Cal AD 1030 - 1220 | 20 | 26-1 F1 | base de la couche de scories | KRS 2 |
| KRSM 4 | 313118 | 100 +/- 30 BP | Cal AD 1640 - 1670<br>Cal AD 1780 - 1800 | 20 | 22-7 F28 | fond du fourneau - paille | KRS 4 |
| KRSM 5 | 313119 | 150 +/- 30 BP | Cal AD 1520 - 1660 | 20 | 22-7 F26 | fond du fourneau - paille | KRS 4 |
| KRSM 6 | 313120 | 1150 +/- 30 BP | Cal AD 780 - 970 | 20 | 21-9 F2 | fond du fourneau | KRS 1 ? |
| KRSM 7 | 313121 | 390 +/- 30 BP | Cal AD 1140 - 1520<br>Cal AD 1570 - 1630 | 20 | 24-12 | base de la couche de scories | KRS 3 |
| KRSM 8 | 313122 | 260 +/- 30 BP | Cal AD 1630 - 1670<br>Cal AD 1520 - 1560<br>Cal AD 1780 - 1800 | 999 | | base de la couche de scories | forge |
| KRSM 9 | 316570 | 650 +/- 30 BP | Cal AD 1280 - 1400 | 20 | 29-2 F1 | remplissage du fourneau | KRS 3 |
| KRSM 10 | 316571 | 920 +/- 30 BP | Cal AD 1020 - 1170 | 50 | 51 F1 | remplissage du fourneau | KRS 2 |
| KRSM 11 | 316572 | 1390 +/- 30 BP | Cal AD 640 - 680 | 50 | 52-1 | habitat sous les scories KRS 3 | |
| KRSM 12 | 316573 | 990 +/- 30 BP | Cal AD 710 - 890 | 50 | 53 F1 | remplissage du fourneau | KRS 1 |
| KRSM 13 | 316574 | 910 +/- 30 BP | Cal AD 1150 - 1220<br>Cal AD 1050 - 1140 | 100 | 104-1 | base de la couche de scories | KRS 2 |
| KRSM 14 | 316575 | 1030 +/- 30 BP | Cal AD 660 - 780 | 100 | 105 F24 | remplissage du fourneau | KRS 1 |
| KRSM 15 | 372364 | 101 +/- 30 BP | Cal AD 1670 - 1950 | 20 | 22-7 F45 | fond du fourneau - paille | KRS 4 |
| KRSM 16 | 372365 | 480 +/- 30 BP | Cal AD 1410 - 1450 | 20 | 25-1 F3 | remplissage du fourneau | KRS 3 |
| KRSM 17 | 372366 | 690 +/- 30 BP | Cal AD 1270 - 1310<br>Cal AD 1360 - 1390 | 50 | 51 F18 | remplissage du fourneau | KRS 2 |
| KRSM 18 | 372367 | 1030 +/- 30 BP | Cal AD 900 - 920<br>Cal AD 970 - 1020 | 100 | 107-1 | inhumation | |

## 2.1 Introduction et méthodologie.

*2.1.1 Caractérisation des vestiges et attribution aux différentes traditions techniques.*

L'étude sur le terrain a permis de caractériser clairement quatre traditions techniques différentes. Elles se distinguent par le type de fourneau utilisé, l'assemblage des déchets associés et l'organisation spatiale des espaces de travail. Les datations obtenues confirment qu'elles correspondent à des périodes d'occupation successives. Quelques datations complémentaires, effectuées en 2013, s'intègrent correctement aux résultats précédents (Fig. 11). Les caractéristiques de ces quatre traditions techniques sont présentées plus en détail dans le rapport 2012 (Serneels et al 2012).

La **tradition KRS 1** est la plus ancienne (7e–10e s. AD). Les vestiges typiques sont des bases de fourneau d'un diamètre de l'ordre de 80 cm, creusées dans le substrat. Elles contiennent les scories d'une opération de réduction. Les bases sont organisées en batteries linéaires d'une dizaine d'unités qui pourraient correspondre à une campagne de production du fer. Les tuyères ont un aspect très massif et une forme cylindrique avec une extrémité conique.

La **tradition KRS 2** (11e–13e s. AD) est de loin celle qui a laissé le plus grand tonnage de déchets. Les aires de travail sont repérables par la présence d'épandages de blocs de scories internes cassés, épais d'environ 50 cm et s'étalant sur plusieurs centaines de mètres carrés. Des bases de fourneau (diamètre 100 cm) émergent ça et là de ces nappes de débris. Ils sont disposés sans organisation claire. Les tuyères associées sont cylindriques avec un fort diamètre interne (6 à 8 cm). La présence de nombreux fragments de tuyères insérées dans des blocs de scories de grande dimension est remarquable.

La **tradition KRS 3** (14e–16e s. AD) est caractérisée par des unités de production juxtaposées. Chacune est constituée par un anneau de scories avec un fourneau central (diamètre 100 cm). Le diamètre de l'anneau est en général d'une vingtaine de

mètres, l'épaisseur varie entre quelques dizaines de centimètres et trois mètres dans les cas exceptionnels. Dans la partie Ouest de l'anneau, on note la présence d'une butte constituée par des petits fragments de scorie coulée. Les tuyères associées sont cylindriques avec un faible diamètre interne (4 à 5 cm). La présence de scories coulées très fragmentées est caractéristique. Elles sont associées avec des blocs fragmentés de scories internes contenant des morceaux de tuyères.

La **tradition KRS 4** (17e s AD) est la tradition la plus récente. Les vestiges typiques sont des alignements de très petits fourneaux (diamètre 20 à 30 cm). Il n'y a pas de tuyère associée. Les scories sont des blocs cylindriques de 20 à 25 cm de diamètre et de longueur variable. Elles sont laissées en place après l'opération.

Au cours de la campagne 2012, d'autres vestiges métallurgiques, n'appartenant à aucune de ces quatre traditions ont aussi été observés. Malheureusement, ils ont été repérés trop tardivement et il n'a pas été possible d'établir une caractérisation complète de ces vestiges qui aurait nécessité la fouille d'au moins un fourneau bien conservé. Il s'agit en particulier d'un groupe d'une quinzaine d'amas de scories, situés dans la zone 30 qui présentent des caractères communs sur le plan des débris de fourneau observables, de l'assemblage de déchets et de la disposition des vestiges. Il y a donc tous les critères pour définir une **tradition KRS 5** à Korsimoro. Aucune datation radiométrique ne permet d'attribuer un âge à ces vestiges. Des informateurs locaux nous ont rapporté que ces installations auraient été en activité il y a environ un siècle. Ils pourraient donc appartenir à un passé très récent.

Les amas se présentent sous la forme de buttes ou d'épandages d'ampleur limitée (surface de 50 à 200 m²) et d'épaisseur faible (0.1 à 1 m). Les bases de fourneau sont installées dans les amas, sans organisation particulière (Fig. 12). Il peut y avoir plusieurs bases dans un seul amas (Fig. 13). Les bases sont circulaires et de grand diamètre (1.5 m). Il n'y a pas d'observations permettant de fixer le nombre d'ouvertures. Les informateurs mentionnent l'utilisation simultanée de quatre soufflets. Il n'y a pas d'observations sur les éventuelles tuyères. Les parois des fourneaux sont construites à l'aide de pains d'argile réguliers quadrangulaires d'une dizaine de centimètres de long. Des éléments effondrés permettent de restituer des parois hautes de plus d'un mètre. Les scories associées sont des petits fragments, souvent globuleux. On observe aussi un faciès particulier de scories en forme d'agglomérat de cordons et de lobes centimétriques pris dans une masse d'argile indurée par la chaleur. Ce faciès est très curieux

**Fig. 12** Butte de scories en forme de nodules attribuée à la tradition technique KRS 5 (secteur 35–3). Deux fourneaux effondrés sont visibles en périphérie de l'amas.

12

**Fig. 13** Fourneau effondré appartenant à la tradition KRS5 (secteur 35–3 – Fig. 12). Les parois sont construites avec des petits pains d'argile.

et correspond peut-être au remplissage par la scorie de blocs de sédiments provenant de termitières. Il n'y a malheureusement pas encore eu d'étude approfondie de ces débris.

D'autres vestiges archéologiques ont été observés sur le terrain. Ils témoignent d'autres activités que la réduction du minerai de fer: ce sont des traces d'occupation et d'habitats, des nécropoles, des lieux de sacrifice, des ateliers de forge ou encore des vestiges miniers. A ce stade de l'étude, il n'est possible de les mettre en relation avec la chronologie des vestiges de production du fer que par le biais de datation radiométrique. La céramique associée, par exemple, n'est pas assez bien connue pour être utilisée comme élément de datation. Des traces d'occupation, habitat et nécropole, contemporaines de la période de production la plus ancienne ont été mises en évidence.

*2.1.2 Qualité des informations archéologques*

L'étude du site de Korsimoro a grandement bénéficié des excellentes photographies satellitaires disponibles sur Internet à l'époque. Ces prises de vue effectuées à la saison sèche offraient une visibilité exceptionnelle des vestiges. Les travaux au sol ont permis d'affiner considérablement l'interprétation de ces clichés.

Des centaines d'amas de scories et de concentrations de vestiges ont été identifiés, s'échelonnant sur 10 km, en aval et en amont du village moderne de Korsimoro, principalement sur la rive sud de la rivière. Compte tenu de son étendue, des difficultés d'accès et du temps d'intervention limité, le complexe sidérurgique de Korsimoro n'a fait l'objet que d'une étude partielle. Certaines parties du site ont été explorées en détail à l'aide de sondages archéologiques et de relevés topographiques précis, d'autres n'ont été que prospectées systématiquement et quelques unes simplement visitées. Certaines concentrations éloignées et difficiles d'accès n'ont même pas pu

être atteintes. L'information recueillie est donc de qualité très variable. L'accent a été mis volontairement sur les vestiges liés à la production primaire du fer (amas de scories, fourneaux). Au contraire, les autres catégories de vestiges n'ont pas été recherchés systématiquement.

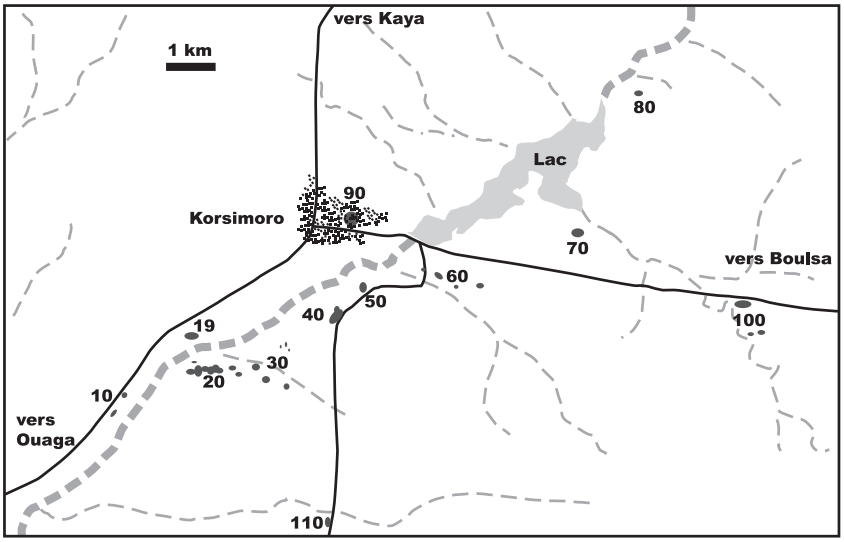
Sur le terrain, à l'aide des critères établis, il est presque toujours possible d'attribuer des vestiges donnés à l'une ou l'autre des traditions techniques identifiées. Sur les photos satellitaires, l'identification des amas de scories des traditions KRS2 et KRS3 est assez facile, vu leur ampleur. Il est presque toujours possible de distinguer les vestiges de KRS2 de ceux appartenant à KRS3 en raison de l'organisation spatiale des rejets. L'étude attentive des photos a permis de déceler la plus grande partie des vestiges appartenant à ces deux traditions dans un rayon de 10 km autour de la ville moderne de Korsimoro. Par contre, sur ces photos, il est presque impossible de reconnaître les vestiges appartenant aux traditions KRS1 et KRS4. En conséquence, la fréquence de ces vestiges est certainement sous-estimée et leur distribution incomplètement cartographiée.

*2.1.3 Découpage spatial et numérotation des zones et secteurs*

Le complexe sidérurgique de Korsimoro étant très étendu, il a été subdivisé en une dizaine d'ensembles plus petits: les zones 10 à 110 (Fig. 14). Dans une même zone, les amas de scories sont contigus ou au moins très proches, à quelques exceptions près. Les zones sont séparées les unes des autres par des distances supérieures à un kilomètre. Ces espaces intermédiaires sont apparemment dépourvus de vestiges sidérurgiques mais ils n'ont pas été prospectés systématiquement.

Au sein de chaque zone, on a individualisé un maximum de sous-ensembles homogènes qui puissent être décrits séparément et situés sur les relevés et les photos satellitaires. Dans le cas des vestiges de la tradition KRS3, les amas de scories en forme d'anneau forment des unités évidentes. C'est plus difficile de tracer des limites dans les grandes nappes de scories de la tradition KRS2 ou entre les alignements approximatifs de KRS1. Les unités descriptives, désignées sous le terme de secteur, sont donc inégales mais ce système de numérotation est assez souple et a pu être utilisé de manière efficace sur le terrain et pour la gestion de l'information. Au sein d'une zone, des secteurs assez étendus sont définis sur les photos satellitaires et numérotés successivement, généralement d'Ouest en Est. Au sein de ces grands secteurs, si cela est possible, on individualise des secteurs plus petits. La numérotation obéit donc à la logique suivante: La zone 10 comporte des secteurs 11, 12, etc. Le secteur étendu 11 comporte les secteurs restreints 111, 112, etc. Les structures particulières, comme les four-

**Fig. 14** Carte générale du complexe sidérurgique de Korsimoro (Burkina Faso). Le site est subdivisé en zones numérotées de 10 à 110, d'Ouest en Est et correspondant à des concentrations importantes de vestiges sidérurgiques.




14

neaux, ont été identifiées individuellement par un numéro, à l'intérieur d'un secteur. Elles sont positionnées à l'aide des coordonnées GPS ou sur les relevés topographiques de détail.

*2.1.4 Méthodologie pour la quantification des déchets métallurgiques*

L'évaluation des quantités de déchets est un des objectifs principaux de l'étude. C'est la donnée qui permet de réfléchir sur l'intensité et l'organisation de la production ainsi que sur l'impact écologique et économique de cette activité. A Korsimoro, les différentes traditions techniques laissent des vestiges très différents et il est nécessaire d'adapter les méthodes de quantification aux réalités du terrain.

Les vestiges de la tradition KRS1 ont été étudiés dans deux secteurs (53 et 105) et observés dans plusieurs autres parties du site (zones 30, 40 et 100). Ce sont principalement des groupes de fourneaux juxtaposés couvrant des surfaces importantes. Ce sont des fourneaux à utilisation unique et il ne se forme pas d'accumulation de scories en surface. La quantification doit donc être établie sur la base du nombre de fourneaux et de la masse de scories contenue dans chaque fourneau individuellement.

Le dénombrement des fourneaux ne pose pas de problème pratique dans les zones où la visibilité est bonne et où les vestiges affleurent. Par contre, il est impossible d'identifier des vestiges enterrés ou masqués par la végétation. Enfin, il faut rappeler que les photos satellitaires ne sont d'aucune utilité pour identifier et quantifier ces vestiges. A Korsimoro, il est certain que le dénombrement des vestiges KRS1 est très incomplet. Il n'y a pas de moyen pour estimer le pourcentage de vestiges non observés.

Pour ce qui est de la masse des scories contenues dans les fourneaux, les différents cas étudiés montrent des disparités considérables. Dans certains cas, le fond de la cuve est rempli par une masse compacte de scories dont la masse peut être évaluée entre 100 et 200 kg, d'après les dimensions des blocs. A l'opposé, certaines bases fouillées n'ont livré que quelques fragments épars pesant entre 15 et 20 kg.

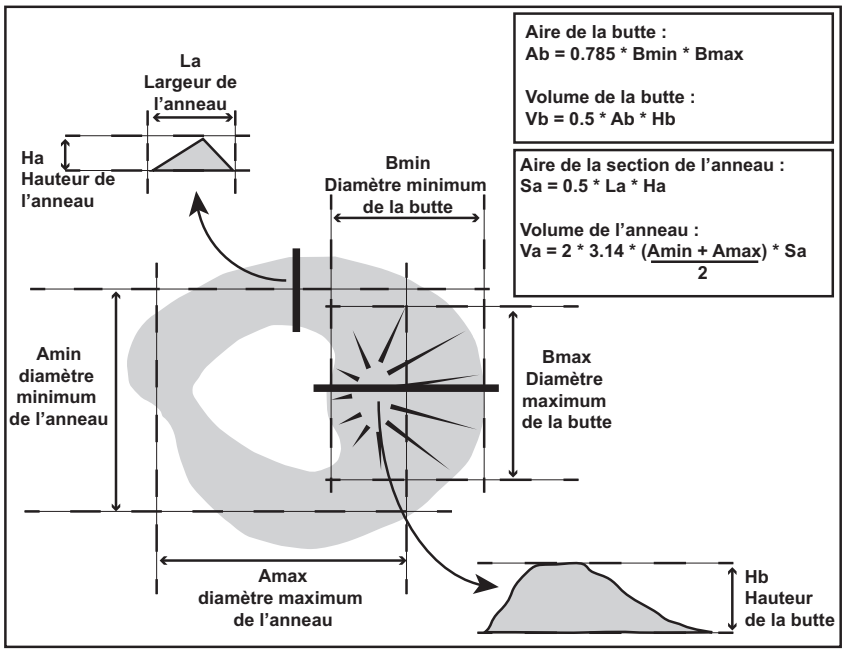
Sur la base des données disponibles, on ne peut utiliser qu'une approximation assez peu précise: une masse de 100 kg de scories par fourneau de la tradition KRS1.

La tradition KRS 4 pose un problème similaire. Il s'agit également de fourneaux à usage unique et les scories sont abandonnées dans la cuve après le fonctionnement. Le dénombrement des fourneaux est sans doute un peu plus facile dans la mesure où ces structures sont plus jeunes et moins susceptibles d'être recouvertes par des sédiments ou des scories plus récentes. La détermination de la masse de scories pour un fourneau repose sur les pesées effectuées sur une vingtaine de pièces: celles qui ont été excavées dans les zones 22–7 et 54 mais aussi plusieurs pièces déchaussées par l'érosion. Les mesures montrent une variation faible, entre 35 et 65 kg. On retiendra une moyenne de 50 kg par fourneau de la tradition KRS4.

La situation est différente pour les autres traditions techniques et leurs fourneaux à usage multiple. Dans la tradition KRS2, les grands blocs de 300 à 500 kg qui se forment dans le fond du fourneau sont cassés en fragments et rejetés sans organisation apparente. Petit à petit, il se forme de grands épandages de débris qui entourent les fourneaux. L'estimation du tonnage se fonde sur la mesure de la surface recouverte et l'épaisseur de la nappe. Enfin, il faut pouvoir estimer la masse de scories dans un volume unitaire de déblais. La surface se mesure aisément, soit sur les photos satellitaires soit sur les relevés topographiques. Les épaisseurs ont été observées à maintes reprises, soit dans les talus d'érosion, soit dans les sondages archéologiques. Elles ne sont jamais très importantes: la couche peut avoir entre 10 et 65 cm d'épaisseur. Quelques données ont été réunies pour cerner la variabilité de la masse de scories par unité de volume. Pour cela, des sondages de volume déterminé ont été excavés et tous les déchets provenant de ces fouilles ont été triés et pesés (Fig. 15). Les résultats montrent des disparités assez importantes pour KRS2. Il apparaît malgré tout raisonnable de prendre pour base une masse de 1'000 kg/m$^3$ pour les déblais de KRS2.

| | volume m3 | tuyères kg | scories kg | densité scories kg / m3 | tuyères % | scories % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **KRS 2** | | | | | | |
| Sondage 22-4-S1 | 0.14 | 34 | 344 | 2548 | 9.0 | 91.0 |
| Sondage 26-1-F1 | 2.00 | 92 | 828 | 464 | 10.0 | 90.0 |
| Sondage 283-1 | 0.18 | 27 | 140 | 800 | 16.0 | 84.0 |
| Transect 26-S1 | 0.30 | 8 | 129 | 428 | 6.0 | 94.0 |
| Transect 26-S2 | 0.20 | 0 | 39 | 192 | 0.0 | 100.0 |
| Transect 26-S3 | 0.30 | 0 | 338 | 1126 | 0.0 | 100.0 |
| Transect 26-S4 | 0.30 | 0 | 408 | 1360 | 0.0 | 100.0 |
| Transect 26-S5 | 0.40 | 5 | 199 | 497 | 2.5 | 97.5 |
| Sondage 51-F1 | 3.20 | 766 | 1724 | 539 | 31.0 | 69.0 |
| **KRS 3** | | | | | | |
| Sondage 226-1 butte | 0.14 | 10 | 363 | 2596 | 2.5 | 97.5 |
| Sondage 29-2 anneau | 0.42 | 10 | 466 | 1109 | 2.0 | 98.0 |
| Sondage 29-2 butte | 0.29 | 8 | 635 | 2231 | 1.0 | 99.0 |
| Sondage 52-3 anneau | 0.17 | 48 | 233 | 1412 | 17.0 | 83.0 |
| Sondage 52-3 butte | 0.50 | 18 | 784 | 1568 | 2.0 | 98.0 |

15




16

Pour les vestiges de KRS3, les déchets sont rejetés d'une manière très ordonnée. Les scories coulées externes sont systématiquement accumulées dans la partie Ouest de l'amas et forment une butte plus ou moins hémisphérique. Les autres débris, surtout les blocs de scories internes, sont rejetés en périphérie et forment l'anneau. Le calcul des volumes a été fait séparément pour ces deux éléments. Le volume de la butte est égal à sa surface multipliée par la moitié de la hauteur maximale. Le volume de l'anneau est calculé comme un tore en multipliant le diamètre moyen (mesuré au sommet du bombement) par la section de l'anneau (approximée à un triangle) et par 2 $\pi$ (Fig. 16). On considère un segment de tore de 75% pour tenir compte de la présence de la butte ou moins si l'anneau n'est pas complet. Les résultats des sondages montrent que pour la butte, la masse de scories est de 2'000 kg/m³ et qu'elle n'est que de 1'000 kg/m³ pour l'anneau (Fig. 15). L'addition des deux estimations donne la masse totale pour chaque ensemble.

## 2.2 Organisation spatiale du site et localisation des interventions archéologiques.

Les zones 20, 50 et 100 ont fait l'objet de travaux approfondis (Fig. 8). Les zones 10 et 30 ont été prospectées systématiquement à pied et les vestiges brièvement décrits. Les zones 40, 60, 70 et 110 n'ont fait l'objet que de courtes visites et de descriptions sommaires. La zone 80 est restée inaccessible. La zone 90, qui est recouverte par un quar-

**Fig. 15** Tableau des sondages effectués pour évaluer la masse de scories par m³ de déblais pour les amas appartenant aux traditions KRS2 et KRS3.

**Fig. 16** Schéma et formules pour le calcul du volume pour les amas annulaires de la tradition KRS3. Le volume de la butte et celui de l'anneau sont calculés séparément car la masse par m³ de scories est significativement différente (respectivement 2'000 et 1'000 kg/ m³). On applique un facteur de correction au volume de l'anneau (en général 0.75) pour tenir compte du chevauchement de la butte.

**Fig. 17** Liste des secteurs de la zone 10.

**Fig. 18** Deux bases de fourneau de la tradition KRS2 dans un épandage de faible épaisseur constitué de blocs cassés de scories internes (secteur 11–82).

**Fig. 19** Vue d'un ensemble de quelques amas de scories de la tradition KRS3 en bordure d'un talus d'érosion (secteurs 11–1 à 11–5).

18

tier d'habitation de la ville de Korsimoro, n'offre pas de bonnes conditions d'observation. Ces zones varient considérablement du point de vue de l'importance des vestiges rencontrés. Les estimations pour les zones les plus petites se situent autour de 500 tonnes alors que la zone 20, la plus étendue, renferme au moins 25'000 tonnes de scories. Dans toutes les zones qui ont été étudiées en détail ou prospectées systématiquement, on observe la présence de vestiges appartenant à plusieurs traditions techniques.

*2.2.1 La zone 10*

La zone 10 se trouve à l'extrémité Sud-Ouest du complexe de Korsimoro, sur la rive Nord de la rivière (Fig. 17). La partie Ouest (**secteurs 11 et 12**), située au bord de la route principale, a été prospectée systématiquement et tous les vestiges ont fait l'objet de relevés topographiques au sol mais aucun sondage n'a été mis en place. Les secteurs 11–8 et 11–9 correspondent à quatre épandages de scories typiques de la tradition KRS2 avec 32 bases de fourneaux en tout (Fig. 18). Les fourneaux sont disposés de manière désordonnée ne formant pas d'alignement rigoureux. Ils sont situés aussi bien au centre qu'en périphérie de la nappe de scories. Dans quelques cas, des bases sont à moins de deux mètres l'une de l'autre, mais le plus souvent il y a 5 à 10 m d'écart entre elles.

A une dizaine de mètres au Nord-Est, se trouvent 4 amas annulaires de la tradition KRS3 (11–1 à -4) et 3 concentrations de scories de même nature mais moins lisibles (11–5 à -7) (Fig. 19). Dans l'amas 11–1, une grande poterie encastrée dans la butte correspond probablement à l'aménagement d'un lieu de sacrifice postérieur à la pé-

| ZONE 10 | | | nombre de fourneaux | surface m2 | tonnage / t | | | | | remarques |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | traditions techniques | | | | | |
| Secteur | coordonnées UTM | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 111 | 705'561 | 1414'500 | | 250 | | | 79 | | | Lieu de sacrifice |
| 112 | 705'587 | 1414'550 | 1 | 400 | | | 55 | | | |
| 113 | 705'632 | 1414'554 | 1 | 600 | | | 96 | | | |
| 114 | 705'599 | 1414'526 | | 400 | | | 53 | | | |
| 115 | 705'596 | 1414'475 | | 250 | | | 14 | | | |
| 1161 | 705'485 | 1414'635 | | 350 | | | 20 | | | |
| 1162 | 705'485 | 1414'660 | | 50 | | 2 | | | | |
| 117 | 705'560 | 1414'526 | | 250 | | | 18 | | | |
| 1181 | 705'460 | 1414'480 | 7 | 750 | | 200 | | | | |
| 1182 | 705'480 | 1414'495 | 6 | 500 | | 50 | | | | |
| 1183 | 705'440 | 1414'510 | 11 | 600 | | 50 | | | | |
| 119 | 705'380 | 1414'475 | 8 | 1150 | | 350 | | | | |
| 121 | 705'782 | 1414'873 | | 150 | | | 11 | | | |
| 122 | 705'801 | 1414'892 | | 150 | | | 14 | | | |
| 123 | 705'833 | 1414'964 | 1 | 50 | | | 3 | | | |
| 1241 | 705'768 | 1414'980 | | 150 | | | 16 | | | |
| 1242 | 705'768 | 1414'995 | | 250 | | | 33 | | | |
| 19 | 707'150 | 1416'150 | 28 | 1500 | | 500 | | | | |
| | | | | Total | 0 | 1152 | 412 | 0 | 0 | 1564 |

17

19

20

Fig. 20 Pot en céramique encastré dans la butte de scories d'un amas de tradition KRS3 (secteur 11–1). Cet aménagement correspond probablement à un lieu de sacrifice utilisé à une époque récente.

Fig. 21 Liste des secteurs de la zone 20.

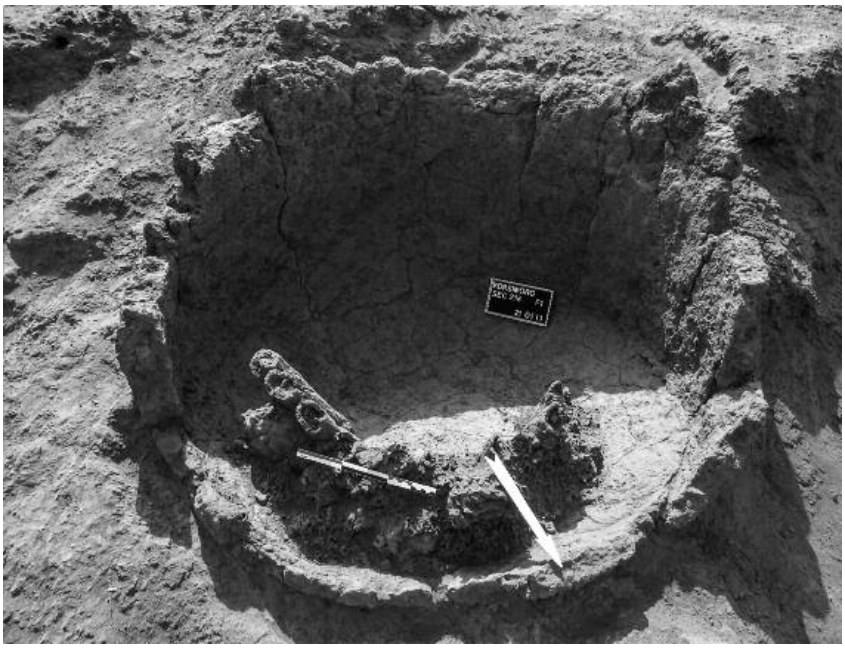
Fig. 22 Vue du fourneau 21–5-F1 (secteur 25). Dans la moitié Nord de la cuve, une dizaine de fragments de tuyères usagées ont été volontairement disposés en couronne.

riode de production (Fig. 20). A quelques centaines de mètres au Nord, il y a 5 autres concentrations érodées attribuables à KRS3 (112–1 à -4).

La partie Est (**secteur 19**) est située à environ 2 km au Nord-Est, toujours sur la rive Nord. Les vestiges sont assez abîmés par les activités humaines et cette zone n'a pas été étudiée en détail. Elle est peu lisible sur les photos satellitaires. Au cours d'une visite, au moins 28 bases de fourneau ont été dénombrées. Les caractéristiques techniques dominantes sont celles de KRS2.

*2.2.2 La zone 20*

La zone 20, située sur la rive Sud, est la plus étendue du site de Korsimoro: sur une distance de 1,5 km, des amas de scories se succèdent de manière continue (Fig. 21). Le cœur de la zone est occupé par des grandes nappes d'épandage caractéristiques de la tradition KRS2. A l'Ouest et à l'Est, on rencontre des groupes d'amas annulaires KRS3. Dans le secteur 22–7, il y a une très forte concentration de fourneaux, plus de 300, appartenant à la tradition KRS4. Quelques autres batteries beaucoup plus petites on été observées ailleurs dans la zone 20. La présence de vestiges attribuables à la tradition KRS1 n'est pas clairement établie même si une batterie de 2 fourneaux (21–9)



22

| ZONE 20 | | | nombre de fourneaux | surface m2 | tonnage / t | | | | | remarques |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Secteur | coordonnées UTM | | | | traditions techniques | | | | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 2111 | 706'804 | 1415'435 | 1 | 12 | | | 0.5 | | | |
| 2112 | 706'818 | 1415'413 | | 300 | | | 15 | | | |
| 212 | 706'812 | 1415'382 | | 200 | | | 15 | | | |
| 213 | 706'827 | 1415'369 | | 300 | | | 47 | | | |
| 214 | 706'861 | 1415'345 | 1 | 300 | | | 34 | | | sondage |
| 215 | 706'871 | 1415'375 | 1 | 300 | | | 30 | | | sondage |
| 216 | 706'921 | 1415'401 | | 75 | | | 10 | | | |
| 217 | 706'955 | 1415'397 | | 200 | | | 15 | | | |
| 219 | 707'011 | 1415'385 | 2 | | 0.1 | | | | | sondage + 14C KRSM6 |
| 221 | 706'998 | 1415'459 | | 500 | | | 560 | | | |
| 222 | 706'988 | 1415'497 | | 10 | | | 2 | | | |
| 2231 | 707'003 | 1415'522 | | 350 | | | 320 | | | |
| 2232 | 707'005 | 1415'509 | | 300 | | | 200 | | | |
| 2233 | 707'010 | 1415'493 | | 450 | | | 245 | | | |
| 2234 | 707'009 | 1415'476 | | 60 | | | 50 | | | |
| 2241 | 707'045 | 1415'535 | 1 | 200 | | 40 | | | | sondage |
| 2242 | 707'056 | 1415'526 | 2 | 150 | | 15 | | | | |
| 2243 | 707'049 | 1415'510 | 1 | 80 | | 15 | | | | sondage |
| 2244 | 707'058 | 1415'506 | 1 | 60 | | 5 | | | | |
| 2251 | 707'050 | 1415'480 | | 4000 | | 1500 | | | | sondage |
| 2252 | 707'095 | 1415'430 | | 200 | | 20 | | | | |
| 2261 | 707'118 | 1415'449 | | 200 | | | 84 | | | sondage + 14C KRSM1 |
| 2262 | 707'109 | 1415'482 | | 10 | | | 33 | | | |
| 2263 | 707'122 | 1415'474 | | 25 | | | 20 | | | |
| 2264 | 707'051 | 1415'490 | | 350 | | | 200 | | | |
| 2265 | 707'042 | 1415'451 | | 350 | | | 190 | | | |
| 2266 | 707'136 | 1415'443 | | 150 | | | 70 | | | |
| 2267 | 707'154 | 1415'443 | | 25 | | | 20 | | | |
| 2268 | 707'162 | 1415'432 | | 45 | | | 30 | | | |
| 2269 | 707'166 | 1415'407 | | 200 | | | 64 | | | |
| 22610 | 707'230 | 1415'400 | | 6500 | | 750 | | | | |
| 22611 | 707'230 | 1415'325 | | 500 | | 50 | | | | |
| 22613 | 707'160 | 1415'260 | | 1000 | | 100 | | | | |
| 22614 | 707'120 | 1415'280 | | 500 | | 50 | | | | |
| 22616 | 707'087 | 1415'260 | | 35 | | | 40 | | | |
| 22617 | 707'085 | 1415'248 | | 300 | | | 200 | | | |
| 22619 | 707'080 | 1415'320 | | 500 | | 50 | | | | |
| 22620 | 707'215 | 1415'454 | 8 | | | | | 0.2 | | |
| 22621 | 707'220 | 1415'450 | | 800 | | 300 | | | | |
| 22622 | 707'175 | 1415'520 | | 4000 | | 1500 | | | | |
| 22623 | 707'125 | 1415'475 | | 5000 | | 2000 | | | | |
| 2271 | 707'105 | 1415'409 | 88 | | | | | 4.0 | | sondage + 14C KRSM4, 5 et 15 |
| 2272 | 707'080 | 1415'400 | 65 | | | | | 3.0 | | |
| 2273 | 707'065 | 1415'380 | 183 | | | | | 8.0 | | |
| 231 | 707'040 | 1415'643 | | 90 | | 10 | | | | |
| 232 | 707'056 | 1415'640 | | 100 | | 5 | | | | |
| 233 | 707'065 | 1415'630 | | 100 | | 5 | | | | |
| 2341 | 707'080 | 1415'645 | 1 | 150 | | 30 | | | | |
| 2342 | 707'095 | 1415'630 | 1 | 200 | | 40 | | | | |
| 235 | 707'075 | 1415'705 | | 50 | | 10 | | | | |
| 236 | 706'970 | 1415'702 | 1 | 300 | | | 560 | | | |
| 237 | 706'983 | 1415'687 | | 70 | | | 15 | | | |

21

a donné une date radiométrique compatible avec la période de production KRS1. La zone 20 a été le principal objectif de la campagne de 2011, mais des travaux complémentaires importants ont aussi été accomplis en 2012.

Dans la partie Ouest (**secteur 21**), les vestiges identifiés appartiennent tous à la tradition KRS3, mais certains sont très érodés, ce qui peut rendre l'attribution incertaine. Quatre amas de scories annulaires (21–2 à -4 et -7) sont bien reconnaissables. Au centre de l'amas 21–4, on a relevé les traces d'une base de fourneau arasée. Le secteur 21–5 se trouve sur le rebord de la terrasse et est très érodé. La forme de l'amas n'est plus perceptible. Dans le talus d'érosion, on observe la couche de scories dont l'épaisseur est d'environ 30 cm. Le talus recoupe aussi le fourneau 21–5-F1 (Fig. 22).

| ZONE 20 (suite) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Secteur | coordonnées UTM | | nombre de fourneaux | surface m2 | tonnage / t | | | | | remarques |
| | | | | | traditions techniques | | | | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 2411 | 707'198 | 1415'614 | | 300 | | | 210 | | | |
| 2412 | 707'178 | 1415'623 | | 500 | | | 180 | | | sondage + 14C KRSM7 |
| 242 | 707'214 | 1415'650 | | 200 | | | 60 | | | |
| 243 | 707'239 | 1415'670 | | 330 | | | 70 | | | |
| 244 | 707'258 | 1415'651 | | 200 | | | 60 | | | |
| 245 | 707'340 | 1415'623 | 2 | 1000 | | 25 | | | | |
| 2461 | 707'250 | 1415'625 | 3 | 2000 | | 1000 | | | | |
| 2462 | 707'250 | 1415'575 | 1 | 2800 | | 1400 | | | | |
| 2463 | 707'320 | 1415'580 | 4 | 2600 | | 1300 | | | | |
| 247 | 707'180 | 1415'680 | 5 | | | | | 0.2 | | |
| 248 | 707'275 | 1415'475 | | 350 | | 100 | | | | |
| 249 | 707'300 | 1415'440 | | 650 | | 50 | | | | |
| 2511 | 707'376 | 1415'608 | 1 | 440 | | | 30 | | | sondage + 14C KRSM16 |
| 2512 | 707'400 | 1415'625 | 1 | 20 | | | 1 | | | |
| 252 | 707'400 | 1415'565 | 1 | 3700 | | 1500 | | | | |
| 253 | 707'480 | 1415'550 | 5 | 1500 | | 750 | | | | |
| 254 | 707'360 | 1415'480 | | 400 | | 40 | | | | |
| 261 | 707'560 | 1415'590 | 2 | 1000 | | 500 | | | | sondage + 14C KRSM3 |
| 262 | 707'560 | 1415'550 | 8 | 5000 | | 1000 | | | | sondage |
| 263 | 707'660 | 1415'560 | | 1500 | | 1000 | | | | |
| 264 | 707'560 | 1415'480 | 5 | 5000 | | 2500 | | | | sondage |
| 265 | 707'660 | 1415'420 | 25 | 10000 | | 2000 | | | | |
| 266 | 707'560 | 1415'380 | | 5000 | | 500 | | | | sondage |
| 267 | 707'562 | 1415'615 | silex | | | | | | | sondage + 14C KRSM2 |
| 268 | 707'701 | 1415'414 | 2 | | | | | 0.5 | | |
| 271 | 707'890 | 1415'490 | 4 | 300 | | 100 | | | | |
| 2721 | 707'810 | 1415'475 | 4 | 500 | | 150 | | | | |
| 2722 | 707'820 | 1415'440 | 1 | 750 | | 225 | | | | |
| 2723 | 707'760 | 1415'410 | 7 | 500 | | 75 | | | | |
| 2724 | 707'730 | 1415'350 | | 600 | | 180 | | | | |
| 2725 | 707'830 | 1415'410 | 1 | 200 | | 60 | | | | |
| 2731 | 707'844 | 1415'223 | 5 | | | | | 0.2 | | |
| 2732 | 707'831 | 1415'168 | 16 | | | | | 0.8 | | |
| 2741 | 708'064 | 1415'355 | 1 | 20 | | | 1 | | | |
| 2742 | 708'058 | 1415'383 | | 50 | | | 5 | | | |
| 2743 | 708'049 | 1415'429 | | 50 | | | 5 | | | |
| 281 | 708'040 | 1415'580 | 9 | 550 | | 55 | | | | |
| 282 | 708'030 | 1415'600 | 1 | 200 | | 44 | | | | |
| 283 | 708'000 | 1415'620 | 7 | 2200 | | 880 | | | | sondage |
| 284 | 708'000 | 1415'585 | 2 | 620 | | 120 | | | | |
| 285 | 707'963 | 1415'587 | 4 | 120 | | 12 | | | | |
| 286 | 707'950 | 1415'610 | 9 | 850 | | 170 | | | | |
| 287 | 707'965 | 1415'660 | | 200 | | 20 | | | | |
| 288 | 707'990 | 1415'680 | | 300 | | 15 | | | | |
| 291 | 708'159 | 1415'470 | | 150 | | | 26 | | | |
| 292 | 707'180 | 1415'466 | 1 | 100 | | | 21 | | | sondage + 14C KRSM9 |
| 293 | 707'237 | 1415'4721 | 1 | 230 | | | 50 | | | |
| 294 | 707'137 | 1415'421 | | 200 | | | | | 20 | |
| 295 | 707'138 | 1415'497 | | 200 | | | 40 | | | |
| 999 | 707'410 | 1414'883 | forge | 100 | | | | | | sondage + 14C KRSM8 |
| | | | | Total | 0.1 | 22266 | 3829 | 16.9 | 20 | 26132 |

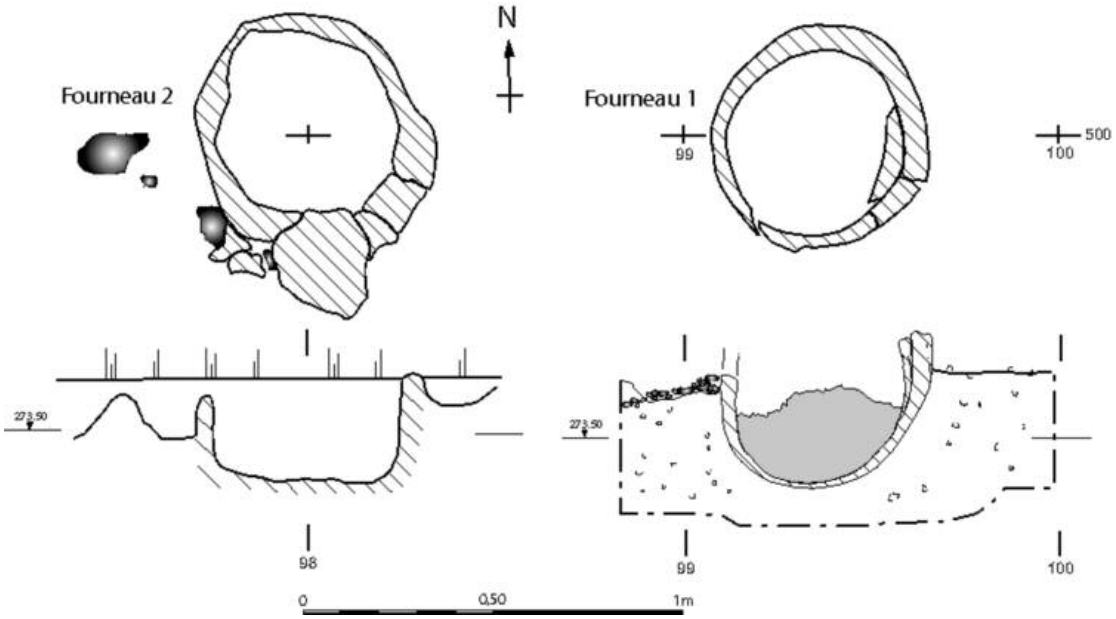
La base est presque complète mais, au sommet, seule la moitié Sud de la paroi est encore en place. La structure forme une cuvette creusée dans le substrat, de 80 cm de profondeur et 115 cm de diamètre à la base. La paroi en place ne montre pas d'ouverture, ce qui peut laisser supposer que celles-ci devaient se trouver à une altitude supérieure au niveau d'arasement. La paroi est constituée de mottes d'argile de 8 cm d'épaisseur recouvertes d'un crépis en banco à l'extérieur et à l'intérieur. Sur la face interne, on observe une couche de finition laminée, riche en empreintes végétales. Sur le fond, dans la moitié Nord, 15 fragments de tuyères usagées de petit module étaient disposés obliquement de manière radiaire formant comme une couronne. A l'origine, une des extrémités de chaque fragment reposait sur le sol alors que l'autre devait s'ap-

Fig. 23 Plan et coupe des deux bases de fourneau attribuées à la tradition KRS 1 (secteur 21–9). DAO M. Mauvilly.

Fig. 24 Vue des deux bases de fourneaux attribuées à la tradition KRS1 en cours de fouille (secteur 21–9).

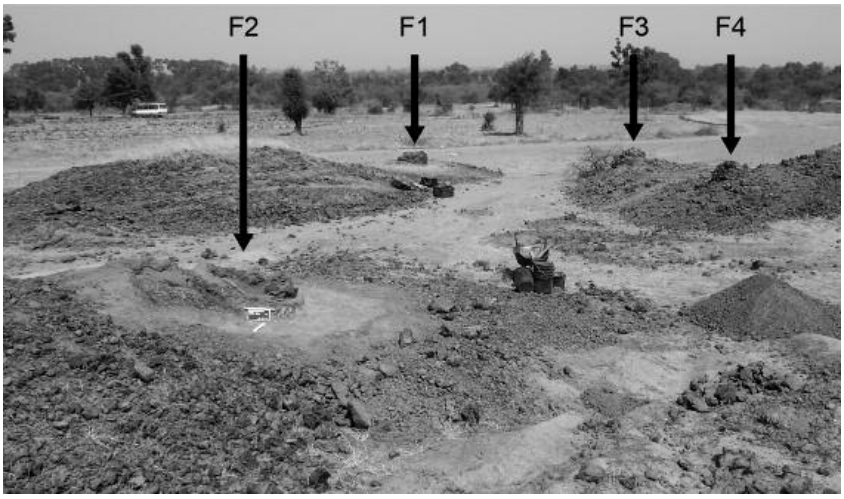
puyer sur la paroi quelques dizaines de centimètres plus haut. Cette structure a été observée dans de bonnes conditions, par contre, elle s'intègre mal aux vestiges appartenant à la tradition KRS3, vu la présence d'une fosse profonde inhabituelle. Le mauvais état de conservation de l'amas de scories 21–5 ne permet pas de confirmer cette attribution. La question de son attribution reste donc ouverte mais la datation radiométrique est cohérente. Le secteur 21–1 qui est très érodé, comporte une nappe diffuse de petits fragments de scories et deux concentrations de débris de paroi pouvant correspondre à des fourneaux. Le secteur 21–6 n'est qu'une nappe de scories insignifiante.

Le **secteur 21–9**, un peu à l'écart des autres, comporte deux bases de fourneau distantes de moins d'un mètre. Ce sont des cuvettes de 60 cm de diamètre creusées dans les limons stériles (Fig. 23 et 24). L'une a un fond plat, l'autre concave. Les parois sont couvertes d'une couche de banco épaisse de 3 à 5 cm qui a subi un fort impact de chaleur. La hauteur conservée n'est que de 20 à 30 cm et correspond à un arasement. Il n'y a pas d'argument pour discuter la superstructure et la présence d'ouvertures. Le fond du fourneau F2 était rempli d'un agglomérat constitué de petits nodules magnétiques correspondant à du minerai incomplètement réduit. Ces deux structures occupent une position topographique en contrebas des terrasses occupées par les ves-



23

24



25

Fig. 25 Vue générale du secteur 22–4 avec quatre bases de fourneau de la tradition KRS2. Les buttes ne sont recouvertes que par une mince couche de 10 à 20 cm d'épaisseur constituée de blocs cassés de scories internes.

Fig. 26 Briquettes en argile mélangée avec de la paille, de forme quadrangulaire, utilisées dans la construction des fourneaux de la tradition KRS2 dans le secteur 22–4.

tiges KRS3. Ces deux fourneaux ne sont pas faciles à classer compte tenu de leur mauvais état de conservation. Ils présentent tout de même des similitudes avec les fourneaux de la tradition KRS1. La datation radiométrique est consistante avec cette interprétation de même que la position topographique.

Le **secteur 22** couvre une surface importante et regroupe des vestiges très divers appartenant à trois traditions techniques (Serneels et al 2012: Fig. 7). Il a été subdivisé en six sous-ensembles comportant de 1 à 23 secteurs.

A l'Ouest, on trouve 5 grands amas de scories annulaires KRS3 (22–1 et -31 à -34: Serneels et al 2012: Fig. 26). Ils ont une vingtaine de mètres de diamètre et les buttes s'élèvent jusqu'à deux mètres de haut. Ces structures forment un alignement irrégulier grossièrement Nord-Sud. Les buttes de scories cassées sont disposées à l'Ouest et les accès vers l'intérieur de l'anneau se trouvent à l'Est. Le cratère central est remblayé par des limons fins et le fourneau n'est pas visible. Les 5 amas semblent contemporains. Le secteur 22–2 correspond à un petit épandage de scories en forme de croissant, gisant en contrebas de la terrasse.

Le secteur 22–4 regroupe sept petites buttes résultant de l'érosion et qui sont coiffées par les restes d'un épandage de scories en bloc appartenant à la tradition KRS2. Cette couche de scories a une épaisseur de 10 à 20 cm. L'érosion très active a dégagé quatre bases de fourneau, à environ 50 cm sous l'amas de scories (Fig. 25). La base 22–4-F1 était remplie par un énorme bloc de scories contenant des fragments de tuyères disposés de manière régulière, verticalement et horizontalement. Il a un diamètre de 105 cm et une épaisseur de 40 cm (volume: 0.15 m$^3$, poids estimé: 300 à 600 kg). Les tuyères possèdent un grand diamètre interne (6 à 8 cm). A proximité du four 22–4-F2, une dizaine de briquettes quadrangulaires aux angles arrondis ont été découvertes (Fig. 26). Elles étaient probablement utilisées dans la construction de la superstructure du fourneau.

Le secteur 22–5 s'étend au Sud de 22–4 et ces deux ensembles étaient probablement jointifs à l'époque du fonctionnement. C'est seulement par la suite que les ravins d'érosion se sont formés. 22–5 est constitué par une grande nappe d'épandage de blocs KRS2 qui couvre environ 4'000 m$^2$ et où aucune base de fourneau n'est visible. Un sondage implanté sur le rebord de la terrasse a permis de mesurer l'épaisseur de la couche de scories qui est de 65 cm.

Le secteur 22–6 correspondait initialement à un vaste épandage attribuable à la tradition KRS2 jouxtant à l'Est le secteur 22–5. Il s'est avéré nécessaire de prendre aussi en compte la zone située au Sud de cet ensemble ainsi que plusieurs amas en anneau de la tradition KRS3 implantés au beau milieu de l'épandage plus ancien.

Dans la partie Nord du secteur 22–6, on distingue 3 nappes KRS2 non perturbées (22–621 à -623) couvrant en tout environ 10'000 m$^2$. Plus au Sud, dans une vaste zone,

26

**Fig. 27** Vue générale du secteur 22–61 en cours de fouille. La partie centrale de l'anneau de scories KRS3 est comblée avec des sédiments limoneux fins d'origine éolienne qui recouvrent un amoncellement de fragments de paroi correspondant à un fourneau totalement détruit. La butte de scories coulées est visible à l'arrière plan (Ouest).

on observe la présence de petits tas pyramidaux constitués de gros fragments de scorie. Ils résultent de l'activité d'épierrement pour la mise en culture du sol. Il y a 5 concentrations principales (22–610, -611, -613, -614 et -619).

Au moins 11 amas annulaires de KRS3 ont été identifiés (22–61 à 22–69, 22–616 et 22–617). Neuf d'entre eux se trouvent dans la nappe 22–623 où ils forment des reliefs bien identifiables. Les deux autres sont situés à une centaine de mètres au Sud.

L'amas 22–61 a fait l'objet d'une étude approfondie avec un grand sondage transversal Ouest-Est. Le cratère central de l'amas a été fouillé (Fig. 27). Au centre de l'amas, sous une couche d'une dizaine de centimètres de limons fins marrons d'origine éolienne et ne contenant aucun déchet métallurgique, se trouve une couche riches en débris, en particulier plusieurs grands fragments de paroi de fourneau disposés horizontalement. Ces éléments sont construits avec des fragments de tuyères d'une vingtaine de centimètres de long, assemblés avec du banco. Cette couche a une vingtaine de centimètres d'épaisseur et repose sur un niveau de limons marrons contenant seulement quelques débris. Enfin, le substrat naturel est un limon argileux jaunâtre stérile. Aucun indice n'a permis de situer l'emplacement du fourneau. En particulier, on n'observe aucune structure en place ni la présence d'une fosse ou d'un creusement dans la couche stérile. Seuls les éléments de destruction témoignent de la présence d'un fourneau. Plus à l'Est, les limons marrons éoliens stériles sont beaucoup plus épais et reposent directement sur le substrat. A l'Ouest, le sondage a été prolongé jusqu'à la butte de scories coulées. La base de ce dépôt se trouve directement sur la surface du niveau stérile, soit à 40 cm sous la surface actuelle.

Enfin, le secteur 22–620, à la limite Est du secteur 26, correspond à une petite batterie de fourneaux appartenant à la tradition KRS4. Il y a 8 fourneaux visibles, dont 5 forment un alignement Nord-Ouest/Sud-Est. La distance entre les fourneaux varie de 25 à 150 cm.

**Fig. 28** Un groupe de petits fourneaux appartenant à la tradition KRS4 dans le secteur 22–7.

Le secteur 22–7 se situe au Sud de 22–5 et à l'Ouest de 22–6. Il regroupe au moins 336 petits fourneaux appartenant à la tradition KRS4 (Serneels et al 2012: Fig. 34 et 35). La disposition générale de ces fourneaux est irrégulière. On distingue deux regroupements grossièrement elliptiques (22–72: 10 × 5 m avec 65 fours et 22–73: 15 × 10 m avec 183 fours) et un alignement grossièrement Nord –Sud (22–71: 40 × 5 m avec 88 fours). A plus petite échelle, on constate souvent que des groupes de fourneaux de 4 à 10 individus semblent former des alignements, mais il est très difficile de les identifier de manière convaincante. Les distances entre fourneaux juxtaposés varient de 20 à 100 cm (Fig. 28).

Un petit sondage a été effectué sur le fourneau 22–7-F32 et un second sondage, plus grand, a permis d'étudier un groupe de 10 structures. Quatre d'entre elles ont été démontées complètement. Ce sont ces fourneaux qui ont servi à la définition de la tradition KRS4.

Le **secteur 23** se situe au Nord du secteur 22 (Serneels et al 2012: Fig. 7). Il correspond à une petite concentration de vestiges qui comporte les restes d'une nappe de scories de la tradition KRS2 morcelée par l'érosion récente en 3 buttes témoins et 3 épandages diffus couvrant au total environ 700 m² (23–1 à -5). Deux bases de fourneau émergent dans les talus d'érosion. Il faut signaler la présence de briquettes en argile, utilisées pour la construction. Deux cents mètres à l'Ouest, on repère un anneau de scories KRS3 (23–6) et une butte annexe (23–7).

La partie centrale du **secteur 24** est constituée par un grand épandage KRS2 couvrant 8'500 m² (24–5 et -6). Plusieurs bases de fourneau, 10 au total, sont visibles. Au Sud, se trouve un autre épandage de même nature mais d'extension limitée (24–8) et une autre zone, un peu plus vaste, avec des tas de scories résultant de l'épierrement agricole (24–9).

Au Nord, on rencontre des vestiges appartenant à la tradition KRS3: 5 anneaux avec leurs buttes de scories coulées. Les amas 24–11 et -12 sont volumineux et bien conservés alors que les 3 autres sont plus modestes (24–2 à -4). L'amas 24–12 a fait

**Fig. 29** Vue générale du secteur 24–12 en cours de fouille. La partie centrale de l'anneau de scories KRS3 est comblée avec des sédiments limoneux fins d'origine éolienne qui recouvrent un amoncellement de fragments de paroi correspondant à un fourneau totalement détruit. La butte de scories coulées est visible à l'arrière plan (Ouest).

l'objet d'un sondage dans la partie centrale (Fig. 29). Une épaisse couche de limons argileux marrons d'origine éolienne rempli la cuvette. Elle atteint 50 cm d'épaisseur. Elle se dépose sur une couche de contenant une forte proportion de gros débris: scories en bloc et fragments de paroi qui recouvre le substratum stérile (argile jaunâtre). Une série d'éléments de paroi de grande dimension, couvrant environ 1 m² ont été découverts en position horizontale. Aucun reste de fourneau en place n'a pu être observé ni aucun creusement. A la base de la couche d'occupation, un gros bloc de scories circulaires (diamètre 50 cm) avec 10 tronçons de tuyères réutilisées en position verticale. A l'Ouest, le remplissage recouvre la butte de scories coulées.

Dans la ravine qui borde le secteur 24 à l'Ouest, plusieurs blocs de scories cylindriques provenant de fourneaux de la tradition KRS4 ont été déplacés par l'érosion (24–7).

Le **secteur 25** est principalement constitué par une grande nappe de scories KRS2 s'étendant sur environ 5'000 m² (25–2 et -3). Elle est particulièrement épaisse et les bases de fourneaux sont particulièrement nombreuses et bien conservées. Au total, on dénombre 46 fourneaux en ruine. Ils émergent du sol, isolés ou en petits groupes de 3 à 5 individus évoquant des batteries. Au Sud, se trouve une aire avec des tas d'épierrement agricole de faible importance (25–4).

A la périphérie Nord, des vestiges arasés se rattachent à la tradition KRS3. Les amas annulaires ne sont pratiquement pas lisibles en raison de l'érosion, mais la présence de petits bombements constitués exclusivement de scories coulées est une indication fiable. Deux bases de fourneaux ont fait l'objet d'un nettoyage superficiel et ont pu ainsi être attribuées à la tradition KRS3. Le premier, 25–1-F1, est fortement perturbé par la croissance d'un arbre. Le second, 25–1-F3 est fortement arasé. Dans les deux cas, on observe l'utilisation de fragments de tuyères usagées dans la construction. Le fourneau F3 est arasé au niveau des embrasures. On distingue les fondations de quatre piliers. A ce niveau d'arasement, le diamètre interne est très grand (1,5 m) ainsi que la largeur des ouvertures (80 cm).

Dans le **secteur 26**, la plus grande partie des vestiges se rattache à la tradition KRS2. Un très grand épandage occupe la partie Nord du secteur (26–1 à -4: 12'500 m²). Il comporte, dans la partie centrale, une dépression qui a été mise en culture assez récemment mais dont l'existence est sans doute ancienne, compte tenu de la présence de nombreux vestiges de fourneau en place et occupant de ce fait une position topographique en contrebas de la terrasse. Le fourneau 26–1-F1 a fait l'objet d'une fouille complète et a servi de base pour la définition de la tradition technique KRS2 (Serneels et al 2012, Fig. 20). En tout, 15 bases de fourneaux ont été identifiées dans cet épandage.

En bordure Nord (26–7), un sondage stratigraphique a été implanté en raison de la présence en surface au pied du talus d'érosion de la terrasse, d'un grand nombre de pièces de quartz taillées. La stratigraphie montre que le niveau correspondant se trouve directement en dessous de la base de la couche de scories. Des charbons provenant de la base de la couche de scories ont fait l'objet d'une datation.

Au Sud-Est, une seconde nappe KRS2 renferme 25 bases de fourneau (26–5). Un troisième épandage se trouve au Sud-Ouest mais il n'y a aucun fourneau en bon état et l'épaisseur du dépôt semble plus faible (26–6).

Pour étudier la variation de l'épaisseur de la couche de scories, 6 petits sondages (1/4 m²) ont été implantés le long d'un transect Nord-Sud partant du fourneau fouillé 26–1-F1 (Fig. 15).

Dans la partie Est du secteur 26–5, en bordure de la nappe de scories, 12 petits fourneaux cylindriques, partiellement décapés par l'érosion ont été localisés (26–8). Ils appartiennent clairement à la tradition KRS4.

Le **secteur 27** n'est pas aussi compact que les ensembles précédents. Dans la partie Est, se trouve 4 petites nappes de scories de la tradition KRS2, couvrant au total environ 2'500 m² avec 13 bases de fourneau visibles (27–2 à -5). Elles sont séparées du secteur 26–5 par un talweg. Une centaine de mètres à l'Est, il y a une autre petite nappe avec 4 fourneaux (27–1). Au Sud, deux batteries de petits fourneaux KRS4 ont été localisées, comptant respectivement 5 et 16 fourneaux (27–3). A l'Est, trois emplacements correspondent à des vestiges attribuables à la tradition KRS3 (27–4). Ils sont très érodés et de faible ampleur. Ils sont séparés par un talweg du secteur 29 qui renferme le même type de vestiges.

Dans le **secteur 28**, on ne trouve que des vestiges appartenant à la tradition KRS2. La nappe couvre 3'000 m² et 32 fourneaux ont été repérés, surtout dans la partie Sud où la couche de scories est peu épaisse (Fig. 30). Une ruine rectangulaire et une citerne en ciment, toutes deux récentes, sont implantées au centre de cet amas. Un sondage a été pratiqué pour évaluer la couche de scories. Une pièce en banco cuit de

**Fig. 30** Vue de la partie Sud du secteur 28 avec plusieurs bases de fourneau appartenant à la tradition KRS2.

30

Fig. 31 Quelques exemples de scories en forme de calotte (secteur 999 au Sud de la zone 20). Ces scories sont le déchet typique du travail du fer à la forge.

forme particulière a été retrouvée. Il s'agit d'un cylindre (diamètre: 30 cm, épaisseur: 10 cm) percé d'un trou central de 5 cm. Cette pièce ne porte pas de trace d'impact thermique intense et sa fonction reste énigmatique. Elle a pu faire partie de la superstructure d'un fourneau.

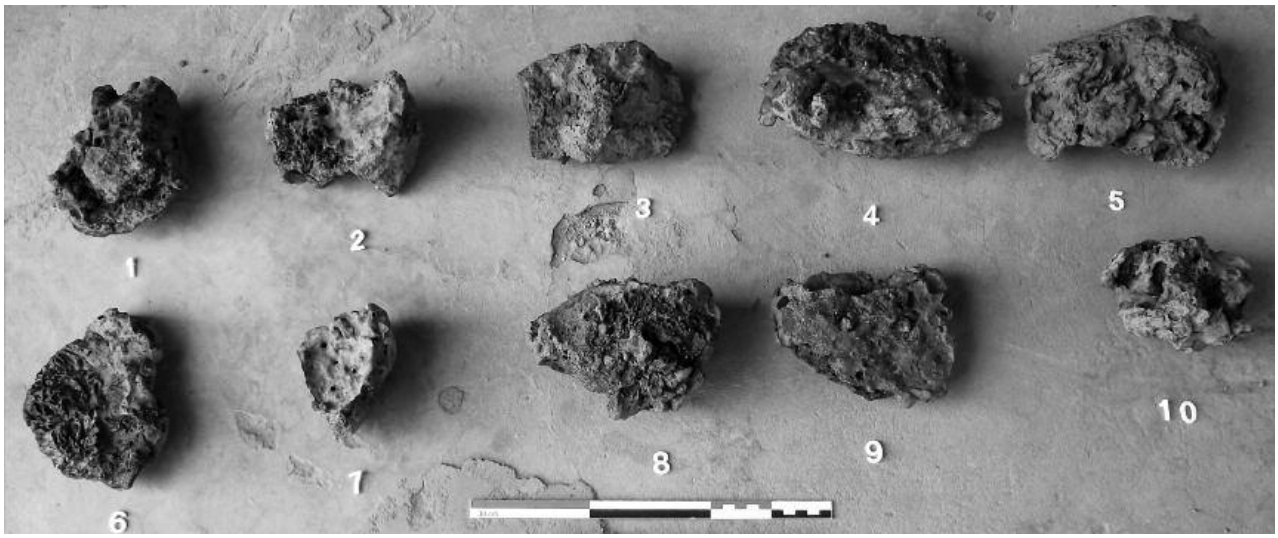
Quatre petits amas annulaires de la tradition KRS3 ont été identifiés dans le **secteur 29**. L'un d'entre eux, bien que de taille modeste, a donné lieu à une intervention plus importante dans la mesure où les vestiges d'un fourneau étaient clairement visibles au centre de l'anneau (29–2-F1). C'est le seul fourneau de cette tradition qui a pu être fouillé complètement (Serneels et al 2012, Fig. 30 à 32). Son état de conservation est relativement mauvais et il reste des doutes quant au nombre d'ouvertures.

Enfin, à une cinquantaine de mètres au Sud, trois petits épandages de scories peu épais ont été localisés. Les éléments manquent pour les attribuer clairement à une tradition technique mais il pourrait s'agir de traces appartenant à KRS5. Les vestiges de ce secteur ont été rattachés à la zone 20, mais dans leur organisation, ils rappellent plutôt ceux de la zone 30. En fait, il se trouvent pratiquement à la même distance des uns et des autres.

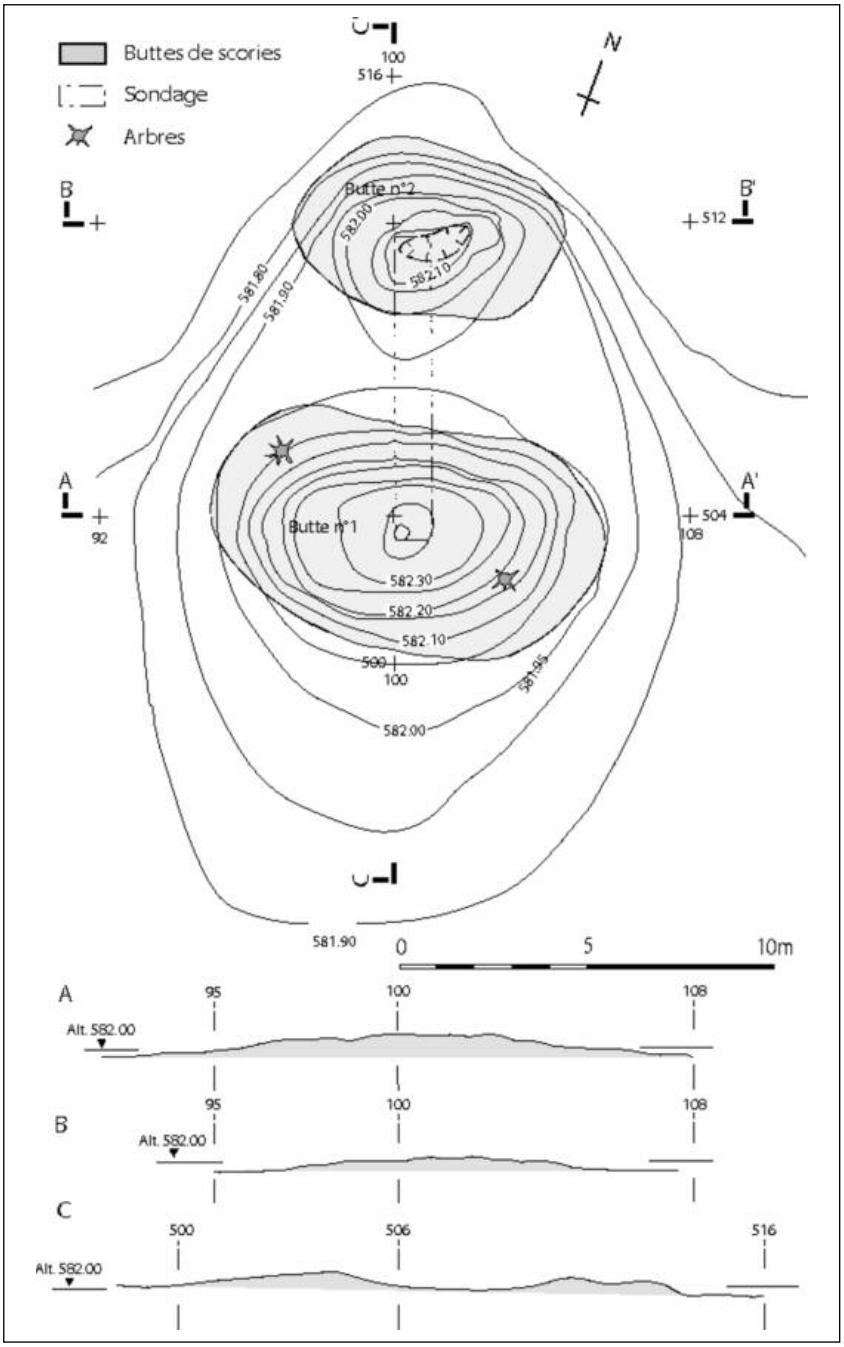
A environ 1 km au **Sud de la zone 20**, s'élève une colline dont le sommet est coiffé par une formation latéritique. En plusieurs points, on peut observer les traces de travaux miniers dans la latérite. Ces travaux sont anciens et ne peuvent pas être mis en rapport avec les travaux de construction des routes de la période coloniale. Cette latérite a pu être exploitée comme minerai de fer, mais les traces observées sont loin de correspondre à l'ampleur de la consommation de minerai d'un site comme Korsimoro. Les principales mines qui ont approvisionné le site n'ont pas encore été localisées.

Au pied de cette colline, tant au Nord qu'au Sud, quelques vestiges métallurgiques ont été observés au cours des prospections pédestres. Il ne s'agit jamais de grands volumes et les repérages précis n'ont pas été faits. Un secteur particulier (999: forge) au Nord de cette colline a cependant attiré l'attention en raison de la découverte de nombreuses scories en forme de calotte pesant entre 0,5 et 1,5 kg (Fig. 31). Ces pièces se distinguent clairement des autres débris découverts à Korsimoro. Habituellement, ce type de scories se forme au cours du travail du fer à la forge. L'immense quantité de fer produite à Korsimoro a certainement dû être travaillée pour produire des barres ou des objets finis et donc la présence d'une forge n'est pas surprenante. C'est plutôt leur absence qui demande à être expliquée.

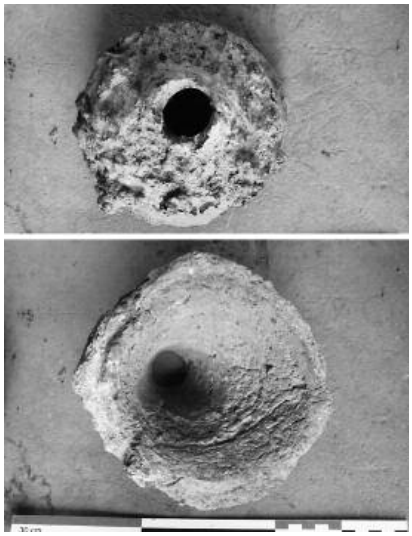
La prospection a permis de découvrir deux petites buttes quasiment contiguës essentiellement constituées de ces déchets de forgeage. Un sondage a été implanté dans l'espace entre les deux buttes et a permis de mettre à jour une structure de combustion pouvant correspondre à une forge (Fig. 32). Des charbons provenant de cette




31




32



33

**Fig. 32** Plan et coupe du secteur 999 avec deux buttes constituées de scories de forge (DAO M. Mauvilly).

**Fig. 33** Tuyère en terre cuite en forme d'entonnoir provenant du secteur 999 et utilisée pour la ventilation des foyers de forge.

**Fig. 34** Liste des secteurs de la zone 30.

structure ont été datés (KRSM8) et correspondent plutôt à une occupation tardive, contemporaine de la tradition KRS4. En outre, on a trouvé de nombreuses tuyères courtes en entonnoir, complètement différentes des autres types rencontrés à Korsimoro (Fig. 33).

*2.2.3 La zone 30*

Une équipe a été chargée de parcourir la zone 30 pendant plusieurs jours mais pour faire principalement du repérage et seulement 3 petits sondages en vue de trouver des vestiges de fourneau (Fig. 34 et 35). La zone 30 ne présente pas un caractère compact. Les vestiges sont principalement des amas annulaires KRS3 dispersés en petits groupes de 2 à 6 unités. Des buttes de scories appartenant à la tradition KRS5 sont associées à plusieurs de ces concentrations. Malheureusement, il n'a pas été possible d'établir clairement la relation chronologique entre les deux types de vestiges. Les informateurs locaux rencontrés sur place ont clairement identifié les vestiges de la tradition KRS5 comme étant ceux dont ils gardaient la mémoire.

| ZONE 30 | | | nombre de fourneaux | surface m2 | tonnage / t | | | | | remarques |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Secteur | coordonnées UTM | | | | traditions techniques | | | | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 311 | 7087'495 | 1415'705 | | 100 | | | 10 | | | |
| 321 | 708'562 | 1415'635 | | 150 | | | 90 | | | sondage |
| 322 | 708'582 | 1415'610 | | 75 | | | | | 15 | |
| 323 | 708'613 | 1415'602 | | 100 | | | 20 | | | |
| 324 | 708'625 | 1415'582 | | 100 | | | 10 | | | |
| 325 | 708'565 | 1415'585 | | 75 | | | | | 15 | |
| 326 | 708'598 | 1415'572 | | 80 | | | 16 | | | |
| 327 | 708'613 | 1415'555 | | 80 | | | 16 | | | |
| 328 | 708'635 | 1415'530 | | 100 | | | | | 20 | |
| 329 | 708'655 | 1415'530 | | 75 | | | | | 15 | |
| 331 | 708'780 | 1415'580 | | 100 | | | | | 10 | |
| 341 | 708'740 | 1415'397 | | 250 | | | 21 | | | |
| 342 | 708'740 | 1415'355 | | 250 | | | 25 | | | |
| 343 | 708'755 | 1415'412 | | 250 | | | 21 | | | |
| 351 | 708'862 | 1415'340 | | 100 | | | 60 | | | sondage |
| 352 | 708'885 | 1415'350 | | 50 | | | 16 | | | sondage |
| 353a | 708'926 | 1415'380 | 1 | 75 | | | | | 7 | |
| 353b | 708'930 | 1415'410 | 3 | 150 | | | | | 30 | |
| 354a | 709'045 | 1415'345 | | 100 | | | 20 | | | |
| 354b | 709'052 | 1415'325 | | 100 | | | 20 | | | |
| 354c | 709'095 | 1415'342 | 3 | 200 | | | 31 | | | |
| 355 | 709'140 | 1415'275 | | 100 | | | 10 | | | |
| 356 | 709'165 | 1415'260 | | 100 | | | 5 | | | |
| 357 | 709'160 | 1415'305 | | 150 | | | 20 | | | |
| 358-9 | 709'190 | 1415'290 | 7 | 600 | | 130 | | | | |
| 361 | 709'150 | 1415'965 | | 300 | | | 40 | | | |
| 362 | 709'170 | 1415'950 | | 300 | | | 25 | | | |
| 363 | 709'160 | 1415'925 | | 250 | | | 40 | | | |
| 364 | 709'165 | 1415'910 | | 250 | | | 80 | | | |
| 366 | 709'150 | 1415'912 | | 15 | | | 30 | | | |
| 367 | 709'180 | 1415'955 | | 100 | | | 16 | | | |
| 368 | 709'138 | 1415'997 | | 75 | | | 16 | | | |
| 369 | 709'125 | 1415'030 | 3 | | 0.2 | | | | | |
| 371 | 708'710 | 1416'103 | | 75 | | | | | 12 | |
| 372 | 708'740 | 1416'027 | | 75 | | | | | 55 | |
| 373 | 708'775 | 1415'990 | | 150 | | | | | 75 | |
| 381 | 708'930 | 1416'200 | 1 | 90 | | | | | 40 | |
| 382 | 708'935 | 1416'170 | | 150 | | | 40 | | | |
| 383 | 708'955 | 1416'180 | | 300 | | | 80 | | | |
| 384 | 709'058 | 1416'130 | 2 | 15 | | | | | 5 | |
| 385 | 709'100 | 1416'300 | 50 | | 5 | | | | | |
| 386 | 709'040 | 1416'125 | | 50 | | | 15 | | | |
| 387 | 709'040 | 1416'145 | | 50 | | | 15 | | | |
| 388 | 709'125 | 1415'120 | | 150 | | | 80 | | | |
| 389 | 709'150 | 1416'130 | | 100 | | | 40 | | | |
| 391 | 709'360 | 1415'735 | 1 | 150 | | | | | 70 | |
| 392 | 709'385 | 1415'700 | | 150 | | | 40 | | | |
| 393 | 709'420 | 1415'730 | | 150 | | | 40 | | | |
| 394 | 709'425 | 1415'678 | | 150 | | | 40 | | | |
| 395 | 709'422 | 1415'642 | 1 | 18 | | | | | 0.5 | |
| 396 | 709'445 | 1415'575 | 6 | 80 | | | | | 30 | |
| 397 | 709'415 | 1415'621 | 1 | 5 | | | | | 0.5 | |
| 398 | 709'417 | 1415'226 | 2 | 180 | 2 | | | | | |
| 399 | 709'376 | 1415'337 | 47 | 600 | 5 | | | | | |
| | | | | Total | 12.2 | 130 | 1048 | 0 | 400 | 1590.2 |

34

Quatre batteries de fourneaux de la tradition KRS1 ont été repérées dans cette zone lors des prospections pédestres. Aucun fourneau KRS4 n'a été observé. Seule une petite nappe KRS2 est visible. Toutes ces installations se trouvent sur les terrasses et non dans les bas-fonds. Les vestiges sont principalement répartis sur deux axes grossièrement parallèles orientés Nord-Est/Sud-Ouest et distants de 500 m environ. Cette orientation est dictée par la direction principale d'écoulement des eaux de surface.

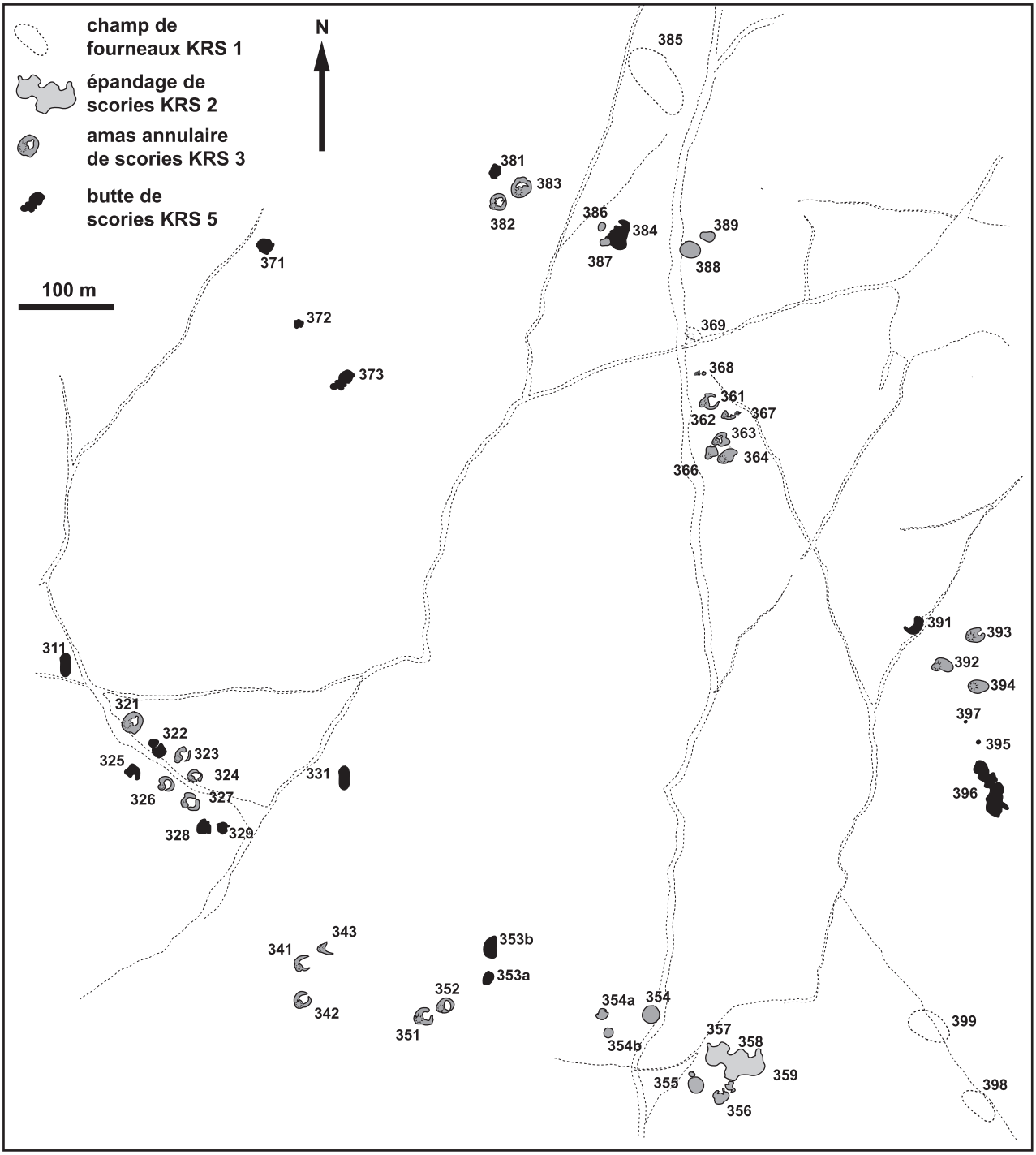



Fig. 35 Plan général de la zone 30. Les amas de scories sont alignés selon deux axes parallèles aux écoulements naturels des eaux de surface. Ils forment des petits groupes de quelques unités (DAO L. Kramer).

Le premier axe, le plus méridional, comporte un premier groupe (32–1 à -9) de 5 petits anneaux KRS3 et 4 nappes de scories elliptiques qui pourraient appartenir à KRS5. Deux autres nappes proches, 31–1 et 33–1 doivent probablement être aussi rattachées à cette dernière tradition. L'anneau 32–1, un peu plus volumineux que les autres, a fait l'objet d'un sondage qui n'a pas mis en évidence de vestige de fourneau. A une centaine de mètres, vient un second groupe de 3 petits anneaux (34–1 à -3), puis un autre comportant 2 amas KRS3 (35–1 et -2) et 2 buttes KRS5 (35–31 et -32) avec des vestiges de fourneau. Ces vestiges sont ceux qui ont permis les observations les plus complètes sur la tradition KRS5 (Fig. 12 et 13). Les anneaux 35–1 et -2 ont chacun fait l'objet d'un sondage au centre du cratère, mais aucun vestige de fourneau n'a pu être mis en évidence. Un peu plus loin, il y a un groupe de 3 amas KRS3 (35–4) puis un dernier avec 3 amas du même genre (35–5 à -7) et une petite nappe de scories KRS2 (35–8 et -9).

Fig. 36 Liste des secteurs de la zone 40.

Les deux groupes de fourneaux rattachés à la tradition KRS1 (39–8 et -9) se trouvent à une bonne centaine de mètres seulement, mais ils sont séparés par un léger talweg et ne sont donc pas clairement dans le même alignement que les autres vestiges. Dans le secteur 39–8, seules deux bases ont été observées, mais il y en a au moins 47 en 39–9.

Le second axe se trouve plus au Nord. Un premier groupe est constitué de deux anneaux KRS3 (38–2 et -3) et d'une butte KRS5 avec les restes d'un fourneau (38–1). Le second groupe est similaire (KRS3: 38–6 et -7; KRS5: 38–4). Le troisième n'est constitué que de deux anneaux KRS3 (38–8 et -9). A une cinquantaine de mètres, 3 bases de fourneau, probablement attribuables à la tradition KRS1, ont été observées (36–9). Le groupe suivant en comporte 6 amas KRS3 (36–1 à -8). Le dernier groupe, éloigné de 150 m environ, comporte trois anneaux KRS3 (39–2 à -4) et un ensemble d'une dizaine de buttes KRS5 avec au moins 8 fourneaux (39–1, 39–5 à -7).

Il faut encore mentionner 3 buttes de scories KRS5, sans fourneau visible, qui occupent une position intermédiaire entre les axes Sud et Nord (37–1 à -3) et un ensemble de plus de 50 fourneaux appartenant à la tradition KRS1 qui a été repéré au Nord du second axe (38–5).

*2.2.4 La zone 40*

Faute de temps, cette zone, bien visible sur les photos satellitaires, n'a fait l'objet que de quelques visites de prospection, non systématiques (Fig. 36).

La zone 40 est un ensemble compact de nappes de scories rattachées à la tradition KRS2. De nombreuses bases de fourneau sont visibles dans ces épandages mais elles n'ont pas été dénombrées. La surface couverte est au total de l'ordre de 40'000 m² avec des épaisseurs importantes. Il n'y a que 3 amas plus jeunes, représentant un

| ZONE 40 | | | nombre de fourneaux | surface m2 | tonnage / t | | | | | remarques |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | traditions techniques | | | | | |
| Secteur | coordonnées UTM | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 411 | 709'935 | 1416'725 | | 1250 | | 250 | | | | |
| 412 | 709'980 | 1416'733 | | 300 | | 30 | | | | |
| 413 | 709'973 | 1416'680 | | 160 | | 15 | | | | |
| 414 | 710'020 | 1416'675 | | 4000 | | 1600 | | | | |
| 421 | 710'040 | 1416'745 | | 1530 | | 600 | | | | |
| 422 | 710'100 | 1416'475 | | 942 | | 400 | | | | |
| 423 | 710'070 | 1416'680 | | 2800 | | 1100 | | | | |
| 424 | 710'120 | 1416'600 | | 1880 | | 750 | | | | |
| 425 | 710'125 | 1416'625 | | 2800 | | 1100 | | | | |
| 431 | 710'120 | 1416'800 | | 942 | | 200 | | | | |
| 432 | 710'165 | 1416'780 | | 3925 | | 1600 | | | | |
| 433 | 710'200 | 1416'700 | | 9000 | | 3600 | | | | |
| 441 | 710'170 | 1416'875 | | 314 | | 60 | | | | |
| 442 | 710'215 | 1416'900 | | 2500 | | 1000 | | | | |
| 443 | 710'235 | 1416'850 | | 1570 | | 160 | | | | |
| 444 | 710'307 | 1416'860 | | 1400 | | 550 | | | | |
| 445 | 710'245 | 1416'795 | | 3800 | | 1500 | | | | |
| 446 | 710'245 | 1416'745 | | 471 | | 200 | | | | |
| 451 | 710'250 | 1416'950 | | 785 | | 200 | | | | |
| 452 | 710'245 | 1416'995 | | 1177 | | 300 | | | | |
| 453 | 710'242 | 1417'018 | | 175 | | 50 | | | | |
| 454 | 710'222 | 1417'025 | | 175 | | 50 | | | | |
| 455 | 710'245 | 1417'040 | | 235 | | 70 | | | | |
| 456 | 710'247 | 1417'053 | | 150 | | | 28 | | | |
| 457 | 710'255 | 1417'070 | | 250 | | | 30 | | | |
| 458 | 710'270 | 1417'065 | | 300 | | | 95 | | | |
| 459 | 710'290 | 1417'025 | | 78 | | 8 | | | | |
| 46 | 710'200 | 1416'900 | > 100 | | 10 | | | | | |
| 47 | 710'280 | 1416'935 | > 100 | | 10 | | | | | |
| | | | | Total | 20 | 15393 | 153 | 0 | 0 | 15566 |

36

| ZONE 50 | | | | | tonnage / t | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | traditions techniques | | | | | remarques |
| Secteur | coordonnées UTM | | nombre de fourneaux | surface m2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 51 | 709'780 | 1417'480 | 30 | 3850 | | 1500 | | | | sondages + 14C KRSM10 et 17 |
| 521 | 709'880 | 1417'460 | | 500 | | | 70 | | | sondages + 14C KRSM11 |
| 522 | 709'920 | 1417'463 | | 300 | | | 50 | | | |
| 523 | 709'955 | 1417'480 | | 300 | | | 55 | | | sondage |
| 524 | 709'950 | 1417'435 | | 300 | | | 55 | | | |
| 525 | 709'975 | 1417'475 | | 150 | | | 30 | | | |
| 526a | 709'850 | 1417'420 | 1 | 90 | | | 40 | | | |
| 526b | 709'860 | 1417'435 | | 100 | | | 35 | | | |
| 53 | 710'000 | 1417'515 | 145 | | 15 | | | | | sondages + 14C KRSM12 |
| 54 | 709'825 | 1417'250 | 251 | | | | | 12.5 | | sondages |
| 55 | 709'750 | 1417'240 | > 100 | | 10 | | | | | |
| 56 | 709'680 | 1417'250 | > 100 | | 10 | | | | | |
| 57 | 709'805 | 1417'295 | 1 | 150 | | | 50 | | | |
| | | | | Total | 35 | 1500 | 385 | 12.5 | 0 | 1932.5 |

37

volume très limité (KRS3: 45–6 à -8). Par contre, de nombreuses de bases de fourneau KRS1 ont été observées en contrebas de la terrasse (46 et 47). Faute de temps, il n'a pas été possible de les dénombrer. Aucun vestige KRS4 n'a été identifié.

*2.2.5 La zone 50*

La zone 50, d'extension relativement limitée, est celle où les relations spatiales entre les quatre traditions techniques sont les plus évidentes (Fig. 37). Assez facile d'accès, elle a fait l'objet d'investigations poussées en 2012.

Le centre de la zone 50 est occupé par une grande nappe compacte de scories de la tradition KRS2 (51). Elle couvre environ 1'500 m² (Serneels et al 2012, Fig. 18). L'épaisseur moyenne est estimée à 40 cm, sur la base de 5 sondages et d'observations dans les talus d'érosion qui bordent la partie Nord de l'amas. Le nombre de fourneaux visibles se monte à 30 unités et 3 d'entre eux ont fait l'objet de fouilles complètes (F1, F9 et F18; Serneels et al 2012, Fig. 21). Le fourneau 51-F18 était très érodé mais contenait encore la scorie accumulée à la base de la cuve incorporant plusieurs fragments de tuyères usagées en position verticale au centre et horizontale en périphérie (Fig. 38).

**Fig. 37** Liste des secteurs de la zone 50.

**Fig. 38** Vue verticale de la base du fourneau 51-F18 appartenant à la tradition KRS2. Le bloc de scories qui incorpore des fragments de tuyères usagées est en place au fond du fourneau (secteur 51).

38

**Fig. 39** Vue de la partie Est du secteur 52–1. Le sommet de la butte à gauche est occupé par un amas annulaire de la tradition KRS3. Dans le talus d'érosion, deux niveaux d'occupation plus anciens ont été repérés. Dans le sondage S1, à 20 cm sous la base des scories, un petit vase en céramique complet a été mis au jour.

39

A l'Est, 7 amas annulaires de la tradition KRS3 ont été individualisés sur le rebord de la terrasse d'érosion (52–1 à -6). L'amas 52–3 a fait l'objet de sondages destinés à évaluer les couches de scories. Dans le talus d'érosion au Nord-Est de l'anneau de scories 52–1, de nombreux tessons et d'autres traces d'occupation ont été repérés (Fig. 39). La couche de débris métallurgiques a une épaisseur d'environ 30 cm. Elle repose sur un niveau de limons argileux marrons d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur qui contient des tessons de céramique, le plus fréquemment écrasés horizontalement. Il faut signaler la découverte d'un petit vase entier. Les céramiques apparaissent plutôt à la base de ce niveau et pas directement sous les scories. Les charbons associés à cette couche d'occupation ont été datés et donnent une fourchette chronologique dans la seconde moitié du 7ème siècle AD, compatible avec la période de fonctionnement de la tradition KRS1 et clairement antérieure à celle de KRS3. Dans un second sondage, situé à deux mètres de distance et significativement en contrebas, une autre couche d'occupation a été observée, matérialisée par deux fines couches de cendre superposées, des tessons de céramique et des morceaux de coquillage. Elle se trouve environ 60 cm plus bas que le niveau d'occupation du sondage 1, mais la relation stratigraphique n'est pas établie. Ces vestiges n'ont pas été datés. Des tessons et des éléments en fer informes ont été collectés en surface à proximité. Le mobilier est en cours d'étude.

A une centaine de mètres au Nord-Est, dans le secteur 53, des vestiges affleurent à une altitude significativement plus basse que la terrasse sur laquelle sont implantés les amas de scories KRS2 (51) et KRS3 (52). La différence d'altitude est de l'ordre de 80 cm au moins. Il s'agit d'un ensemble de 145 bases de fourneau. L'étude de cet ensemble a fourni les informations pour définir la tradition KRS1 (Serneels et al 2012, Fig. 9 à 14). Deux fourneaux ont été fouillés entièrement (53-F1 et 53-F6). Plusieurs fours ont été échantillonnés pour les mesures archéomagnétiques, mais les résultats obtenus ne montrent pas une bonne cohérence et sont pour le moment difficiles à interpréter. Des amoncellements de fragments de tuyères sont également associés à ces batteries de fourneaux et l'on a également découvert un dépôt de minerai calibré sous la forme de petits blocs de 3 à 5 cm d'arête. Il faut d'ailleurs souligner la présence de très nombreux fragments de minerai dans le secteur 53.

De l'autre côté de la zone, au Sud-Ouest, s'étend une vaste surface profondément érodée qui est parsemée de vestiges métallurgiques. On reconnaît un amas KRS3 (57). Il y a 9 batteries de très petits fourneaux de la tradition KRS4, totalisant 251 unités (54–1 à -9). Les batteries occupent un espace de 120 × 60 m. Les fourneaux sont disposés en groupes ou bien en alignements. La batterie 54–1 a fait l'objet d'un sondage qui a permis d'étudier trois fourneaux, mais ils n'ont pas livré de restes orga-

| ZONE 60 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Secteur | coordonnées UTM | | nombre de fourneaux | surface m2 | tonnage / t | | | | | remarques |
| | | | | | traditions techniques | | | | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 611 | 711'940 | 1417'870 | | 500 | | | 200 | | | |
| 612 | 712'045 | 1417'945 | | 100 | | | 20 | | | |
| 613 | 712'103 | 1417'908 | | 100 | | | 20 | | | |
| 621 | 712'630 | 1417'695 | | 1200 | | 500 | | | | |
| 622 | 712'592 | 1417'625 | | 250 | | | 100 | | | |
| 623 | 712'565 | 1417'625 | | 700 | | | 550 | | | |
| 624 | 712'575 | 1417'665 | | 300 | | | 100 | | | |
| 625 | 712'690 | 1417'590 | | 150 | | | 50 | | | |
| 626 | 712'730 | 1417'575 | | 250 | | | 60 | | | |
| 627 | 712'660 | 1417'580 | | 300 | | | 100 | | | |
| 628 | 712'775 | 1417'555 | | 75 | | | 60 | | | |
| 629 | 712'720 | 1417'565 | | 100 | | | 50 | | | |
| 630 | 712'750 | 1417'350 | | 6000 | | 2400 | | | | |
| | | | | Total | 0 | 2900 | 1310 | 0 | 0 | 4210 |

40

**Fig. 40** Liste des secteurs de la zone 60.

niques datables. Trois fourneaux appartenant à la batterie 54–2 ont également été fouillés, avec les mêmes résultats.

Enfin, plus en aval, dans la zone érodée, de très nombreuses bases de fourneaux KRS1 ont été observées. Faute de temps, elles n'ont pas pu être étudiées systématiquement. Une évaluation très imparfaite indique la présence de plus de 200 structures disposées en batterie de 5 à 10 unités et réparties sur une surface de l'ordre de 20'000 m² (55 et 56).

*2.2.6 La zone 60*

Seules quelques visites ont pu être faites dans la zone 60 et les données restent très préliminaires (Fig. 40). Ces vestiges se trouvent dans une zone fortement exploitée pour l'agriculture. La zone 60 présente beaucoup de similitudes avec la zone 30, en ce qu'elle est constituée par une série de groupes d'amas de scories placés sur un axe grossièrement orienté Nord-Ouest/Sud-Est.

Le premier groupe, au Nord-Ouest comporte trois amas KRS3 (61–1 à -3), tous très érodés en raison de la proximité de la route. L'amas 61–1 est relativement volumineux, les deux autres sont insignifiants.

Le second groupe de vestiges comporte un petit épandage appartenant à la tradition KRS2 (62–1). A proximité immédiate, se trouve 3 amas annulaires KRS3 (62–2 à – 4). L'amas 62–3 est un des plus volumineux du site de Korsimoro, avec une butte de scories coulées fragmentées atteignant une hauteur d'au moins 3 m. Il est malheureusement menacé de dégradation rapide en raison des activités agricoles. A une centaine de mètres au Sud-Est, 5 autres amas annulaires sont visibles (62–5 à -9).

Le troisième groupe de vestiges est une nappe de scories KRS2 couvrant environ 6'000 m². Une seule visite ayant pu avoir lieu en fin de journée, les conditions d'observation sont trop mauvaises pour exclure la présence d'autres vestiges.

*2.2.7 La zone 70*

La zone 70 étant difficile d'accès, elle n'a fait l'objet que de prospection assez rapide (Fig. 41). Par contre, elle apparaît de manière particulièrement lisible sur les photos satellitaires (Serneels et al 2012, Fig. 3).

Au Sud, le secteur 71 comporte un amas KRS3 typique mais de faible volume (71–2) et de petits épandages KRS2. La partie principale de la concentration est constituée par l'amas 72. Au moins une dizaine de fourneaux sont visibles, mais il n'y a pas eu de dénombrement exact. Deux autres nappes de même nature, mais de moindre ampleur se situent au Nord-Ouest (73 et 74). Deux groupes d'amas KRS3 se trouvent,

| ZONE 70 | | | nombre de fourneaux | surface m2 | tonnage / t | | | | | remarques |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Secteur | coordonnées UTM | | | | traditions techniques | | | | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 711 | 715'090 | 1418'635 | | 50 | | 5 | | | | |
| 712 | 715'135 | 1418'618 | | 250 | | | 35 | | | |
| 713 | 715'165 | 1418'625 | | 40 | | 10 | | | | |
| 714 | 715'180 | 1418'610 | | 40 | | 10 | | | | |
| 715 | 715'180 | 1418'595 | | 70 | | 20 | | | | |
| 72 | 715'230 | 1418'650 | | 7500 | | 3500 | | | | |
| 73 | 715'190 | 1418'710 | | 600 | | 300 | | | | |
| 74 | 715'150 | 1418'730 | | 1000 | | 500 | | | | |
| 751 | 715'25 | 1418'805 | | 150 | | | 15 | | | |
| 752 | 715'203 | 1418'785 | | 250 | | | 25 | | | |
| 753 | 715'220 | 1418'790 | | 150 | | | 20 | | | |
| 754 | 715'210 | 1418'760 | | 150 | | | 20 | | | |
| 755 | 715'240 | 1418'798 | | 150 | | | 10 | | | |
| 761 | 715'315 | 1418'720 | | 150 | | | 15 | | | |
| 762 | 715'310 | 1418'735 | | 250 | | | 25 | | | |
| 763 | 715'325 | 1418'755 | | 250 | | | 20 | | | |
| 764 | 715'355 | 1418'760 | | 300 | | | 45 | | | |
| 765 | 715'350 | 1418'730 | | 250 | | | 20 | | | |
| 766 | 715'380 | 1418'790 | | 150 | | | 20 | | | |
| 767 | 715'390 | 1418'750 | | 200 | | | 20 | | | |
| 768 | 715'390 | 1418'735 | | 150 | | | 15 | | | |
| 769 | 715'360 | 1418'705 | | 180 | | | 5 | | | |
| 7911 | 7158'86 | 1418'066 | 3 | 120 | | 120 | | | | |
| 7912 | 716'358 | 1417'983 | | 15 | | 10 | | | | |
| 7913 | 716'006 | 1417'997 | 1 | 1 | | 0.1 | | | | |
| 7921 | 715'398 | 1418'333 | | 35 | | 35 | | | | céramique |
| 7922 | 715'355 | 1418'350 | 6 | 80 | | 80 | | | | |
| 7923 | 715'373 | 1418'395 | | 70 | | | 10 | | | |
| 7924 | 715'385 | 1418'370 | | 200 | | | 35 | | | |
| 7925 | 715'605 | 1418'375 | | 3 | | 3 | | | | |
| 7926 | 715'585 | 1418'415 | | 200 | | | 35 | | | |
| | | | | Total | 0 | 4593 | 390 | 0 | 0 | 4983 |

41

Fig. 41 Liste des secteurs de la zone 70.
Fig. 42 Liste des secteurs de la zone 80.

l'un au Nord, l'autre au Nord-Est du site. Le premier secteur comporte 5 amas (75–1 à -5) et le second 9 (76–1 à -9). Ces amas sont tous peu conséquents et les fourneaux sont détruits. A une centaine de mètres au Sud, d'autres petites concentrations sont présentes: 4 nappes KRS2 (79–11, -21, -22 et -25) et 3 amas annulaires KRS3 (79–23, -24 et -26).

*2.2.8 La zone 80*

La zone 80, très éloignée, n'a pas pu être visitée (Fig. 42). Les photos satellitaires montrent clairement la présence de 5 nappes d'épandage aux formes irrégulières qui appartiennent selon toute vraisemblance à la tradition KRS2. La surface totale couvre un peu plus de 2'000 m² mais il n'y a aucune indication concernant les épaisseurs.

| ZONE 80 | | | nombre de fourneaux | surface m2 | tonnage / t | | | | | remarques |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Secteur | coordonnées UTM | | | | traditions techniques | | | | | |
| | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 811 | 716'450 | 1421'760 | | 470 | | 150 | | | | |
| 812 | 716'433 | 1421'730 | | 175 | | 50 | | | | |
| 813 | 716'460 | 1421'740 | | 400 | | 130 | | | | |
| 814 | 716'465 | 1421'715 | | 300 | | 100 | | | | |
| 815 | 716'500 | 1421'745 | | 1000 | | 300 | | | | |
| | | | | Total | 0 | 730 | 0 | 0 | 0 | 730 |

42

43

**Fig. 43** Batterie de petits fourneaux appartenant à la tradition KRS4 dans une rue de la ville actuelle de Korsimoro (zone 90).

**Fig. 44** Liste des secteurs de la zone 100.

*2.2.9 La zone 90*

Entre la route goudronnée et le barrage, sur la rive Nord de la rivière, la ville moderne de Korsimoro est en train de se développer. Quelques visites effectuées dans les ruelles en terre battue ont permis d'observer un très grand nombre de blocs de scories en place ou réemployés comme matériaux de construction pour les soubassements des maisons (Fig. 43). On reconnaît en particulier des blocs cylindriques typiques de la tradition KRS4. Les habitants trouvent ces blocs sur place. Il ne semble pas qu'ils aillent en chercher dans d'autres parties du site. Les conditions d'observation sont très médiocres dans ce secteur. Il se pourrait qu'un centre important de la période la plus récente (KRS4) soit situé dans cette zone, mais cela ne peut pas être confirmé clairement.

| ZONE 100 | | | | | tonnage / t | | | | | remarques |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | traditions techniques | | | | | |
| Secteur | coordonnées UTM | | nombre de fourneaux | surface m2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1011 | 718'620 | 1417'525 | | 20 | | 20 | | | | |
| 1012 | 718'635 | 1417'520 | | 30 | | 30 | | | | |
| 1013 | 718'600 | 1417'500 | | 20 | | 20 | | | | sondage |
| 1021 | 718'625 | 1417'442 | 1 | 50 | | | 50 | | | sondage |
| 1022 | 718'640 | 1417'450 | | 35 | | | 35 | | | |
| 1031 | 718'675 | 1417'443 | | 50 | | 50 | | | | |
| 1032 | 718'685 | 1417'460 | 2 | 70 | | 70 | | | | |
| 1033 | 718'695 | 1417'480 | | 12 | | 12 | | | | sondage |
| 1034 | 718'705 | 1417'427 | | 8 | | 8 | | | | |
| 1041 | 718'750 | 1417'450 | 3 | 1650 | | 500 | | | | |
| 1042 | 718'740 | 1417'415 | | 400 | | 60 | | | | sondage + 14C KRSM13 |
| 1043 | 718'770 | 1417'485 | | 700 | | 120 | | | | |
| 105 | 718'750 | 1417'350 | 45 | | 4.5 | | | | | sondage + 14C KRSM14 |
| 1061 | 718'900 | 1417'350 | nécropole | | | | | | | ramassage objets |
| 1062 | 718'990 | 1417'312 | 50 | | | | | 2.5 | | |
| 1071 | 718'746 | 1417'204 | nécropole | | | | | | | sondage + 14C KRSM18 |
| 1072 | 718'782 | 1417'193 | 25 | | | | | 1.25 | | |
| 1073 | 718'822 | 1417'179 | nécropole | | | | | | | |
| 1074 | 718'767 | 1417'267 | 3 | | 0.3 | | | | | |
| 1081 | 718'872 | 1417'079 | 7 | | | | | 0.35 | | |
| 1082 | 718'872 | 1417'054 | 20 | | | | | 1 | | |
| 1083 | 718'883 | 1417'019 | > 10 | | | | | 2 | | |
| 1084 | 718'910 | 1416'950 | 15 | | | | | 0.75 | | |
| 1085 | 718'983 | 1416'898 | > 4 | | | | | 1 | | |
| 1086 | 718'995 | 1416'822 | | | | | | 3 | | |
| 1087 | 719'030 | 1417'157 | 2 | | 1 | | | | | |
| 1088 | 719'237 | 1417'106 | 29 | | 3 | | | | | |
| 1091 | 719'101 | 1416'731 | | 150 | | 5 | | | | |
| 1092 | 719'198 | 1416'670 | 48 | | | | | 2.5 | | |
| 1093 | 719'170 | 1416'561 | 8 | 1500 | | 750 | | | | |
| 1094 | 719'274 | 1416'665 | | 150 | | 15 | | | | |
| 1095 | 719'368 | 1416'694 | | 2000 | | 600 | | | | |
| | | | | Total | 8.8 | 2260 | 85 | 14.4 | 0 | 2368.2 |

44

Fig. 45 Quelques objets en fer provenant des ramassages de surface dans la nécropole (secteur 106–1).

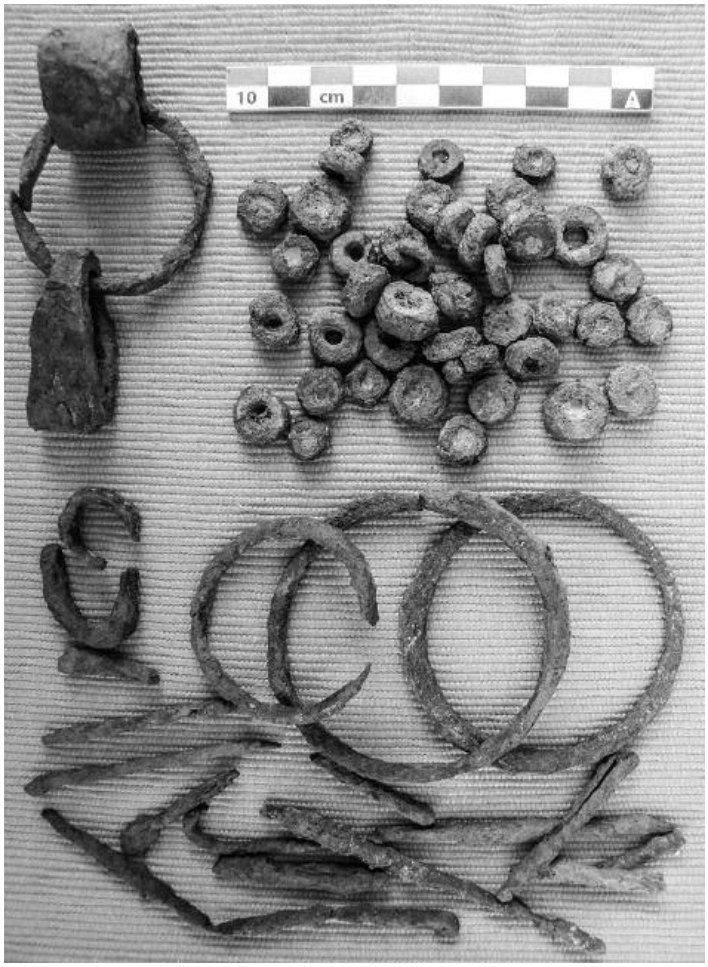
*2.2.10 La zone 100*

La zone 100 est située à 9km à l'Est de Korsimoro sur la route en direction de Boulsa. Comme la zone 50, la zone 100 montre une complexité élevée avec des vestiges appartenant aux 4 traditions techniques principales et d'autres vestiges archéologiques très intéressants (Fig. 44). Pendant la campagne 2012, la partie Nord de cette zone a été étudiée de manière assez approfondie et la partie Sud a été brièvement prospectée.

Dans la partie Nord, située de part et d'autre de la piste, on observe la présence de 2 petits amas annulaires KRS3 (102–1 et -2). Tous deux ont fait l'objet de petits sondages. Les vestiges les plus importants sont 9 épandages KRS2 (101–1 et -2, 103–1 à -4 et 104–1 à -3). Ces derniers recouvrent une surface cumulée de 3'500 m² avec des épaisseurs faibles. Seulement 5 bases de fourneau sont visibles. L'une d'entre elles a fait l'objet d'un nettoyage pour mettre en évidence le bloc de scories en place au fond de la cuve (103–2-F4). Un sondage stratigraphique au milieu de l'amas 104–1 a permis d'observer la présence d'une couche charbonneuse sous la nappe de débris, épaisse de 60 cm à cet endroit. Ce sont les charbons prélevés à la base qui ont fait l'objet d'une datation radiométrique.

Au Sud, en contrebas, l'érosion a mis au jour 45 bases de fourneau appartenant à la tradition KRS1, répartis en plusieurs batteries linéaires (105). Un amoncellement de tuyères à extrémité conique a également été repéré. Une grande batterie a été nettoyée et un fourneau a été fouillé et daté par l'analyse de la couche de paille carbonisée occupant le fond de la cuve (105-F24).

A l'Est, sur une surface considérable d'environ 10'000 m², des objets qui semblent provenir d'une nécropole gisent à ciel ouvert (106–1). Faute de temps et de moyens, il n'y a pas eu d'intervention ciblée sur ces vestiges. La présence de quantités importantes de céramique fragmentée a été établie. Seulement quelques fragments d'os ont




45

**Fig. 46** Ossements humains appartenant à une inhumation dans la nécropole (secteur 107–1).

été observés. Le matériel de broyage en pierre, meules et molettes, est abondant. Plusieurs lots d'objets en fer ont été récoltés pour éviter leur disparition (Fig. 45). Une vingtaine d'anneaux en fer dont le diamètre est compris entre 6 et 8 cm ont été retrouvés sur une surface d'environ 1 m². Plus de 40 perles en fer ont également été retrouvées ainsi que diverses tiges, pointes et crochets. Enfin, deux fragments de hache en pierre polie ont également été ramassées. L'étude de ce mobilier est en cours.

A l'extrémité Sud-Ouest de cette zone, se trouve un groupe de petits fourneaux appartenant à la tradition KRS4, assez fortement déchaussés par l'érosion (106–2). Ils sont manifestement plus jeunes que les vestiges de la nécropole. On dénombre 45 structures.

Une centaine de mètres plus au Sud, le secteur 107 correspond aussi à une nécropole. Un sondage de 2 m² a été implanté pour vérifier cette hypothèse dans une zone peu érodée. A une dizaine de centimètres sous la surface, sont apparus les restes d'une inhumation avec des éléments en fer, perles et anneaux, similaires à ceux du secteur 106–1 ainsi que les morceaux d'une grande jarre en céramique (Fig. 46). Des charbons associés à cette inhumation ont été datés (KRSM18) et indiquent une fourchette chronologique ancienne, 10e–11e siècle AD, une période correspondant à la transition entre les traditions KRS1 et KRS2. A proximité immédiate, on observe une autre batterie de 25 fourneaux appartenant à KRS4 (107–2). Une situation similaire, associant des débris provenant d'une nécropole et des fourneaux de la tradition KRS4, manifestement postérieurs, s'observe aussi dans le secteur 108, distant de 100 m en direction du Sud-Est. On dénombre 5 batteries (108–1 à -5). Les deux secteurs 107 et 108 constituent probablement un seul ensemble, sévèrement mutilé par l'érosion et correspondant à l'occupation sur la rive Est d'un affluent de la rivière principale. Sur le même versant dénudé par l'érosion, 200 m plus loin, on rencontre encore une batterie de 48 fourneaux KRS4 (109–2).

A l'extrême sud de la zone prospectée, on a identifié trois sites KRS2 dont deux sont d'importance notable. Le secteur 109–3 correspond à un épandage de 1'500 m², assez épais avec 8 fourneaux visibles (Fig. 47). L'autre secteur, 109–5, s'étend sur 2'000 m² mais a subi des perturbations importantes liées à la fréquentation humaine car le site se trouve à proximité d'un hameau moderne.

**Fig. 47** Vue du talus d'érosion au Nord du secteur 109–3. La couche de scories KRS2 est épaisse d'environ 40 cm. Des blocs éboulés recouvrent le talus.

**Fig. 48** Liste des secteurs de la zone 110.

Pour finir, deux concentrations de fourneaux de la tradition KRS1 ont été observées à l'Est de la zone étudiée, dans des zones de passage des troupeaux et des hommes où l'érosion est plus forte (108–7 et -8). On peut penser que beaucoup d'autres vestiges de ce type sont cachés dans les zones couvertes de végétation où ils sont indétectables.

*2.2.11 La zone 110*

La zone 110 est située nettement plus au Sud que les autres partie du site (Fig. 48). Elle n'a fait l'objet que d'une courte visite en 2011. On a noté la présence de deux épandages KRS2 couvrant en tout 1'700 m² environ (110–1 et -2) ainsi que de deux amas KRS3 (110–3 et -4). Un lieu de sacrifice a été aménagé dans l'un de ces amas et est probablement toujours en fonction.

| ZONE 110 | | | nombre de fourneaux | surface m2 | tonnage / t | | | | | remarques |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | traditions techniques | | | | | |
| Secteur | coordonnées UTM | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 1101 | 710'335 | 1412'475 | | 1000 | | 300 | | | | |
| 1102 | 710'360 | 1412'525 | | 700 | | 200 | | | | |
| 1103 | 710'395 | 1412'523 | | 175 | | | 30 | | | lieu de sacrifice |
| 1104 | 710'395 | 1412'470 | | 250 | | | 40 | | | |
| | | | | Total | 0 | 500 | 70 | 0 | 0 | 570 |

48

## 2.3 Quantification des déchets métallurgiques sur le site de Korsimoro: données de base et réflexions préliminaires.

La réflexion sur l'histoire de la production du fer à Korsimoro est une démarche complexe qui est encore en cours. Elle doit intégrer la chronologie, les tonnages de déchets et leur répartition spatiale ainsi que les calculs de rendement. Pour chacun de ces aspects, des données clefs ont pu être établies grâce au travail sur le terrain et en laboratoire en 2013. Il reste cependant encore beaucoup de travail pour dresser un tableau définitif. Quelques réflexions préliminaires peuvent déjà être formulées.

*2.3.1 La chronologie, les durées d'activité et les éventuelles périodes d'abandon.*

En tout, 18 datations $^{14}C$ ont été faites (Fig. 11 et Fig. 49). Elles permettent de définir les limites chronologiques globales de la période de production du fer à Korsimoro.

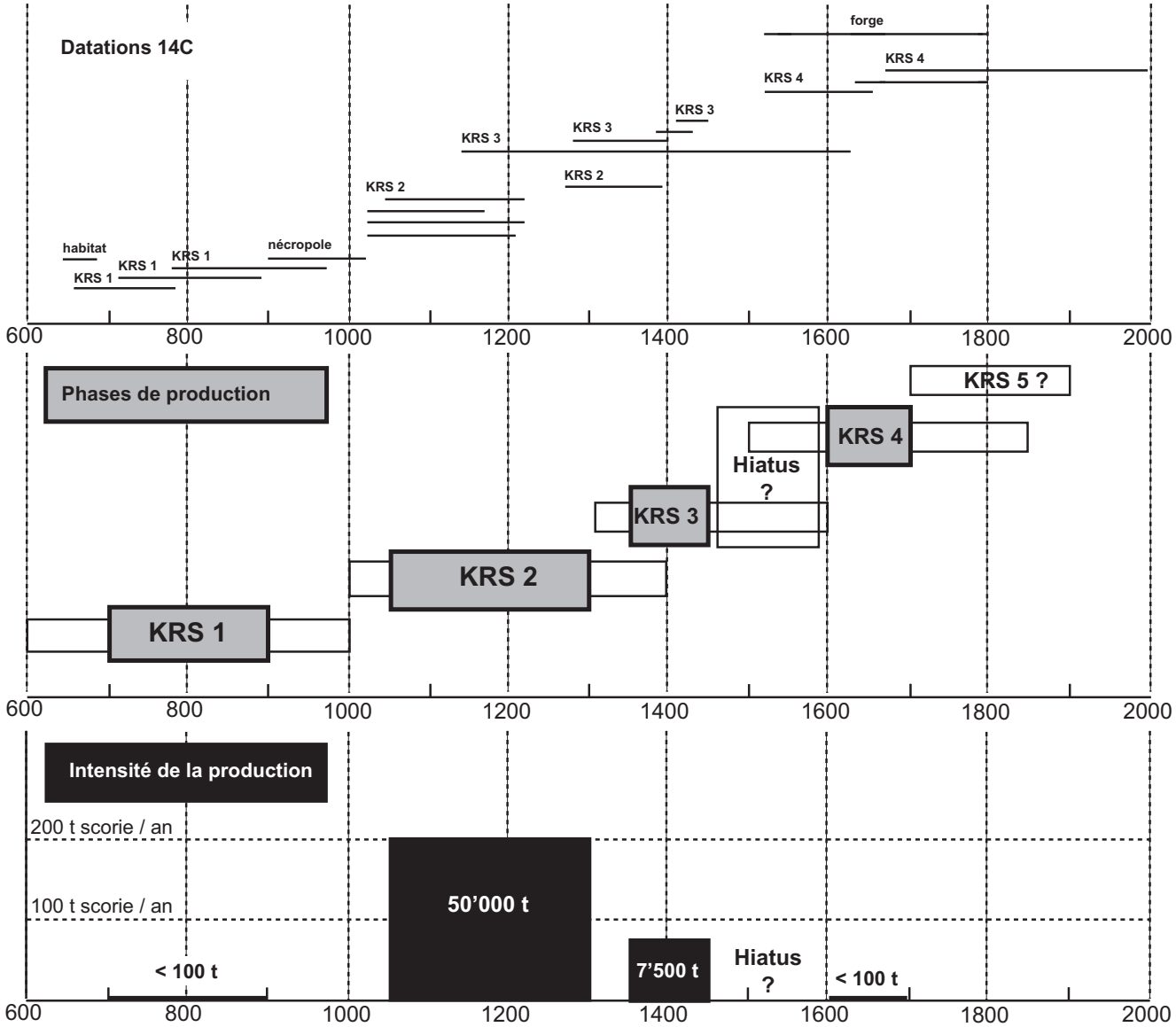



**Fig. 49** Synthèse des données chronologiques et des phases de production sur le site de Korsimoro. La liste des datations $^{14}C$ est donnée à la figure 11. Les phases de production (KRS 1 à 4) sont délimitées sur la base des datations $^{14}C$ et des données stratigraphiques.

La tradition KRS5 n'a pas encore été étudiée en détail. L'intensité de la production est représentée par la masse de scories annuelle calculée à partir de la masse totale et de la durée estimée de la phase d'exploitation. Il s'agit évidemment d'une approche simplifiée.

La date la plus ancienne concernant des vestiges métallurgiques (KRSM 14: fourneau 105-F24) couvre une fourchette entre 660 et 780 AD. Un niveau d'occupation, contemporain ou légèrement antérieur a également été daté entre 640 et 680 AD (KRSM 11: secteur 52–1). Ces données fournissent un *terminus post quem* mais ne permettent pas d'affirmer que l'occupation et le démarrage de la production du fer ne sont pas antérieurs de quelques siècles.

Les autres datations s'échelonnent régulièrement sur les siècles suivants, au moins jusque vers 1650 AD, soit 1'000 ans d'activité au minimum. Les données que pourraient fournir les traditions orales pour reconstituer les derniers siècles de l'exploitation, n'ont pas encore été exploitées faute d'enquête approfondie. Les bribes recueillies jusqu'à maintenant indiquent plutôt un abandon de la pratique de la métallurgie à la fin du 19e ou au début du 20e siècle. Il n'a pas été possible d'identifier un témoin oculaire de l'activité; par contre, des souvenirs sont encore présents dans les mémoires et concernent une série particulière de vestiges peu abondants (tradition technique KRS 5, voir 2.1.1). L'abandon des techniques plus anciennes est donc probablement antérieur à 1850 AD. La durée totale de l'activité pourrait atteindre 1'400 ans (500? – 1900 AD).

Cinq traditions techniques, dont quatre ont pu être caractérisées en détail, sont présentes sur le site de Korsimoro. Les données stratigraphiques, assez maigres, et les 18 datations $^{14}C$ actuellement disponibles convergent pour montrer que ces traditions

se succèdent dans le temps et correspondent chacune à une période d'exploitation distincte. Dans l'état actuel des connaissances, il n'y a pas beaucoup d'arguments pour expliquer ces changements techniques. Ils apparaissent assez radicaux car on ne perçoit pas d'évolution graduelle d'une technique à l'autre. C'est un argument pour envisager que ces changements techniques correspondent à des changements significatifs dans l'identité et la culture des populations occupant le territoire de Korsimoro aux différentes périodes. La dynamique des changements techniques reste cependant un domaine encore très mal connu et beaucoup reste à faire pour comprendre ces modifications.

Il est très difficile de discuter le caractère continu ou discontinu de l'activité de production. Si les changements techniques correspondent effectivement à des mouvements de population, on peut imaginer des périodes d'abandon entre deux phases d'activité. On peut trouver un argument, pour ou contre l'existence de hiatus, dans la continuité de l'occupation des ateliers. On constate que pratiquement tous les ateliers de KRS2 ont été réoccupés pendant la période suivante KRS3, ce qui pourrait indiquer une bonne continuité. Cela n'est pas aussi clair pour les transitions entre KRS1 et KRS2 et entre KRS3 et KRS4. Les datations $^{14}C$ sont à la fois trop peu précises et trop peu nombreuses pour qu'un hiatus de quelques décennies puisse être démontré sans ambiguïté. Par contre, elles permettent d'affirmer qu'il n'y a pas eu de période d'abandon de plusieurs siècles.

Pour la tradition KRS 1, la plus ancienne, on dispose de 3 datations échelonnées qui pourraient toutes être comprises dans un intervalle restreint de 200 ans (700 – 900 AD) et qui couvrent au plus une période de 300 ans (650 – 950 AD). Il est peu probable que cette technique soit encore pratiquée après l'an mil dans la mesure où la tradition KRS2 semble prendre le relais dès le 11e siècle.

Il y a 5 datations pour KRS2 et quatre d'entre elles sont quasiment contemporaines et couvrent la période 1000 – 1200 AD. La cinquième date est clairement plus jeune, postérieure à 1270 AD. La durée de l'activité est au minimum de 150 ans (1150 – 1300 AD) et au maximum de 400 ans (1000 – 1400 AD). L'intervalle de 300 ans entre 1050 et 1350 AD parait le plus réaliste, si l'on considère que la plus ancienne datation de la tradition KRS3 (KRSM9) doit être postérieure à la plus récente des dates KRS2 (KRSM17).

S'il y a un hiatus dans l'activité entre KRS1 et KRS2, il se limite probablement à quelques décennies autour de l'an mil. Il faut noter que la nécropole du secteur 107 a donné une date qui pourrait couvrir cet intervalle (KRSM18). Malheureusement, il n'y a pas d'argument pour lier les pratiques funéraires et les techniques de réduction du minerai de fer. Des vestiges appartenant aux deux traditions techniques KRS1 et KRS2 se trouvent à quelques centaines de mètres de l'emplacement de la tombe datée.

Pour la tradition KRS3, on dispose de 4 dates $^{14}C$ dont 3 couvrent un intervalle restreint de 170 ans (1280 – 1450 AD). La quatrième a donné une fourchette très large de presque 500 ans qui la rend difficilement utilisable. La durée minimale de l'activité pourrait être très brève, à peine 50 ans (1375 – 1425 AD). Plus vraisemblablement, il faut prendre en compte une fourchette plus étendue, de 100 ans, entre 1350 et 1450 AD. Au maximum, il faut prendre en compte une durée de 350 ans (1280 – 1630 AD), mais cette hypothèse n'est pas satisfaisante si l'on prend en compte les datations de KRS2 et KRS4.

Sur la base des datations absolues, il n'y a pas vraiment de possibilité pour insérer une longue période d'abandon entre les traditions techniques KRS2 et KRS3. La disposition des amas annulaires KRS3, très fréquemment installés en périphérie des nappes de scories KRS2, est aussi une indication pour une certaine continuité de l'activité malgré un changement technique significatif.

Enfin, il y a 3 datations pour la tradition KRS4 qui proviennent toutes du même secteur (22–7). L'intervalle de coexistence minimum est très bref: 40 ans entre 1640

et 1680 AD. Il faut probablement considérer une durée plus importante d'au moins 100 ans ou même 200 ans, entre 1550 et 1750 AD. Le *terminus ante quem* est difficile à situer dans la mesure où la méthode du $^{14}C$ est peu précise pour les derniers siècles et où les traditions orales sont incomplètement étudiées. Il est cependant peu probable que cette technique de réduction aie encore été utilisée au 19e siècle à Korsimoro. La datation obtenue sur la forge 999 (KRSM8) couvre une fourchette très étendue mais dont la probabilité maximum se concentre sur un intervalle très court entre 1640 et 1660 AD, correspondant parfaitement à l'activité dans le secteur 22–7.

Les datations disponibles laissent la place pour un hiatus de presque un siècle entre KRS3 et KRS4, à savoir l'intervalle 1450–1550 AD. Il est possible que cette éventuelle période d'abandon corresponde à la mise en place du royaume de Busma. On sait que plus au Nord, dans le Yatenga, les populations locales de métallurgistes, dit Kibsi, qui s'opposèrent à l'établissement des Nakoomsé durent fuir le pays (Izard 1970). Cette interprétation historique reste cependant très hypothétique.

Il est également nécessaire de discuter brièvement la question de l'utilisation du vieux bois pour la fabrication de charbon et de l'impact que cette pratique peut avoir sur les datations $^{14}C$ (Killick et al 1988). A Korsimoro, les datations faites sur les fourneaux KRS1 (KRSM12 et 14) et KRS4 (KRSM 4, 5 et 15), ont toutes été faites sur de la paille carbonisée et elles sont donc à l'abri d'un effet de vieillissement artificiel. La cohérence des quatre dates KRS2 les plus anciennes est un argument qui s'oppose à l'idée d'un vieillissement artificiel. D'autre part, il faut considérer que l'activité de KRS2 se met en place sur un territoire dont les boisements sont déjà exploités depuis plusieurs centaines d'années (KRS1) et que la probabilité que des bois beaucoup plus anciens soient encore disponibles est d'autant plus faible. Après l'activité intense de KRS2, il est certain que tous les vieux bois ont été brûlés et n'étaient pas disponibles pour les métallurgistes de KRS3.

L'étude archéomagnétique en cours sur l'enregistrement des variations du champ magnétique terrestre par les structures en argile cuite apportera des éléments essentiels à la compréhension de la chronologie (voir ci-dessus: 1.3 et Fig. 10). Les premiers résultats sont prometteurs, mais il est encore trop tôt pour les inclure dans la réflexion.

*2.3.2 Les analyses archéométallurgiques et les calculs de production de fer*

Une première étude archéométallurgique des scories et matériaux associés du site de Korsimoro a été menée à bien dans le cadre d'un travail de master à l'université de Fribourg (El Kateb 2013). Elle porte sur une centaine d'échantillons et fait appel à des analyses chimiques globales (XRF, Fig. 50), minéralogiques (XRD) et des observations pétrographiques en microscopie optique et électronique (SEM)[6].

Les minerais retrouvés dans les zones de production, parmi les scories, sont toujours des matériaux provenant d'une formation latéritique, constitués d'oxydes et hydroxydes de fer (hématite et goethite) avec une quantité importante de kaolinite et parfois un peu de quartz. Les teneurs en fer sont comprises entre 55 et 65%, ce qui n'est pas très élevé. Le rapport Si: Al est proche de 1: 1, ce qui correspond à ce que l'on trouve dans la kaolinite et indique donc une faible présence de quartz. Les latérites provenant de la colline se trouvant au Sud de la zone 20 et d'autres affleurements proches, montrent toujours des teneurs en fer plus basses et souvent une proportion de quartz plus élevée. Ces différences entre les fragments de minerai retrouvés sur le site et les échantillons provenant des formations géologiques montrent que les métallurgistes ont recherché un faciès particulièrement enrichi de la latérite et n'ont pas utilisé les matériaux superficiels les plus facilement accessibles. Au Sud de la zone 20, ils ont pu éventuellement exploiter des niveaux profonds actuellement inaccessibles. Cependant, ce secteur est trop petit et ne peut pas avoir fourni tout le minerai consommé dans les fourneaux de Korsimoro. Il est plus probable que le minerai provient d'autres affleurements situés à une plus grande distance. Au Nord de Korsimoro,

[6] Toutes les analyses ont été réalisées au Département de Géosciences de l'université de Fribourg.

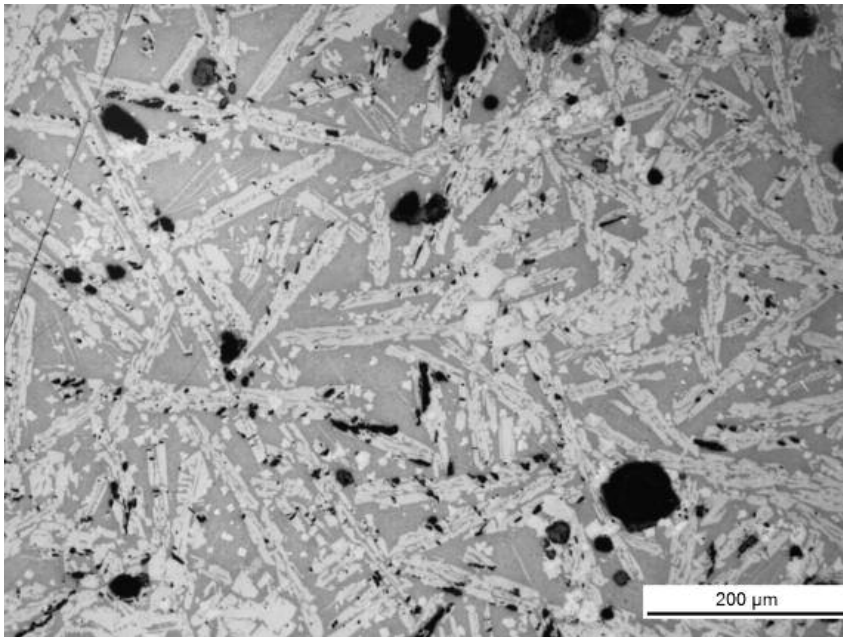
| numéro | KRS 781 | KRS 421 | KRS 121 | KRS 1301 | KRS 401 | KRS 103 | KRS 501c |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| matériau | latérite | paroi four F1 | paroi | scorie | scorie | scorie | scorie |
| catégorie | minerai | argile 1 | argile 2 | bloc interne | bloc interne | coulée | cylindre |
| secteur | 53 - tas | 26-1 | 24-12 | 53 F6 | 26-1 | 24-12 | 22-7-F26 |
| tradition | KRS 1 | KRS 2 | KRS 3 | KRS 1 | KRS 2 | KRS 3 | KRS 4 |
| | % | % | % | % | % | % | % |
| $SiO_2$ | 12.91 | 65.82 | 68.43 | 27.81 | 22.67 | 30.66 | 18.48 |
| $TiO_2$ | 0.22 | 0.59 | 0.56 | 0.67 | 0.43 | 0.70 | 0.56 |
| $Al_2O_3$ | 13.03 | 22.72 | 8.84 | 10.13 | 8.98 | 10.77 | 9.05 |
| $Fe_2O_3$ | 65.26 | 6.26 | 16.53 | 49.19 | 61.17 | 51.92 | 67.22 |
| MnO | 1.00 | 0.06 | 0.10 | 0.26 | 0.31 | 0.84 | 0.18 |
| MgO | 0.05 | 0.68 | 0.58 | 0.71 | 0.41 | 0.43 | 0.27 |
| CaO | 0.02 | 0.34 | 2.43 | 7.41 | 3.53 | 2.47 | 1.96 |
| $Na_2O$ | 0.02 | 0.21 | 0.14 | 0.13 | 0.10 | 0.08 | 0.06 |
| $K_2O$ | 0.01 | 1.26 | 1.60 | 1.73 | 1.14 | 1.01 | 0.63 |
| $H_2O$ | 0.05 | 0.05 | 0.40 | 1.58 | 0.64 | 0.67 | 1.16 |
| $P_2O_5$ | 7.00 | 1.71 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Total* | 99.57 | 99.70 | 99.61 | 99.62 | 99.38 | 99.55 | 99.57 |

**Fig. 50** Analyses chimiques globales (XRF-WDS, programme UNIQUANT, Département des Géosciences, Université de Fribourg) des scories et matériaux associés de Korsimoro. Les sommes sont normalisées à cent % mais les éléments traces ne sont pas présentés sur le tableau.

**Fig. 51** Echantillon KRS 301, scorie coulée KRS3 (secteur 22–61). Vue au microscope optique en lumière réfléchie: grandes lattes de fayalite et petits cristaux de spinel quadrangulaires dans une matrice vitreuse. Photo A. El Kateb.

il existe de grands plateaux latéritiques qui se sont développés sur des roches plus basiques, donc susceptibles d'être plus riches en fer. Cette hypothèse est renforcée par la présence de quelques éléments traces dans les minerais et scories, en particulier des teneurs significatives en Cr. Il serait nécessaire d'effectuer des prospections dans ces zones pour mettre en évidence des travaux miniers anciens.

Les scories sont toujours constituées de fayalite (Fe2SiO4) et de hercynithe ((Fe, Al)3O4). Les scories internes contiennent toujours un peu de leucite (KAlSi2O6) alors que ce minéral est absent des scories coulées de la tradition KRS3. Comme il n'y a pas de différence significative de la composition chimique, c'est une différence dans la dynamique du refroidissement qui en est la cause. La wustite (FeO) est absente des scories coulées de KRS3 (Fig. 51). Elle est assez fréquente dans les scories internes de KRS1 et KRS4. Elle est très abondante dans les scories internes de KRS4 qui contiennent éga-




51

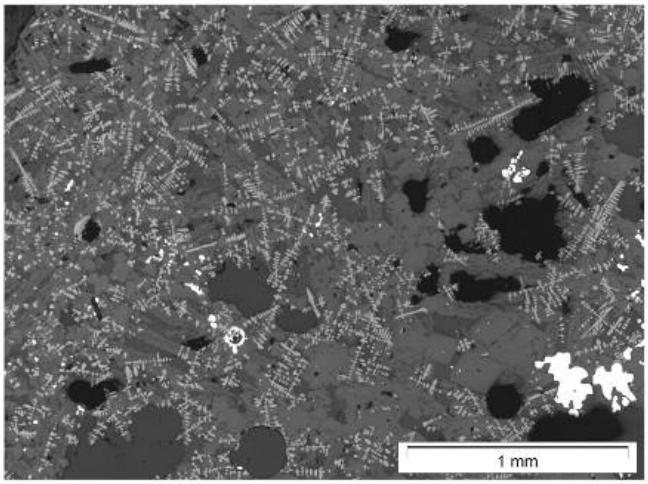



**Fig. 52** Echantillon KRS 1421, scorie interne KRS4 (secteur 54–6). Vue au microscope optique en lumière réfléchie: quelques particules de fer métallique blanches et de nombreuses dendrites de wustite sont prises dans les grands cristaux trapus de fayalite avec une faible proportion de verre. Photo A. El Kateb.

lement une forte proportion de fer métallique (Fig. 52). Cette différence est confirmée par les teneurs en fer très élevées dans les analyses chimiques de KRS4 (Fig. 50). Cela dénote certainement une moindre efficacité de cette dernière technique par rapport aux autres, ce qui est paradoxal dans la mesure où KRS4 est la plus récente.

Deux sortes d'argile ont été utilisées par les métallurgistes. Toutes les deux sont très sableuses et contiennent de la kaolinite. Elles proviennent donc probablement d'une formation latéritique. La première argile est riche en aluminium et pauvre en fer. Elle est assez réfractaire. Elle a toujours été utilisée pour la fabrication des tuyères de toutes les traditions techniques et dans quelques cas pour la construction des parois de fourneau. La seconde argile est beaucoup plus riche en fer et contient un peu de calcium. Elle doit être nettement plus fusible que l'argile 1. Elle a été utilisée pour les parois de fourneau, mais pas pour les tuyères.

Sur la base des analyses chimiques, des calculs de bilans de masse ont été faits dans le but d' établir la quantité de fer produite (minerai = scorie + fer, Eschenlohr et Serneels 1991). Cependant, ces calculs ne donnent pas encore de résultats satisfaisants. En effet, compte tenu des fortes teneurs en silice dans les scories, il faut considérer un apport de cette substance dans le système qui ne peut pas provenir des minerais ni des matériaux argileux étudiés. De la même manière, la teneur en fer moyenne des minerais analysés est trop basse par rapport à celle des scories pour calculer une production de fer significative. Cela indique que les minerais étudiés ne correspondent pas à ceux qui ont été réellement utilisés. Il est donc nécessaire de rechercher dans les environs de Korsimoro des ressources minières de meilleure qualité.

Malgré cela, on peut faire des bilans théoriques basés sur des minerais à 75% d'oxyde de fer, plus riches que ceux qui ont été effectivement retrouvés. Dans ce cas, la production serait d'environ 160 à 170 g de fer pour 1000 g de scories pour les traditions KRS 1, 2 et 3. Par contre, l'efficacité de la technologie KRS4 est nettement moins grande. Le calcul donne à peine 90 g de fer pour 1000 g de scorie. Il ne paraît pas acceptable de baser des calculs sur des minerais ayant des teneurs largement supérieures à 75% d'oxyde de fer car, dans la Nature, il est très rare que des latérites atteignent des teneurs aussi élevées.

*2.3.3 Les volumes de déchets et l'intensité de la production de fer.*

Dès le premier contact, le site de Korsimoro est impressionnant pour un spécialiste de la métallurgie en raison de l'abondance des vestiges: des centaines d'amas de scories et des milliers de fourneaux! C'est un tâche longue et difficile que de passer de cette première impression à une quantification plus précise. Evidemment, on reste dans le domaine des estimations, compte tenu de l'ampleur des vestiges étudiés. Les tendances générales reflètent certainement la réalité.

| | KRS 1 | | | KRS 2 | | | KRS 3 | | | KRS 4 | | | KRS 5 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zone | nombre de fourneaux | nombre d'amas | tonnage | nombre de fourneaux | nombre d'amas | tonnage | nombre de fourneaux | nombre d'amas | tonnage | nombre de fourneaux | nombre d'amas | tonnage | nombre de fourneaux | nombre d'amas | tonnage |
| 10 | | | | 50 | 3 | 1150 | 12 | 12 | 412 | | | | | | |
| 20 | 2 | 1 | 0.1 | 152 | 27 | 22266 | 29 | 29 | 3829 | 395 | 9 | 16.9 | 0 | 1 | 20 |
| 30 | 101 | 4 | 12.2 | 7 | 1 | 130 | 32 | 32 | 1048 | | | | 16 | 15 | 400 |
| 40 | 200 | 2 | 20.0 | | 24 | 15393 | 3 | 3 | 153 | | | | | | |
| 50 | 345 | 3 | 35.0 | 30 | 1 | 1500 | 8 | 8 | 385 | 251 | 9 | 12.5 | | | |
| 60 | | | | | 2 | 2900 | 11 | 11 | 1310 | | | | | | |
| 70 | | | | 19 | 7 | 4593 | 18 | 18 | 390 | | | | | | |
| 80 | | | | | 5 | 730 | | | | | | | | | |
| 90 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | 79 | 4 | 8.8 | 14 | 9 | 2260 | 2 | 2 | 85 | 183 | 8 | 14.4 | | | |
| 110 | | | | | 2 | 500 | 2 | 2 | 70 | | | | | | |
| total | 727 | 14 | 76.1 | 272 | 81 | 51422 | 117 | 117 | 7682 | 829 | 26 | 43.8 | 16 | 16 | 420 |

**Fig. 53** Tableau de la quantification des vestiges pour le site de Korsimoro (Burkina Faso), en fonction des zones (Fig.14) et des traditions techniques.

La quantification des vestiges étudiés à Korsimoro est résumée sur la Fig. 53. Ce tableau ne prend pas en compte les éventuels vestiges qui n'ont pas été observés (voir ci-dessus 2.1.2). Compte tenu de la méthode de travail et des constatations de terrain, il est évident que les données sont incomplètes. Pour les traditions KRS1 et KRS4, il est certain que l'on sous-estime fortement les quantités réelles en ne prenant en compte que les vestiges observés. Il est difficile d'évaluer la représentativité des vestiges étudiés. Il est certain que les quantités doivent au moins être doublées. Peut-être faut-il même considérer un facteur 10 et admettre que les vestiges observés ne correspondent qu'à 10% à peine de la réalité. On constate qu'en prenant en compte ce facteur 10, on ne change pas significativement les proportions entre les cinq traditions. Par contre, en raison des multiples observations de terrain, il ne paraît pas raisonnable d'envisager un facteur 100. En prenant en compte ce facteur 100, on changerait les proportions.

Pour les traditions KRS2 et KRS3, il est certain que l'on prend en compte la majorité des vestiges du territoire de Korsimoro, dans un rayon de 10 km autour de la ville actuelle. La qualité des photos satellitaires permet de faire cette affirmation ainsi que l'intensité des parcours sur le terrain associée aux informations reçues des habitants. On peut envisager qu'une ou deux zones d'importance moyenne aient été oubliées, mais leur prise en compte ne changerait pas l'image générale.

Dans l'ensemble, le tonnage total des déchets métallurgiques présents à Korsimoro est de l'ordre de 60'000 tonnes. Ce chiffre est considérable, mais il est significativement inférieur à la première estimation globale publiée qui se montait « entre 100'000 et 200'000 tonnes « (Serneels et al 2012, Fig. 6). Korsimoro reste cependant un site avec un tonnage de scories très élevé, comparable aux plus grands sites étudiés sur le plateau dogon au Mali (Robion-Brunner 2010) ou aux plus grands sites de l'époque romaine en Europe.

Il ressort clairement que les déchets métallurgiques appartenant à la tradition KRS2 représentent plus de 80% du tonnage total (plus de 50'000 t). De petits ajustements dans la manière de calculer les tonnages, par exemple en prenant des masse de scories par $m^3$ plus faibles, ne changeraient pas cet état de fait.

Les tonnages associés à KRS3 sont significatifs: un peu plus de 7'500 t. Les vestiges KRS1 et KRS4 paraissent insignifiants en comparaison: moins de 100 t. Même en prenant en compte une sous-estimation massive de ces fourneaux à usage unique, l'image globale ne serait pas différente.

Il est encore trop tôt pour établir un rapport précis entre la masse de scories et la masse de fer produit (voir ci-dessus 2.3.2). Les premières analyses ne sont pas suffisantes pour effectuer un calcul de production réaliste, en particulier parce que le minerai n'est pas assez bien connu.

*2.3.4 Réflexion sur la tradition KRS1*

Plus de 700 fourneaux ont été identifiés sur le site de Korsimoro, répartis dans 14 secteurs différents au moins. Ces chiffres sont à première vue importants, mais ils correspondent en fait à un tonnage cumulé qui reste faible: moins de 100 t de scories (Fig. 49 et 53). En admettant un rapport fer: scorie de 1:5, assez optimiste, la masse de fer produite reste inférieure à une vingtaine de tonnes. Si l'on prend en compte une durée de l'activité minimale, à savoir 200 ans, le nombre d'opérations de réduction par an n'est que de 2 ou 3 pour une production de fer de 50 ou 100 kg. Si la durée effective a été supérieure, ce qui est vraisemblable, la production annuelle diminue proportionnellement. Même en retenant que les vestiges observés ne représentent qu'une très petite fraction (10%) de la réalité, les quantités considérées restent faibles.

Il est bien sûr impossible d'estimer le bassin de population qui était approvisionné en fer au cours de cette période. Par contre, il est clair que cette production est incapable de satisfaire les besoins en métal d'une population de plusieurs milliers d'habitants qui seraient équipés correctement en armes et en outils métalliques.

Les vestiges de KRS1 reflètent donc une situation où le fer est présent, sa production est relativement bien maîtrisée, mais sa place dans la culture matérielle reste celle d'un matériau peu abondant et sans doute de forte valeur.

L'activité de production est présente, mais pas intensive. La force de travail requise est limitée et l'impact écologique de cette production est insignifiant à l'échelle du territoire. Le mode d'organisation de la production dont témoignent les nombreuses batteries d'une dizaine de fourneaux reflète probablement un travail régulier effectué par des petits groupes, peut-être de manière saisonnière.

On peut s'étonner de voir cette longue phase de production à petite échelle s'étendre sur plusieurs centaines d'années sans que la production atteigne un niveau suffisant pour avoir un impact sur l'économie à travers l'amélioration de l'outillage agricole. Bien que capable de produire du fer dont elle maîtrise la technologie, la population n'a pas développé une production massive. Le corollaire de cette observation serait que les populations en question n'avaient pas un usage extensif du fer et que le système technique, où le fer jouait un rôle mineur, était suffisamment efficace pour assurer leur subsistance. N'ayant pas besoin de grandes quantités de fer, la population ne les a pas produites.

*2.3.5 Réflexion sur la tradition KRS2*

La situation change drastiquement à l'aube du second millénaire avec l'introduction de la tradition technique KRS2. Sur le plan technologique, l'utilisation de grands fourneaux réutilisables marque une évolution majeure. Si les moyens de production changent, l'organisation se trouve aussi complètement modifiée, avec une production qui est presque certainement continue et au moins intensive. Les vestiges témoignent de ce bouleversement. On peut s'interroger sur le pourquoi et le comment.

Un peu moins de 300 fourneaux KRS2 ont été identifiés dans plus de 80 secteurs. Ils sont répartis de manière très inégale. Certains secteurs renferment des dizaines de ruines, alors qu'ailleurs, on ne peut en repérer aucune. Ces disparités reflètent avant tout les conditions de conservation et ont peu à voir avec l'organisation de la production.

Si l'on compare le nombre de fourneaux présents dans un amas et le tonnage de scories de celui-ci, on obtient des résultats très variés: entre 5 et 150 tonnes de scories par fourneau. Les grands blocs de scories accumulés dans certaines bases de four-

neau permettent de se faire une idée de la masse de déchets produite par une opération, à savoir entre 200 et 500 kg. Pour produire 5 tonnes de scories, entre 10 et 25 opérations sont nécessaires. Un tel travail peut être effectué au cours d'une seule année, car il ne faut sans doute pas plus d'une semaine par opération de réduction. Il faudrait au moins 300 réductions pour produire 150 tonnes de déchets. Cela représente plusieurs décennies. Malheureusement, il n'y a pas de méthode permettant de s'assurer du nombre de fourneaux fonctionnant de manière simultanée dans un secteur donné.

Le tonnage global attribuable à KRS2 dépasse légèrement les 50'000 t (Fig. 49 et 53). Rapporté à la durée minimale de l'activité, soit 250 ans, cela représente une production annuelle de 200 t de scories, équivalente à 40 t de fer. Si on admet une consommation de fer de 1 kg par actif et par an, ce qui est beaucoup, on peut approvisionner une population de 100'000 personnes au moins. En prenant en compte une durée d'activité plus grande, de 300 ans ou même de 400 ans, la production annuelle diminue sensiblement mais reste très significative.

Pendant la période KRS2, Korsimoro est un centre de production de fer très actif qui produit des surplus significatifs et peut satisfaire une large population complètement équipée en armes et en outils agricoles en fer.

Pour mener à bien quelques 500 opérations de réduction chaque année, il faut faire fonctionner en parallèle de nombreux fourneaux, servis par une main d'œuvre abondante, car les tâches ne manquent pas. Il faut extraire le minerai, fabriquer le charbon, réduire le fer et ensuite le forger. Les données manquent pour établir un bilan de toutes ces activités, mais il est clair que ce sont des centaines de personnes, peut-être des milliers, qui sont impliquées. Toute une population est spécialisée dans la production sidérurgique et doit obtenir ses moyens de subsistance auprès d'autres groupes, en particulier des agriculteurs. Evidemment, la production excède les besoins locaux et cela implique que les surplus sont écoulés dans une région beaucoup plus vaste.

Ce contexte de production intensive a certainement eu un impact écologique sur le couvert forestier. Autant de fourneaux, fonctionnant de manière continue, réclament des quantités de combustible très importantes. D'autres indicateurs devraient être étudiés pour décrire plus précisément cet impact.

### *2.3.6 Réflexion sur la tradition KRS3*

La technique KRS3 qui succède à KRS2 est significativement différente sur le plan technique, avec la généralisation de l'évacuation des scories en dehors de la cuve du fourneau pendant l'opération. Cependant, il y a aussi des éléments comparables. Par exemple, dans le fond de la cuve, les métallurgistes continuent à disposer des fragments de tuyères usagées que vient ennoyer la scorie interne. Des amas KRS3 s'installent le plus souvent en périphérie des nappes KRS2 plus anciennes, mais dans certains cas occupent aussi de nouveaux emplacements. Dans les compositions chimiques des scories, on ne détecte pas d'indication pour une amélioration de l'efficacité technique du procédé lorsque l'on compare KRS2 et KRS3. D'autres facteurs ont pu jouer en faveur de l'adoption d'une nouvelle technique. On peut envisager par exemple que l'introduction de l'évacuation des scories pendant l'opération aille de paire avec une diminution de la consommation de charbon. Dans ce cas, le bilan global de l'opération se trouverait amélioré. On n'a cependant aucune preuve d'une telle situation et il est parfaitement envisageable que le changement technologique soit simplement lié à des mouvements de population.

Plus d'une centaine d'amas de scories annulaires KRS3 ont été individualisés. Ils sont répartis pratiquement dans toutes les zones. Ils sont presque toujours groupés par 3, 4 ou 5 et souvent, il y a un amas principal de taille imposante associé à plusieurs autres plus petits. On compte seulement un nombre restreint d'amas de grande taille. Ils ne sont que 12 à dépasser 150 t, contre 80 cas à moins de 40 t.

En comparant la masse des scories de la butte où sont rejetées les scories coulées et la masse de celles de l'anneau correspondant, on obtient des rapports qui varient un peu mais se rapprochent le plus souvent de 1:1 (Fig. 15). Sachant que les blocs de scories internes qui sont rejetés dans l'anneau peuvent atteindre des masses de l'ordre de 100 kg, on peut déduire que chaque opération de réduction devait donner environ 200 kg de déchets, à savoir 100 kg de scories internes et 100 kg de scories coulées. Un amas de 20 tonnes représente donc une centaine d'opérations; 5 à 10 ans de production peut-être. Un amas de 200 tonnes correspond à plusieurs décennies d'activité. Les quelques très gros amas qui dépassent 500 tonnes ont pu se constituer en un siècle environ.

Le tonnage total attribuable à KRS3 est de 7'500 t (Fig. 49 et 53). La durée probable de l'activité est évaluée à 150 ans. On aboutit donc à un tonnage annuel de scories de 50 t, équivalant à environ 10 t de fer. Ce chiffre est clairement inférieur à l'estimation faite pour KRS2 (entre 125 et 250 t de scories par an, respectivement 12,5 et 25 t de fer). Il est donc probable que l'introduction de la nouvelle technique qui permet sans doute une petite augmentation de la rentabilité de l'activité aboutisse néanmoins à une baisse globale de la production.

Pendant la période KRS3, Korsimoro reste un centre de production d'importance considérable, mais sa capacité a beaucoup diminué en regard des siècles précédents. Quels changements socio-économiques furent les causes de cette évolution? Quel fut son impact sur la société? Le changement technologique et la diminution de la production pourraient-ils être en relation avec des difficultés d'approvisionnement en combustible? Le hiatus dans l'occupation qui est pressenti pendant la période 1450–1550 AD pourrait trouver une explication dans la raréfaction des ressources en bois.

*2.3.7 Réflexion sur la tradition KRS4*

La coupure technologique est manifeste entre KRS3 et KRS4. On ne saurait concevoir des fourneaux plus différents. De la même manière, il y a un changement radical dans l'échelle et l'organisation de la production. En fait la disposition des ateliers KRS4 rappelle celle de KRS1, quelques 600 ans plus tôt!

Plus de 800 fourneaux ont été repérés, faisant partie de 26 ensembles distincts. Ils sont fréquents mais ils sont cependant absents de plusieurs secteurs où l'activité avait été massive aux périodes précédentes. Cette constatation ne peut pas être entièrement un effet de la difficulté de localisation de ces installations invisibles sur les photos satellitaires. Les fourneaux KRS4 sont absents dans la zone 10, bien étudiée. Ils n'ont pas été vus dans les zones 30, 40 et 70 où les prospections ont été assez importantes. Enfin, dans la zone 100, ils se trouvent dans des secteurs assez éloignés des autres vestiges.

Chaque fourneau KRS1 correspond à une opération de réduction unique. La masse du bloc de scories produit est de l'ordre de 50 kg, mais comme les analyses archéométallurgiques mettent aussi en évidence une diminution de l'efficacité de la réduction, la masse de métal produite ne doit pas dépasser 5 kg. Pour les quelques 40 t de scories qui ont été repérées, la production de fer calculée n'est que de 5 t au total (Fig. 49 et 53). Même si bien des fourneaux KRS4 ont pu échapper aux prospections, les quantités restent minimes. Il est bien difficile d'évaluer la durée de l'activité, mais même si elle n'est que d'une cinquantaine d'années, on constate une chute brutale de la production annuelle qui se chiffre maintenant en centaines de kg au maximum. Il y a évidemment un paradoxe dans cet effondrement de la production au moment où le royaume de Busma se structure sous l'impulsion des émigrants Nakoomsé venus de Wogdogo et où Korsimoro joue un certain rôle politique. Clairement, au cours de cette période, Korsimoro n'est plus un centre de production de fer important à l'échelle régionale. Il est même probable que la production ne puisse pas satisfaire la demande à l'échelle locale. Il faut envisager un changement complet de l'organisation de l'approvisionnement en fer, par exemple sur la base d'importations massives.

### 2.4 Perspectives de recherche sur Korsimoro

Le site de Korsimoro a fait l'objet de deux campagnes de recherches sur le terrain focalisées sur les vestiges métallurgiques. Les différentes technologies mises en œuvre ont pu être caractérisées. Une stratégie de prélèvement de charbon de bois adaptée a permis d'établir un schéma chrono-technologique qui semble assez solide. Les nombreux relevés topographiques et les excellentes photos satellitaires ont permis d'établir une quantification rigoureuse et relativement précise des tonnages de déchets. L'expérience permet aussi d'évaluer les lacunes d'observation. Enfin, les analyses chimiques des scories contribuent à la compréhension des évolutions technologiques et au calcul des rendements.

Une fois ces données acquises et interprétées, c'est bien un pan de 1000 ans d'histoire qui transparaît dans toute sa complexité. L'interprétation permet d'aller beaucoup plus loin que le simple constat de la présence de grandes masses de scories et de nombreux fourneaux…

Le travail est loin d'être achevé. Une partie de la documentation produite en 2011–12 doit encore être mise en forme, avec en particulier l'élaboration d'un plan général complet. Il apparaît clairement que des enquêtes orales plus approfondies sont nécessaires pour cerner les évolutions des derniers siècles de l'occupation. Il faudrait aussi compléter l'étude de certains vestiges métallurgiques qui ont été délaissés, en particulier ceux de la tradition technique KRS5. Il faudrait partir à la recherche des mines que l'on soupçonne dans les plateaux latéritiques du Nord. Il faudrait aussi prendre en compte les vestiges archéologiques qui ne sont pas liés à la métallurgie. En parallèle, les analyses archéométallurgiques doivent être complétées. A ce jour, les échantillons restent trop peu nombreux et certaines hypothèses demandent des données supplémentaires pour être validées. L'étude approfondie du minerai s'impose. Il est aussi nécessaire de travailler sur les objets en métal provenant du site. D'autres perspectives s'ouvrent avec la mise en œuvre de l'archéomagnétisme. S'il s'agit encore pour le moment de développer les courbes d'évolution du champ magnétique pour cette partie du monde, il est possible que, à l'avenir, cette approche contribue singulièrement à répondre aux questions chronologiques sur le site de Korsimoro. Les très nombreux fourneaux offrent une inestimable possibilité de recherche détaillée. Enfin, il faut encore replacer Korsimoro dans le contexte général du développement de la production du fer en Afrique sahélienne. Le cadre général est encore mal connu, mais il existe tout de même des points de comparaison, par exemple avec la grande industrie du pays dogon, celle du pays Bassar dans le Nord du Togo ou encore les Mont Mandara au Cameroun.

Une démarche de mise en valeur et de protection du Korsimoro a aussi été initiée avec des partenaires locaux, nationaux et internationaux. Elle se place dans la perspective d'une réflexion d'ensemble sur la préservation des vestiges matériels et des savoir-faire traditionnels dans le domaine de la sidérurgie dans le cadre large de l'Afrique de l'Ouest.

## Bibliographie


DONADINI, F., KORHONEN, K., RIISAGER, P. AND PESONEN, L.J., 2006: *Database for Holocene geomagnetic intensity information.* EOS, 87 (14), 13.

EL KATEB, A., 2013: *Etude archéométrique des déchets métallurgiques du fer à Korsimoro (Burkina Faso*). Travail de Master, Département de Géosciences, Université de Fribourg, 143p.

ESCHENLOHR, L. ET SERNEELS, V., 1991: *Les bas fourneaux mérovingiens de Boécourt Les Boulies* (JU/Suisse), Cahier d'archéologie jurassienne 3, Porrentruy, 143 p.

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

JACKSON, A., JONKERS, A.R.T., WALKER, M.R., 2000: *Four centuries of geomagnetic secular variation from historical records. P*hylosophical Transactions of the Royal Society of London A, 358, p.957–990.

KILLICK, D., VAN DER MERWE, N.J., GORDON, R., GRÉBENART, D., 1988: *Reassessment of the evidence for Early Metallurgy in Niger, West Africa*, Journal of Archaeological Science 15, p.367–394.

LANOS, P., 2004: *Bayesian inference of calibration curves: application to archaeomagnetism*. IN BUCK, C., MILLARD, A., (ed.): *Tools for constructing technologies*: Crossing disciplinary boundaries, Springer London, p.43–82.

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

KORTE, M., DONADINI, F., CONSTABLE C.G., 2009: *Geomagnetic Field for* 0–3ka: 2. A new series of time-varying global models. Geochemistry, Geophysics, Geosystems 10, Q06008, 2009. Doi: 10.1029/2008GC002297.

KORTE, M., CONSTABLE, C., 2011: *Improving geomagnetic field reconstructions for 0–3 ka.* Physics of the Earth and Planetary Interiors, 188, 247–259.

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

SERNEELS, V., KIÉNON-KABORÉ, H.T., KOTÉ, L., KOUASSI, S.K., RAMSEYER, D., SIMPORÉ, L.: *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), Rapport annuel SLSA 2011, p. 23–54.

SERNEELS, V., KIÉNON-KABORÉ, H. T., KOTÉ, L., KOUASSI, S. K., MAUVILLY, M., RAMSEYER, D., SIMPORÉ, L.: *Origine et développement de la métallurgie du fer au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire.* Premiers résultats sur le site sidérurgique de Siola (Kaniasso, Denguélé, Côte d'Ivoire). Rapport annuel SLSA 2012, p. 113–144.

TEMA, E., KONDOPOULOU, D., 2011: *Secular variation of the Earth's magnetic field in the Balkan region during the last eight millenia based on archaeomagnetic data.* Geophysical Journal International, 186/2, p.603–614.