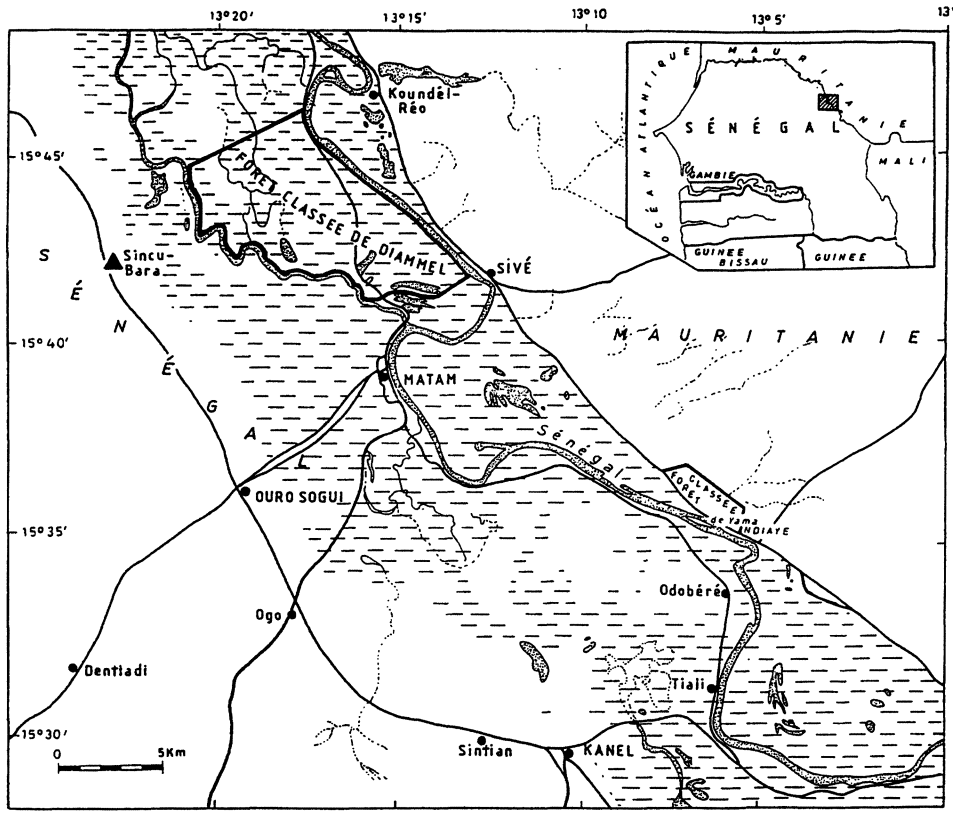


Figure 1 : **Le site de SINCU-BARA**

❒ Réduction et traitement du fer à Sincu-Bara (Sénégal)

Hamady BOCOUM
Philippe FLUZIN

Résumé : *La présence métallurgique constitue un des aspects les plus marquants des assemblages archéologiques à Sincu-Bara*[1]. *Parmi les artefacts les plus fréquents, on note des scories de morphologie originale, souvent hors contexte, mais réputées être issues de la réduction directe et plus rarement des objets en fer. Ces deux catégories d'objets qui se trouvent en amont et en aval de la chaîne opératoire du fer offrent d'excellentes possibilités d'observation en vue d'une attribution plus fine des scories de réduction et d'une appréciation de la qualité des traitements thermiques effectués sur les objets en fer. Les observations métallographiques réalisées sur deux scories cylindriques et un objet en fer indiquent une bonne maîtrise des mécanismes oxydo-réducteurs ainsi que des traitements thermiques en cohérence avec les fonctions supposées de l'objet en fer.*

Abstract : Iron reduction and processing in Sincu-Bara (Senegal). *The presence of metallurgy represents one of the more striking aspects of the archaeological structures in Sincu-Bara. Among the more frequent artefacts, one notices scoria of an unusual morphology, often out of context, but reputed to come from direct reduction and more rarely from iron items. These two categories of items which are to be found both up and down stream from the iron operating chain offer excellent possibilities of observation aiming at a more precise allocation of the scoria of reduction and at an assessment of the quality of the heat treating processed on iron items. The metallographic observations made on two cylindrical scoria and on an iron item show a good skill of the mechanisms of the reduction by oxygen as well as of those of heat treatments which are consistent with the supposed functions of the iron item.*

1. Introduction

Situé à environ 700 km à l'est de Dakar, **Sincu-Bara** est l'un des sites les plus importants de la moyenne vallée du fleuve Sénégal (**figure : 1**). Il fut découvert en 1972 par A. RAVISÉ. L'équipe constituée autour de G. THILMANS et A. RAVISÉ y a organisé au total six campagnes de fouilles dont les résultats sont publiés sous le titre "Sincu-Bara et les sites du fleuve" (Mémoire de l'IFAN-N° 91, 1983). Cette synthèse consacrait la

[1] Signalons que pour l'Afrique de l'Ouest, les synthèses récentes (Paris *et al.*, 1992, Bocoum, 2000) placent les débuts de la sidérurgie vers 2000 BC. Cette position chronologique induit une invention autochtone d'où l'intérêt de développer les approches métallographiques en vue d'en préciser les spécificités techniques.

moyenne vallée du fleuve Sénégal comme une grande province archéologique et ouvrait des perspectives de recherche tout à fait novatrices.

Des recherches ultérieures[2] ont montré que le site de Sincu-Bara intègre la distribution générale des cultures de l'âge de fer dans la moyenne Vallée du Fleuve Sénégal (Susan K. Mc INTOSH *et al.*, 1992). Au plan chronologique, l'occupation du site couvre une période qui s'étend sur plus d'un demi millénaire : du V^{e} siècle au XII^{e} siècle après J.C. Les sites du fleuve sont intimement liés à la maîtrise des techniques métallurgiques dont les témoins constituent une partie non négligeable des assemblages archéologiques. Le fer est présent dés la première occupation du site. Quant au cuivre son apparition, plus tardive, se situerait aux environs du IX^{e} siècle en rapport avec l'ouverture des sites du fleuve sur les circuits commerciaux de cette époque.

Pour les scories, l'objectif de l'étude est leur caractérisation métallographique en vue de la reconnaissance des modes de répartition du métal et des oxydes métalliques dans la masse silicatée qui en est le contenant. Pour les besoins de l'observation, les échantillons ont été nettoyés, rincés et passés aux ultrasons avant d'être polis jusque à 1µ. Quant à l'échantillon issu du pic, il a été directement enrobé avant polissage. L'objectif de l'observation métallographique étant la reconnaissance des traitements thermiques subis par le matériau.

2. Présentation de l'échantillonnage

L'échantillonnage qui fait l'objet de la présente étude se compose de deux scories cylindriques et d'un objet en fer, probablement un pic, récoltés à Sincu-Bara au cours de différentes campagnes de fouilles.

2.1. Les scories

Les vestiges les plus remarquables de la production du fer à Sincu-Bara sont des scories de forme cylindrique que l'on rencontre souvent dans les niveaux les plus anciens du site. Elles sont généralement interprétées comme des résidus de fourneaux comportant un fond de cuve cylindrique tel que définis par TYLECOTE (1975). Nous n'avons pas cependant pu confirmer formellement cette hypothèse au cours des différentes campagnes de fouilles effectuées sur le site. Toutes les grandes scories de ce type que nous avons recueillies semblaient en effet hors de leur contexte de réduction, même si par endroits elles reposaient sur des banquettes fortement rubéfiées. Ainsi, malgré une forte présomption, les données intrinsèques de la fouille ne permettent pas de se faire une idée précise de leur place dans la chaîne opératoire de production du fer (réduction ou épuration).

Pour tenter de caractériser davantage ce type de scories, nous avons entrepris l'analyse métallographique de deux d'entre elles, dont une complète. Sur cette dernière trois échantillons ont été étudiés ce qui porte à quatre le nombre des observations réalisées.

[2]Elles ont été conduites entre 1990 et 1992 par l'IFAN Ch. A. Diop (Hamady Bocoum) et Rice University / Texas (Prof. Susan et Roderick McIntosh). Ce programme a bénéficié du soutien de *National Science Fondation* des USA (BNS 9011811) et de la National Geographic Society que nous tenons à remercier. Les principaux résultats de cette étude ont fait l'objet d'une publication récente (McIntosh S. et Bocoum H., 2000).

2.1.1. La scorie n°1.

Il s'agit d'un fragment d'une scorie cylindrique, long d'une vingtaine de cm, pour un diamètre moyen d'environ quinze cm, récolté dans le sondage SBA 3[3]. Il réagit par endroits à un aimant ce qui a permis de délimiter un plan de coupe perpendiculaire au plus grand axe de la scorie. C'est cette tranche centrale d'une épaisseur de 1 cm environ qui a été enrobée et soumise à l'étude. Elle épouse grossièrement la forme d'un arc de cercle d'un diamètre voisin de 15 cm. Elle est régulière et très compacte avec par endroits des vacuités, témoins d'anciens puits de diffusion gazeuse.

2.1.2. La scorie n°2.

C'est une pièce complète sur laquelle il a été possible de faire une analyse en différents endroits à partir du prélèvement de trois échantillons. La scorie de type cylindrique est longue de 44 cm avec un diamètre à la base de 19 cm. Elle s'amincit progressivement de la base au sommet où son diamètre n'est plus que de 8 cm. Son poids total est de 19,1 kg (**planche I.1**). Cet amincissement sommital s'explique à la fois par l'allure générale de la cuve qui devait être en forme de fuseau et par l'influence de la tuyère qui a projeté sur le côté opposé la scorie encore fluide créant un effet de facette. Ainsi, sur les 12 derniers centimètres, le diamètre de la scorie ne correspond plus qu'à une demi-section au profil biseauté.

Pour rendre compte des différents aspects de cette scorie nous avons procédé à trois prélèvements qui ont concerné la base, le milieu et le sommet de la pièce. La morphologie de l'échantillon de base se caractérise par une grande régularité avec une forme arrondie, incrustée d'une croûte d'argile noire qui dénote une formation en milieu réducteur (**planche I.2**). L'échantillon médian est encore plus régulier et plus compact que le précédent, il semble être d'une grande homogénéité (**planche I.3**). Seul l'échantillon superficiel rend compte d'une différenciation morphologique significative, car l'effet de facette produit sous l'influence de la tuyère a engendré la formation de cordons de coulées assez remarquables (**planche I.4**).

2.2. Le pic en fer

Cet objet que nous interprétons comme un pic est long de 157 mm pour une largeur maximale de 35 mm. La flamme peu développée est longue de 50 mm. La douille massive est de section arrondie avec un diamètre externe de 20 mm environ à sa base et de 28 mm dans sa partie proximale. Elle a été obtenue en partie en repliant la feuille sur elle-même; celle-ci ayant été préalablement aplatie puis ressoudée à partir de 80 mm de la pointe. Le prélèvement a été effectué au niveau de la plus grande largeur de la flamme afin de faciliter les observations (**figure 2**).

3. L'analyse métallographique

3.1. La scorie n°1

L'examen au microscope métallographique inversé après un polissage jusqu'au micron a permis de faire les observations suivantes :

[3] Sondage effectué en 1992 dans le cadre du programme IFAN Ch. A.Diop et Ricie University / Texas, USA.

Planche I.

1

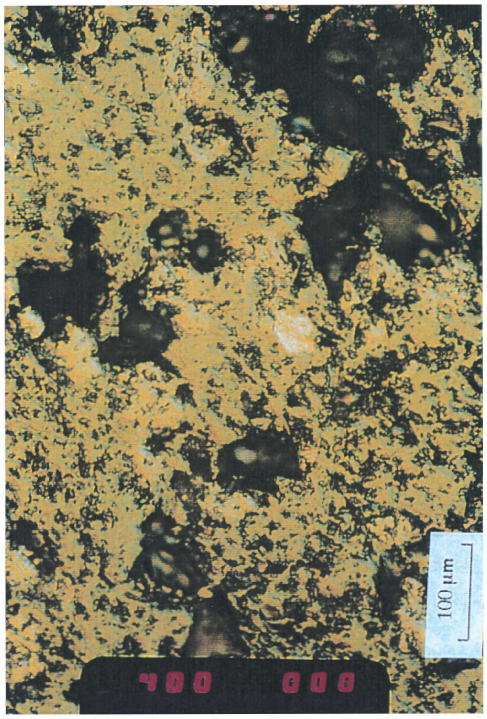
3

2

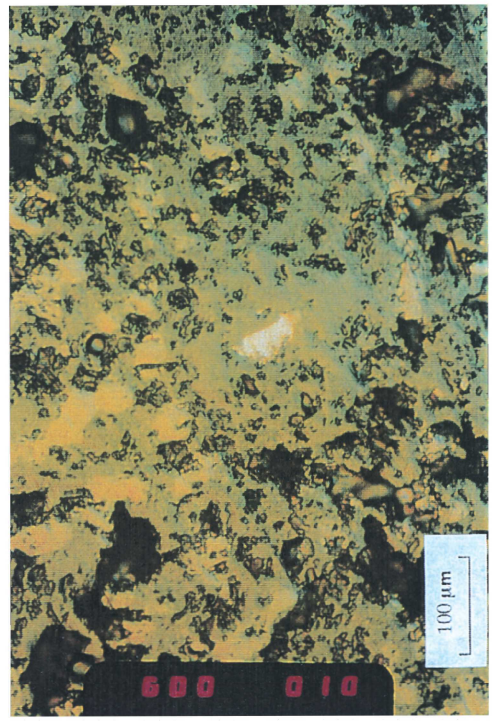
4

Planche II.

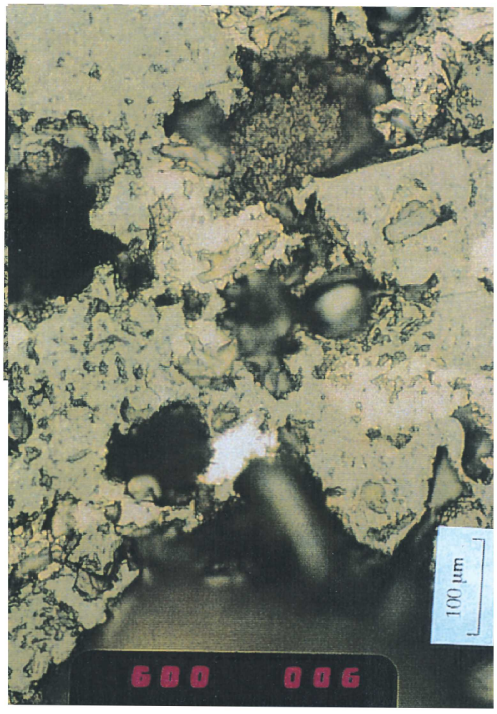
1



3



2



4

- la scorie est globalement peu riche en résidus métalliques. Ceux-ci se présentent sous forme de tout petits nodules, de 15 à 25 µ, disséminés de manière régulière sur tout le plan d'observation. Au total 430 nodules ont été repérés sur toute la surface balayée, soit environ 35 cm^2. Ce chiffre peut être pondéré par la petite taille des nodules ainsi que par l'importance de la zone d'observation. Ceci est toutefois significatif en comparaison des fragments de métal susceptibles d'être détectés à un grossissement de X 200;

- la quasi-totalité des nodules ne présente aucune trace de réoxydation et la plupart d'entre eux sont très ductiles (rayures), ce qui tend à prouver qu'il s'agit d'une phase ferritique. Les nodules de fer sont enfin organisés autour de puits de diffusion gazeuse qui sont par excellence des zones actives de réduction dans le contexte, bien sûr, d'une atmosphère réductrice.

Au regard des observations ci-dessus, il semble bien que l'on puisse attribuer cette scorie à une phase de réduction en raison de deux constats concordants : la présence de nodules de ferrite non réoxydés, la répartition des nodules autour ou à proximité immédiate de puits de diffusion gazeuse témoignant d'une atmosphère réductrice.

Quant au faible taux de nodules métalliques dans la scorie, il pourrait s'expliquer par le fait que nous sommes sans doute en début de réduction avec une prépondérance de l'élimination de la gangue siliceuse du minerai.

3.2. La scorie n°2

3.2.1. L'échantillon de la base de la scorie

Comme il fallait s' y attendre, cet échantillon (**planche I.2**) qui correspond à la base de la scorie et qui s'est constitué en début de réduction est extrêmement pauvre en inclusions métalliques. Il est presque exclusivement composé de fayalite. Il s'agit essentiellement du résultat de la fusion de la gangue. De ce fait, même les oxydes de fer (wustite) sont presque totalement absents de cette phase. Les inclusions ferritiques rarissimes, mais non réoxydées, sont distribuées de manière très aléatoire (**planche II.1**).

3.2.2. L'échantillon de la section centrale

Celui-ci s'avère également pauvre en inclusions métalliques (**planche I.3**). Il se compose essentiellement de gangue sous forme de fayalite. Cependant, comparativement à l'échantillon de base, les oxydes métalliques sous forme de wustite sont plus nombreux. On note également une plus grande densité des puits de diffusion gazeuse aux marges desquels se sont agglutinés de rares inclusions ferritiques non réoxydées (**planche II.2**).

3.2.3. L'échantillon du sommet

On remarque une nette évolution dans la composition de la scorie (**planche I.4**). Compte tenu de l'influence de la tuyère qui a entraîné une élévation importante de la température, les puits de diffusion gazeuse sont parfois associés à des dendrites de wustite. Il y a une nette augmentation des inclusions métalliques (**planche II.4**), toutes non réoxydées et en rapport avec les puits de diffusion gazeuse en atmosphère réductrice.

Suite aux observations réalisées sur les trois échantillons il apparaît qu'en absence de toute forme de réoxydation il s'agit effectivement d'une scorie de réduction. La morphologie de celle-ci et la profondeur de la cuve ont cependant introduit des nuances dans la distribution

des oxydes (FeO) et la fréquence des inclusions métalliques. La base de la scorie qui concentre la gangue en fusion est extrêmement pauvre en oxydes métalliques et en inclusions ferritiques. Elle est essentiellement composée de fayalite. Vers le centre ces deux éléments sont présents mais dans des proportions assez faibles. Ce n'est que vers le sommet, sous l'influence de la tuyère, que la présence de la wustite, parfois sous forme dendritique, est importante en association avec des puits de diffusion gazeuse et des inclusions métalliques plus fréquentes.

En conclusion, l'étude des quatre échantillons, tous issus de scories cylindriques, montre que celles-ci sont le résultat d'une réduction primaire car aucune forme de réoxydation statistiquement pertinente n'a été observée. Cependant, en règle générale nos échantillons sont pauvres en inclusions métalliques. Lesquelles augmentent régulièrement de la base au sommet en rapport avec l'élévation des températures et l'ordre de dépôt. On peut en conséquence accepter que la maîtrise globale de l'opération de réduction s'avère très bonne. Nous disposons avec ces échantillons d'une bonne photographie d'ensemble du processus de réduction en phase initiale, notamment d'un gradient de répartition des phases métalliques et oxydées.

4. Le pic en fer

4.1. L'observation macrographique

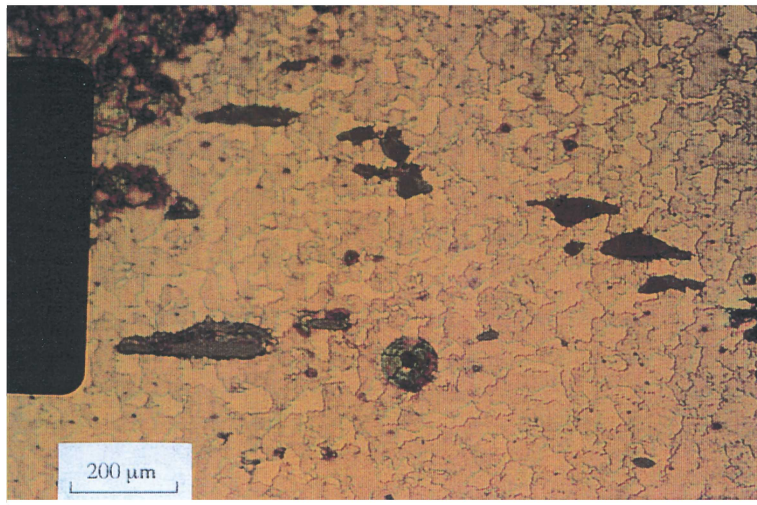
La macrographie (**planche II.4**) ne révèle pas d'associations particulières de métal dans la composition de l'objet qui est relativement homogène. On note quelques lignes d'impuretés mais elles s'estompent dans la masse de métal sans aucune solution de continuité qui pourrait suggérer une soudure quelconque. De ces observations, il apparaît que c'est une seule pièce de métal qui a été utilisée pour confectionner l'objet. Dans ce contexte, les lignes d'impuretés doivent être mises en rapport avec l'élaboration de la masse primitive de métal (lingot). En effet, le fer obtenu par le processus de réduction directe présente dès l'origine de nombreuses impuretés (scories, charbons de bois) qui sont expulsées progressivement au cours de l'épuration. Elles n'en laissent pas moins des inclusions exogènes qui, même si elles sont partiellement éliminées par le cinglage constituent des alignements d'impuretés à l'intérieur de la masse de métal, ce qui semble être le cas pour cet échantillon.

4.2. Les observations micrographiques

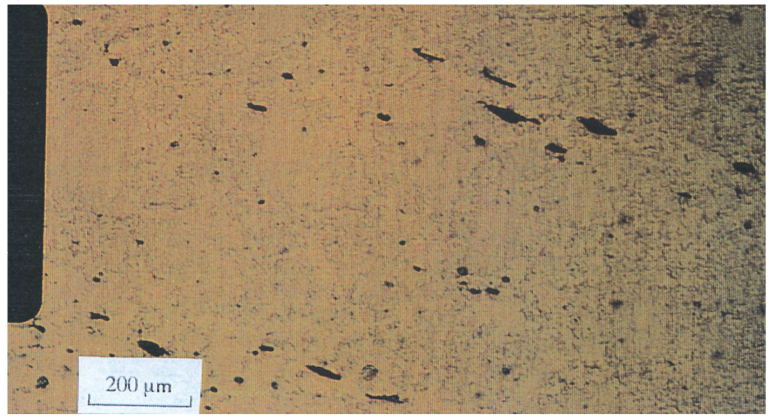
L'examen micrographique confirme les observations macrographiques faites ci-dessus. L'objet se compose d'une perlite globulaire (**planche III.2**) associée par endroits à de nombreuses inclusions (planche 3:1). Celles-ci sont surtout développées dans les zones de micro-soudure par carroyage où on observe une décarburation locale (micrographie 12). Il s'agit d'un acier hypeutectoïde avec un taux de carbone voisin de 0.5 % et des niveaux de micro-dureté assez faibles (Δ1=248 Hv, Δ3=218 Hv, Δ3=291 Hv). Vers la périphérie, la carburation devient légèrement plus importante avec notamment l'apparition de structures ferrito-perlitiques aciculaires d'une micro-dureté plus élevée (Δ2=361 Hv). Ces structures rendent compte d'un maintien prolongé à haute température induisant une cémentation plus importante suivie d'un refroidissement plus ou moins rapide, à la température ambiante par exemple.

Planche III.

1



2



L'étude de cet objet rend compte d'une composition assez homogène. Il a été obtenu à partir d'une pièce support unique dont les inclusions et les impuretés internes reflètent tout au plus une phase d'épuration par corroyage du lingot initial. Sa structure ferrito-perlitique avec une configuration aciculaire vers les périphéries, même si elle ne rend pas compte d'un outil particulièrement performant, indique au moins la volonté de renforcer le pouvoir de pénétration de l'objet avec un acier plus résistant. Malgré tout, l'objet est brut de forgeage sans traitements thermiques ultérieurs.

5. Conclusion

L'analyse de quatre échantillons issus de deux scories cylindriques récoltées à **Sincu-Bara**, ainsi que celle d'un objet en fer rendent compte de l'existence sur ce site du cycle complet de la chaîne opératoire du fer, même si nous n'avons pas étudié les maillons intermédiaires; particulièrement les scories d'épuration et de forge.

Ainsi, les scories cylindriques peuvent, en partie tout au moins, être interprétées comme le résultat d'une réduction primaire. De même, l'analyse du pic en fer témoigne d'un travail d'épuration satisfaisant avec des traitements thermiques sommaires, il est vrai, mais non dénués d'efficacité pratique.

En somme, ces observations renforcent considérablement l'hypothèse selon laquelle Sincu-Bara a été un site majeur de l'âge du fer dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal dans lequel la chaîne opératoire était globalement bien maîtrisée.

❒Bibliographie

AVERY D.H., NICHOLAS J., VAN DER MERWE & S. SAITOWITZ. 1988. "The Metallurgy of the Iron Bloomery in Africa". In Maddin R. (ed) *The Beginning of the Use of Metals and Alloys*: 261-282. Cambridge: MIT Press.

AVERY D. H. & SCHMIDT P. 1986. "The use of preheated air in ancient and recent African iron smelting furnaces : a reply rehder". *Journal of Field Archaeology* **13**: 354-357.

BOCOUM H. 1986. La métallurgie du fer au Sénégal. Approche archéologique, technologique et historique. *Thèse de doctorat de 3ème cycle*, Université de Paris I, 333 p.

BOCOUM H. 1987. "Métallurgie et couvert végétal dans la Moyenne Vallée du Sénégal et les régions voisines". *Notes de Biogéographie /Dakar* **3**: 67-78.

BOCOUM H., GUILLOT I. & FLUZIN P. 1988. "Apport de la métallographie structurale à l'interprétation fonctionnelle de trois objets en fer du Sénégal". *Revue d'archéométrie* **12**: 57-69.

BOCOUM H., McINTOSH S.K. & R.J. McINTOSH. 1993 a. "La réduction directe et ses rapports à l'environnement dans la Moyenne Vallée du fleuve Sénégal des origines au XVIème siècle". Communication au *Symposium sur la forge Catalane, Barcelone* 13 - 17 septembre 1993. 16 pages, 4 figures. (sous presse).

BOCOUM H. A propos de la métallurgie du fer en Afrique (à paraître), *Actes de la Table-Ronde sur le thème : L'Afrique et le bassin méditerranéen aux origines de la métallurgie du fer* (Genève, 1999).

ECHARD N. (ed) 1983 a. In N. Echard (ed). Métallurgies Africaines, nouvelles contributions. *Mémoires de la Société des Africanistes* **9**. Paris.

FLUZIN P. 1983. "Notions élémentaires de sidérurgie". In N. Echard (ed). Métallurgies Africaines, nouvelles contributions. *Mémoires de la Société des Africanistes* **9**. Paris : 13-44.

FLUZIN P., BENOIT P., KIENON H.T., KIETHEGA J. B. & EL KEDIM O. 1995, "Restitution of the operating chain in paleo iron and steel metallurgy from the archaeological relics:

comparative studies with the African ethno-archaeological" In Gert Magnusson (ed.) *The importance of Iron making, Technical Innovation and Social Change*, Nobrtg May 8-13.

GARENNE-MAROT L. 1993. *Archéologie d'un métal : le cuivre en Sénégambie entre le X^{ème} et le XIV^{e} siècle.* Thèse de Doctorat de l'Université de Paris I Panthéon-Sorbonne. 2 vol.

KILLICK D.J. 1991 b. "The relevance of recent African iron-smelting practice to reconstructions of prehistoric smelting technology" In Glumac P.D. (ed.) Recent trends in archaeometallurgical research: 47-54. Philadelphia/ the University Museum (*MASCA Research Papers in Science and Archaeology* **8** (1).

MARTIN V. & BECKER Ch. 1984. *Inventaire des sites protohistoriques de la Sénégambie.* Kaolack, CNRS.

McINTOSH S.K., McINTOSH R.J. & BOCOUM H. 1992. "The middle Senegal Valley project: preliminary results from the 1990-91 field season". *Nyame Akuma* **38** : 47-61.

PARIS, F., PERSON, A., QUÉCHON, G. & SALIÈGE, J.-F. 1992. Les débuts de la métallurgie au Niger septentrional (Aïr, Azawagh, Ighazer, Termit). *Journal des Africanistes* 62(2) : 55-68.

ROBERT-CHALEIX D. & SOGNANE M. 1983. "Une industrie métallurgique ancienne sur la rive mauritanienne du fleuve Sénégal". In N. Echard (ed.) Métallurgies africaines, nouvelles contributions. *Mémoire des Société des Africanistes* **9**: 45-62.

SOGNANE M. 1983. La métallurgie ancienne du fer dans la Vallée du Sénégal. Nouakchott, Mémoire E.N.S.

THILMANS G & A. RAVISE A. 1983 "Protohistoire de Sénégal 2, Sinthiou-Bara et les sites du fleuve", Mémoires de l'IFAN, n° 91.

TYLECOTE, R.F. 1975. The origin of Iron smelting in Africa. *West African Journal of Archaeology* 5:1-182.

❒Les auteurs

Dr. Hamady Bocoum

Researcher in Archaeologogy and Anthropology
IFAN Ch. A. Diop, Ch. A. Diop University,
B.P. 206 Dakar - Senegal

Major discipline : Anthropology, Archaeology.

Education:
1986 - Doctorat 3^{e} Cycle. Ethnologie et Préhistoire, *La métallurgie du fer au Sénégal: Approche archéologique, technologique et historique.* Université de Paris I, Sorbonne, France.

Professional training
1983 Training to neutronic activation. "Laboratoire Pierre Sue à Gif/Yvette. Groupe d'archéologie Nuclaire".
1986 Training to spectography. "Equipe N°27 du C.N.R.S. Université de Renne I".
1986 Training to metallography. "Laboratoire de Physico-chimie des matériaux ; U.R.A N°34 du C.N.R.S" , Université de Technologie de Compiègne.

Academic appointments
Since 1988 Associate professor, Department of History, Ch. A. Diop University.
Since 1992 Head of the Prehistory- Protohistory Laboratory at IFAN Ch. A. Diop.
Since 1995 Associate researcher, CNRS.
Since 1996 President of the Scientific Commission at IFAN Ch. A. Diop,
Since 1995 Chair of the Social Sciences Department at IFAN Ch. A. Diop.
Since 1996 Supervisor of the IFAN Ch. Diop Museums.
1997 Co-supervisor, Métaf ACCT "Les métiers du feu en Afrique", Yaounde Camerun.

Academic societies

Forum for African Archaeology and Cultural Heritage
West African Research Association (WARA).
International Council of Museums (ICOM).
West African Archaeological Association (WAAA).
Scientitic Comittee of the " Iron Roots in Africa" UNESCO, project.
"Association des Chercheurs Sénégalais".
" Coordination des Archéologues Sénégalais"
"Laboratoire de Recherches Historiques par la Tradition Orale" Ch. A. Diop Universiy.

Research grants

1985-1986 Unesco grant, "Recherches archéologiques sur la métallurgie du fer au Sénégal".
1988 United States Information Service, grant.
1990-1992 National Science Fondation. Co-Investigator, "Archaeocological Investigations in the Middle Senegal Valley, Senegal".
1995-1996 "Délégation à la Recheche Scientifique et Technique, Sénégal", Encyclopédie des Techniques Traditionnelles. Principal investigator.
1997-1998 "Agence de Coopération Culturelle et Technique, projet : Métallurgies africaines", Principal investigator in West Africa
1999 Council for the Development of Social Research in Africa, CODESRIA., grant. Technical and social history of metallurgy in Senegal.

Field work

1983 Excavator at "Basilique Saint Denis" (France). Supervisor, Paris I.
Excavator at Aisne Valley (France). Supervisor, Institut d'Art et d'Archaeology (Paris 1).
Excavations at Pampailly (France). Supervisor, Université de Paris I.

1985 Director of excavations and archaeological survey at Gangel- Sulé (Middle Senegal Valley).
Director of excavations and archaeological survey at Loumbol Amar (Ferlo/Senegal).
Director of archaeological survey and ethnographic research in the Senegal Middle Valley.

1989 Director of archaeological survey in Senegal Middle Valley and Ferlo valley.
Director of ethnoarchaeological research about the Bassari and Bedick ethnic groups (Senegal).

1990-1991 and 1993 : Co-director "Archaeological Investigations in the Middle Senegal Valley, Project.", excavations and archaeological survey
Director of the project: Prof. Susan K. McIntosh , Co-director Prof. Roderik J. McIntosh.

1994 Director of excavations and archaeological survey at Sincaan, (Middle Senegal Valley), with Mamadi Dembele, ISH (Rep. of Mali).

1996 Co-director of excavations and archaeological survey at east of Senegal with Edmond Dioh, Laboratoire de Géologie IFAN Ch. A. Diop.

1997 Director of excavations and archaeological survey in the east of Senegal.

Director of excavations and archaeological survey in the Senegal Middle Valley (Mauritania river), sponsored by CRIAA, with Laurence Garenne-Marot (associate researcher, CNRS).

1997 September, January1998 : Exhibition at Taipeh ROC, "Civilisations noires-Voyage" Taiwan.

1998 Director of excavations and archaeological survey in the east of Senegal.

Publications:

1988 a Bocoum H., P. Fluzin et I. Guillot "Apport de la métallographie structurale à l'interprétation fonctionnelle de trois objets en fer du Sénégal". *Revue d'Archéométrie* N°12: 87-69.

1988 b Bocoum H., "Métallurgie et équilibre forestier dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal et dans les régions voisines". *Notes de Biogéographie* N°: 67-78.

1988 c Bocoum H., "De la sauvegarde du patrimoine culturel, scientifique et technologique au Sénégal". *ACS Liaison* , N°: 13 - 16.

1991 Van Ner W. and H. Bocoum "Étude archéozoologique de Tulel-Fobo, site protohistorique (IV^{e}-X^{e} siècles)de la moyenne vallée du fleuve Sénégal (République du Sénégal". *Archaeozoologia*, Vol. IV/1, pp. 93-114.

1992 a Bocoum H., "Le devenir de l'objet archéologique africain: Situations, tendances et enjeux . in Actes du Colloque International" L'objet archéologique africain et son devenir". *CNRS* 1993: 85-94.

1992 b McINTOSH S.K., R.J., McIntosh and H. Bocoum "The Middle Senegal Valley Project: preliminary results from the 1990-91 field season". *Nyame Akuma* N° 38: 47-60.

1993 Bocoum H., "Un âge d'or au Sénégal". *Archéologia* N° 293 (septembre 1993): 40-45.

1995 a Bocoum H.,"Histoire et archéologie au Sénégal". in *l'Age d'or du Sénégal.* Catalogue, Musée de Préhistoire de Solutré.

1995 b Bocoum H., McIntosh S.K., McIntosh R.J., " La réduction directe et ses rapports à l'environnement dans la Moyenne Vallée du fleuve Sénégal des origines au XVI^{ème} siècle". *La farga catalana en el marc de l'arqueologia*: 491-501.

1995 c Bocoum H., " Contribution de l'archéologie à la connaissance de l'histoire du Sénégal". *Bull. ICMAH*, 1995: 12-19.

1995 d Bocoum H., G. Lagardère et S. Guèye "Du contexte archéologique à la présentation muséographique : exemple d'une exposition archéologique sénégalaise" au Musée de Préhistoire de Solutré (France). *Bull. ICMAH,* 1995: 28-31.

1995 e Bocoum H. "La métallurgie du fer au Sénégal des origines au XX^{e} siècle: esquisses d'une évolution des techniques de réduction". In *Paléométallurgie du fer et Cultures*, P. Benoit et Ph. Fluzin , Éditions Vulcain. 1995: 143-150.

1995 f Bocoum H. " The Iron Roads in Africa: fire up the forge" *UNESCO sources* N° 70, June.

1995 g Bocoum H. "Bibliographie du fer en Afrique de l' Ouest" document, UNESCO, 543 références et commentaires, 62 pages.

1997 a Becker Ch., H. Bocoum et M. Mbodj " A propos des sources de l'histoire démographique des pays du Sahel conservées dans les archives, 1818-1960" *L'AOF: réalités et héritage*: 995-1004.

1997 b Bocoum H. et Ch. Becker " L'AOF et la recherche archéologique". *L'AOF: réalités et héritage:* 873-889.

1997 c Thioub I., et H. Bocoum, "Gorée et les mémoires de la traite atlantique" *Etudes et Initiations Africaines* N° 38: 199-215.

1998 a Bocoum H., "Rôle des changements climatiques dans le processus de peuplement de la vallée du fleuve Sénégal durant les deux derniers millénaires". *Palaeoecology of Africa*, volume 25: 49-63.

1998 b Bocoum H., "IFAN Section" in *Civilisations noires – Voyages*, catalogue of exhibition. Taiwan (ROC).

1998b Becker Ch. and H. Bocoum, "Manifestations of Urbanisme in Senegambie: Situation Repport". in Africa: *The Challenge of Archaeology*, Ed., by Andah, B.W., Sowunmi, M.A., & Folorunso, C.A. Heinemann Educational Books (Nigeria). Plc.

1999 a Bocoum H., Susan K. McIntosh et Roderick J. McIntosh "L'âge du fer dans la moyenne vallée du fleuve sénégal : chronologie et intégration". *Notes Africaines* n°196, pp. 9-18, Ifan Ch. A. Diop, Dakar, Sénégal, juin 1999.

1999 b McIntosh S.K. and Bocoum H. "An 800-year cultural sequence at Sincu-Bara : Evaluating the implications". *Journal of African Archaeology* (fortcoming).

2000 a Bocoum H., *L'âge du fer au Sénégal* - Histoire et archéologie, IFAN Ch. A. Diop (Dakar), CRIAA (Nouakchott), 2000.

2000 b McIntosh S.K. and Bocoum H., 2000, "New perspectives on Sicu Bara, a first millenium site in the Senegal Valley, *African Archaeological Review*," Vol. 17, N° 1, 2000 : 1-43.

Symposia and Colloques

1983 Bocoum H., "À propos des recherches sur la métallurgie du fer au Sénégal". Colloque sur les Mines et la Métallurgie, Paris 1, 6p.

1984 Bocoum H., "Les *Bille* du Nord Sénégal: chronologie et périodisation", IV Colloque de l'AOOA, Nouakchott, décembre 1984, 10 pages.

1987 Bocoum H., "Les technologies traditionnelles et la problématique du transfert des technologies" FESPAC. Dakar, 12 pages.

1989 Bocoum H.,"La forge rurale face au machinisme agricole dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal". Colloque National de l'Association des Chercheurs Sénégalais (Technologie Société et Développement), 12 pages.

1992 Bocoum H., "L'archéologie protohistorique au Sénégal: situation et perspectives". Forum for African Archaeology and Cultural Heritage, Rome, September 18-19.

1992 Bocoum H., "Découverte de nouveaux types de fours de réduction au Sénégal". Communication présentée à la cinquième table ronde d'histoire des mines et de la métallurgie. Sévenan, 7-8 novembre 1992, Institut polytechnique de Sévenan (France) 10 pages.

1992 McIntosh S.K., R.J. McIntosh and H. Bocoum, The emergence of the social politics in the Middle Senegal Valley. Presented at the biannual meeting of the Society of Africanist Archaeologists , UCLA , April 1992.

1995 Touré S.N. et Bocoum H., "Mécanismes d'accumulation, de différenciation et de dépendance au Fuuta-Tooro des Jaa-Ogo aux Toorobbe (VII - XIX siècle)". proposé au 13th International Congress of Anthropological and Ethnological Sciences. Mexico.

1994 Bocoum H., "La forge rurale, cadre d'élaboration de technologies appropriées au Sénégal". Symposium sur les technologies appropriées, Gembloux, Belgique, 14 et 15 janvier 1994.

Bocoum Hamady "Nouvelles recherches archéologiques à Sincu-Bara". 12th Biennal Conference of the Society of Africanist archaeologists, April 28-May 1, 1994.

Killick D., and H. Bocoum, "Ironworking in the Senegal river Valley". 12th Biennal conference of the society of africanist archeologists, April 28-May 1, 1994

1995 Becker Ch. et H. Bocoum "L'AOF et la recherche archéologique". Colloque, L'AOF: esquisses d'une intégration africaine. Dakar.

1998 Bocoum H., "Les rapports entre la métallurgie et l'environnement dans la moyenne vallée du fleuve Sénégal", 20 pages, IVe Congrès International des Études Mandé (Gambie 13-17 juin 1998).

1998 Senasson D., J.F. Saliège, A. Person, H. Bocoum et J. Polet, "Datations 14 C et Caractérisations isotopiques de la céramique cannelée de Sincu-Bara (Moyenne Vallée du fleuve Sénégal)". 10 pages. IIIe Congrès International 14 C et Archéologie (Lyon, 6-10 avril 1998).

1998 Bocoum H. "Les forges de Samory: de la production artisanale à la tentation manufacturière ou l'esquisse d'une indépendance technologique". Symposium International consacré au centenaire de la déportation de Samory, Conakry, Rép. de Guinée.

1998 Bocoum H., "Stagnation technologique et traite atlantique: esquisses d'une dépendence structurelle." , Symposium international, Saint-Louis dans la Traite Atlantique, IFAN Ch. A. Diop, Saint-Louis 19-21 décembre. 15 pages.

1998 Bocoum H., "Cultural Heritage Management in Senegal". Forum for African Archaeology and Cultural Heritage, Rome.(December, 6-9), 8 pages.

1999 Bocoum H., " Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique", Table-ronde: l'Afrique et le bassin méditerranéen aux origines de la métallurgie du fer. Université de Genève 4-7 juin 1999.

2000 Bocoum H., Fluzin P., "La chaîne opératoire de réduction directe à Juude-Jaabe (Sénégal)", Arts du feu et Productions artisanales, XXe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, Sous la direction de P. Pétrequin, P. Fluzin, J. Thiriot, P. Benoît, Éditions APDCA, Antibes, 2000, pp. 107-122.

Dr. Philippe FLUZIN :
Directeur de recherche au CNRS,
Directeur du *Laboratoire Métallurgies et Cultures* UPR 806 UTMB,
Belfort, France.

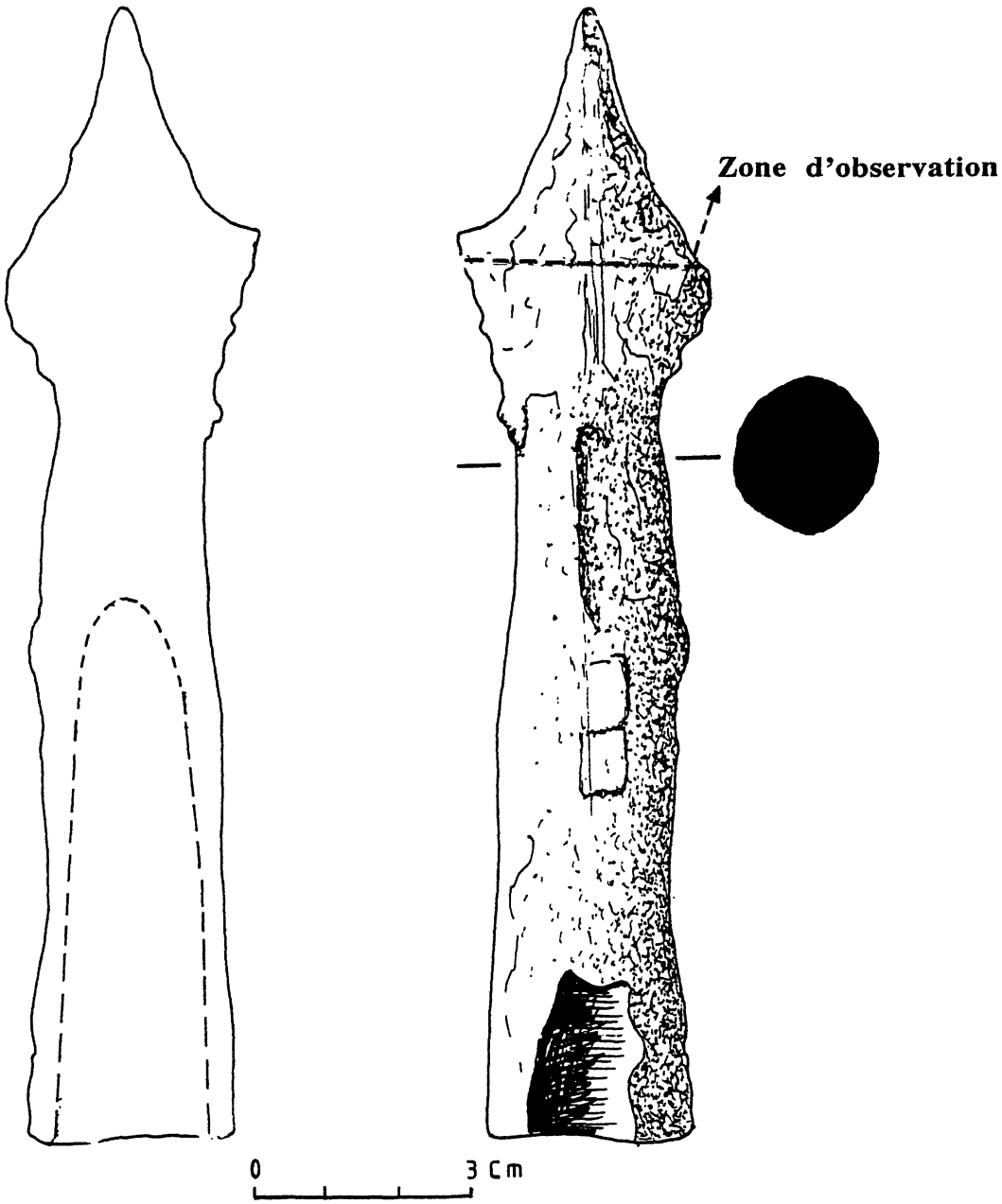


Figure 2 : **Pic en fer récolté à Sincu-Bara, échelle 1/1.**