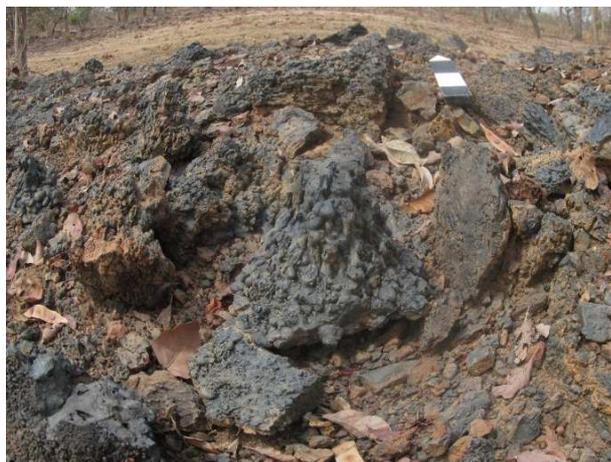


Année universitaire 2014.-2015.



Reconnaissance archéologique et enquêtes historiques sur la métallurgie ancienne du fer dans la région de Kandi (nord-est du Bénin) : cas de site métallurgique de Lolo



Présenté par Djimet GUEMONA

Sous la direction de

Caroline ROBION-BRUNNER (CNRS TRACES/UMR 5608, chargée de recherche);

de Marie-Pierre COUSTURES (Université Toulouse Jean Jaurès/UMR 5608, ingénieur)

et Didier N'DAH (Université d'Abomey-Calavi (Bénin), Maître-Assistant

Mémoire présenté le 03/07/2015 devant un jury composé de
Camille BOURDIER, Maître de conférences en art préhistorique ;
Caroline ROBION-BRUNNER, chargée de recherche
et Marie-pierre COUSTURES, ingénieur d'études

Mémoire de **Master 1** mention **Histoire, Arts et Archéologie**

Spécialité Arts et Cultures de la Préhistoire et de la Protohistoire : Europe, Afrique

Sommaire

REMERCIEMENTS	4
INTRODUCTION	6
1. Problématique de la recherche archéo-métallurgique à Lolo et dans sa région	6
2. Le contexte archéologique et les objectifs de la recherche	8
. Le contexte de l'étude	8
. Les objectifs	9
PREMIERE PARTIE : APPROCHE THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE	10
CHAPITRE I : PRESENTATION DU CADRE DE L'ETUDE	10
1. Le cadre naturel.....	10
. Le climat	11
. Le réseau hydrographique.....	11
. Les sols.....	11
. La végétation	12
2. Le milieu humain	12
. Le peuplement de Lolo	13
. Les Mokolé.....	13
. Les Fulbé	14
. Les Dendi	15
. Les Kumatè	15
CHAPITRE II : APPROCHE METHODOLOGIQUE ADOPTEE POUR L'ETUDE DU SITE SIDERURGIQUE	16
1. Les questions principales.....	16
2. Les différentes sources d'information.....	17
. Les sources orales.....	17
. Les sources écrites.....	18
. Les investigations archéologiques	20
. Les travaux au laboratoire.....	22
DEUXIEME PARTIE : LES VESTIGES METALLURGIQUES DE LOLO	25
ORGANISATION SPATIALE DES VESTIGES SIDERURGIQUES	25
1. Les différentes zones d'activités	25

. Les zones d'extraction	26
. Les zones de réduction	28
. La zone de forgeage.....	33
. Les zones d'habitat	34
2. l'organisation spatiale du site de réduction	35
. Les amas de scories	35
. Les amas de la zone 2	36
. Les amas de la zone 3	38
. Les amas de la zone 4	38
3. Les fourneaux	39
. Le type de fourneaux.....	41
. Le premier type de construction	43
. Le deuxième type de construction	44
. Le troisième type de construction.....	45
. Le quatrième type de construction	46
4. la production sidérurgique	48
. Essai d'évaluation de l'étendue du site de lolo	48
. La quantification de la production métallurgique.....	49
. Le cubage.....	53
CHAPITRE IV : ETUDE DES VESTIGES METALLURGIQUES DU SITE DE LOL.....	61
1. Les puits de mine et le minerai	61
. Le minerai	63
2. Les scories.....	65
. Les scories coulées externes	65
. Les scories coulées internes	68
3. Les tuyères.....	74
TROISIEME PARTIE : ESSAI D'ANALYSE ET D'INTEPRETATION DES DONNEES	
ARCHEOMETALLURGIQUES ET HISTORIQUES DU SITE DE LOLO : ETUDE DES	
PROCEDES DE LA PRODUCTION DU FER	77
1. La technique ou les techniques mises en place à lolo.....	77
. Le ou les types d'évacuation des scories.....	77
. Le ou les types de ventilation	79

. Le ou les types de bas fourneaux adoptés	80
2. la production sidérurgique à lolo	83
. Le volume de la production.....	83
3. L'histoire du site de lolo	84
. La relation du site de lolo avec les autres sites de la région	86
<i>Conclusion et perspectives</i>	88
<i>Bibliographie</i>	90
<i>Liste des figures</i>	96
<i>Liste des tableaux</i>	98

REMERCIEMENTS

Ce travail n'aurait pu être mené et achevé sans l'appui de certaines personnes dont il m'est agréable de remercier.

Mes remerciements s'adressent particulièrement à mes directrices Caroline Robion-Brunner et Marie-pierre Coustures.

Caroline Robion-Brunner a toujours veillé à me mettre dans les meilleures conditions de recherches possibles et m'a accompagné sur le terrain. Elle a bien voulu et su me négocier une bourse d'études en France. La qualité de son encadrement et sa rigueur scientifique ont été indispensables. Qu'il me soit permis de lui adresser mes vifs remerciements et mes profondes gratitude.

Ma reconnaissance va également à l'endroit de Marie-pierre Coustures qui, en dépit de ses multiples occupations, a bien voulu codiriger ce travail. Ses orientations sur les aspects techniques de la métallurgie, ses remarques pertinentes et furent inestimables pour ce travail.

Mes remerciements vont également à mon codirecteur Didier N'dah, Chef de département de l'université d'Abomey Calavi. C'est grâce à lui que j'ai découvert le site de Lolo et j'ai rencontré Caroline. Ses conseils et sa disponibilité restent un souvenir inoubliable.

Je tiens à remercier l'ambassade de France au Tchad et son service de coopération et d'actions culturelles qui m'ont accordé une bourse d'études et m'ont facilité les démarches administratives pour l'obtention du visa.

Tous mes remerciements vont également à Hanne Haour, Responsable du projet *Crossroads of empires* et toute son équipe de recherches. Sans ce projet, le site de Lolo n'aurait pu être retrouvé et étudié.

Mes pensées vont à tous ceux qui m'ont encouragé au quotidien, notamment Alidou Adoudramane, qui m'a accompagné sur le terrain, Nestor Labiyi et Calis Bia, qui m'ont facilité les démarches administratives auprès de la direction du patrimoine. Je n'oublie pas de remercier les habitants de Lolo, en particulier Badou, qui m'a hébergé chez lui, le chef du village, et enfin mes guides et mes informateurs.

Merci également à ma famille de Toulouse : Moussa Torna, Ahmat Zeidane et sa famille pour leurs encouragements et leurs soutiens multiformes.

J'adresse mes sincères remerciements à mon père Djimet Guissé, ma mère Borno Yoa et mon oncle Abbo Guissé et son épouse Khazal Hassan ainsi que mon frère Seid Djimet, mon cousin Haroun Djamal et mon ami Ahmat Abdoulaye, pour le soutien moral et financier qu'ils

m'ont apportés pour surmonter les difficultés matérielles tout au long de ma scolarité du primaire aux études supérieures.

INTRODUCTION

Les recherches archéologiques sur la métallurgie ancienne du fer en Afrique ont été depuis longtemps au centre des préoccupations de nombreux chercheurs, notamment européens et africains. Selon le désir et la motivation de ces derniers, ces recherches sont marquées par deux questions principales : l'origine et la diffusion du fer en Afrique (H. Bocoum 2001, 2002 ; G. Quéchon 2001, 2002 ; J-M. Esomba 2002) ; la diversité technique et le développement de la métallurgie (B. Martinelli 1996, 2000, 2002 ; V. Serneels et al 2006; J.-B. Kiéthegea, 2009).

Cependant, malgré l'intérêt que soulève la métallurgie ancienne, le répertoire des recherches métallurgique en Afrique de l'Ouest reste encore maigre. D'une part les recherches sont inégalement réparties et, d'autre part, elles ne sont souvent pas assez approfondies à l'exception du Nigéria, du Ghana, du Sénégal, du Burkina-Faso et du Mali. Le Bénin fait donc partie des pays qui n'ont pas bénéficié d'importants travaux sur la sidérurgie. Pourtant, ce pays regorge d'importants sites métallurgiques. A notre connaissance, le Bénin ne dispose d'aucune séquence chronologique pour situer le début de la métallurgie du fer.

A travers le sujet intitulé «**Reconnaissance archéologique et enquêtes historiques sur la métallurgie ancienne du fer dans la région de Kandi, (nord-est du Bénin) : cas du site métallurgique de Lolo** » nous nous intéressons à la diversité technique et au développement de la métallurgie ancienne du fer. Cette étude se veut une contribution à l'histoire de la production du fer en mettant à profit les données de l'archéologie. Les résultats qui en découleront permettront de mesurer le rôle qu'a joué cette activité dans le développement de la société. Il s'agit donc d'un essai de recherches dont les résultats serviront de pistes à des réflexions ultérieures.

Pour mener à bien ce travail, notre plan s'articule autour de trois parties : la première est consacrée à l'approche théorique et méthodologique, la deuxième traite de l'étude des vestiges métallurgiques et la troisième est un essai d'analyse des données archéométriques et historiques du site de Lolo.

1. Problématique de la recherche archéo-métallurgique à Lolo et dans sa région

La métallurgie ancienne du fer dans le nord du Bénin offre de nombreux centres d'intérêt pour une étude archéologique. Mais, on se heurte au problème du défaut de recherches dans les trois domaines des sources orales, historiques et archéologiques. Dans ces conditions, comment aborder la question technologique sans connaître les auteurs de cette activité ? Comment

reconstituer le peuplement sous l'angle historique visant à retracer le parcours migratoire et la mise en place de population sans documents écrits ni sources orales fiables? La contribution à l'étude du peuplement à travers les cultures matérielles dont les acteurs sont inconnus apparaît comme un travail de sauvetage de ce qui reste de leurs activités.

En effet, l'examen de l'historiographie relative à la production ancienne du fer au Bénin met en évidence des insuffisances liées à l'inégale répartition des recherches dans ce pays. Les recherches archéométriques ont plutôt été menées au nord qu'au sud. S'il est indéniable que la partie septentrionale du Bénin en général, et le Borgou en particulier, ont bénéficié de quelques travaux sur la métallurgie primaire du fer (Adandé 1981 ; Sabi-Monra 1990 ; Banni-Guéné 1993 ; Orou 2000), des lacunes demeurent. Ainsi, par exemple, le site de Lolo dans la région de Kandi qui dispose d'un important atelier de la production du fer n'a jamais fait l'objet de recherches.

Si les travaux menés dans le Borgou permettent d'avoir une idée sur l'histoire de la métallurgie primaire du fer dans une partie de cette région, ils restent tout de même limités. Par exemple, les questions d'organisation spatiale des ateliers et de quantification de la production ne sont pas encore réglées. Certains sites ne sont toujours pas géo-référencés. Toutefois, les recherches menées par Sabi-Monra (1990) et Banni-Guéné (1993) dans le cadre de leurs mémoires de maîtrise permettent de connaître les étapes de la chaîne opératoire de la métallurgie du fer dans le Borgou. Grâce aux sources recueillies auprès des populations, les auteurs ont pu identifier les systèmes techniques de production mis en œuvre dans cette aire géographique. Mais ces études ne sont pas exhaustives. Par exemple, les scories qui constituent les premiers témoins de réduction sur un site sidérurgique n'ont fait l'objet d'aucune description. Pourtant, ces vestiges sont une source importante pour la compréhension du procédé technique de la réduction.

L'intérêt de nos travaux est de proposer une méthode d'étude d'un site sidérurgique et d'apporter des éléments de réponse aux questions soulevées. A cet effet, notre problématique vise à déterminer les impacts techniques, économiques et humains de la sidérurgie. Ce qui nous amène à nous interroger d'abord sur l'identité des métallurgistes qui ont travaillé sur ce site, sur les techniques de réduction qu'ils ont employées et sur la quantité de scories produites. Cette approche se veut une archéologie de la société des hommes du fer, dans la mesure où elle s'intéresse à la forme d'organisation qui a structuré leur activité. Elle vise à connaître la répartition géographique des vestiges et leur importance quantitative. L'impact de la production de fer sur l'environnement, tant physique que social, à travers l'ampleur de l'activité métallurgique seront également abordés. Ce qui nous permettra de voir quelle place occupe le

site de Lolo dans la métallurgie béninoise. Comment s'organisait-elle ? Quelles étaient les structures de réductions adoptées? Quels étaient les types de déchets produits ? Quelle était la destination du fer ? Ce sont là autant de préoccupations auxquelles cette étude voudrait se consacrer.

2. Le contexte archéologique et les objectifs de la recherche

. Le contexte de l'étude

Le site métallurgique de Lolo, qui fait l'objet de la présente étude, a été découvert en 2011 par l'équipe du projet *Crossroads of empires* (projet financé par le Conseil Européen de la Recherche, accordé à Anne Haour). La zone de recherche est la vallée du Niger à l'extrême nord du territoire béninois (cf. carte 1). Cette recherche vise, à la base, à faire l'inventaire du potentiel archéologique d'une région jusqu'ici peu étudiée. Sur le plan thématique, les questions centrales sont : comment les entités politiques que l'on connaît par les sources historiques (Songhai, Borgou, Hausa...) peuvent-elles être appréhendées matériellement ? Est-ce que l'impact de ces groupes politiques a eu pour effet de changer la manière dont travaillaient les artisans spécialisés (potières, fondeurs, forgerons...) sous l'effet de nouvelles modes ou de nouveaux contacts ? C'est dans ce contexte que le site sidérurgique de Lolo a été découvert lors d'une prospection archéologique de janvier 2011. Ayant pris part à la mission 2013, nous avons manifesté notre volonté de mener une étude de reconnaissance dans le cadre de notre mémoire de Master sur ce site. Le 8 février 2013, nous avons effectué une première visite du site accompagné de Didier N'dah (le chef de département adjoint de l'Université d'Abomey- Calavi, Bénin) et de Caroline Robion-Brunner (qui dirigeait le volet « métallurgie du fer » de cette mission). Cette visite nous a permis d'avoir une vue d'ensemble du site et de circonscrire notre problématique de recherche.

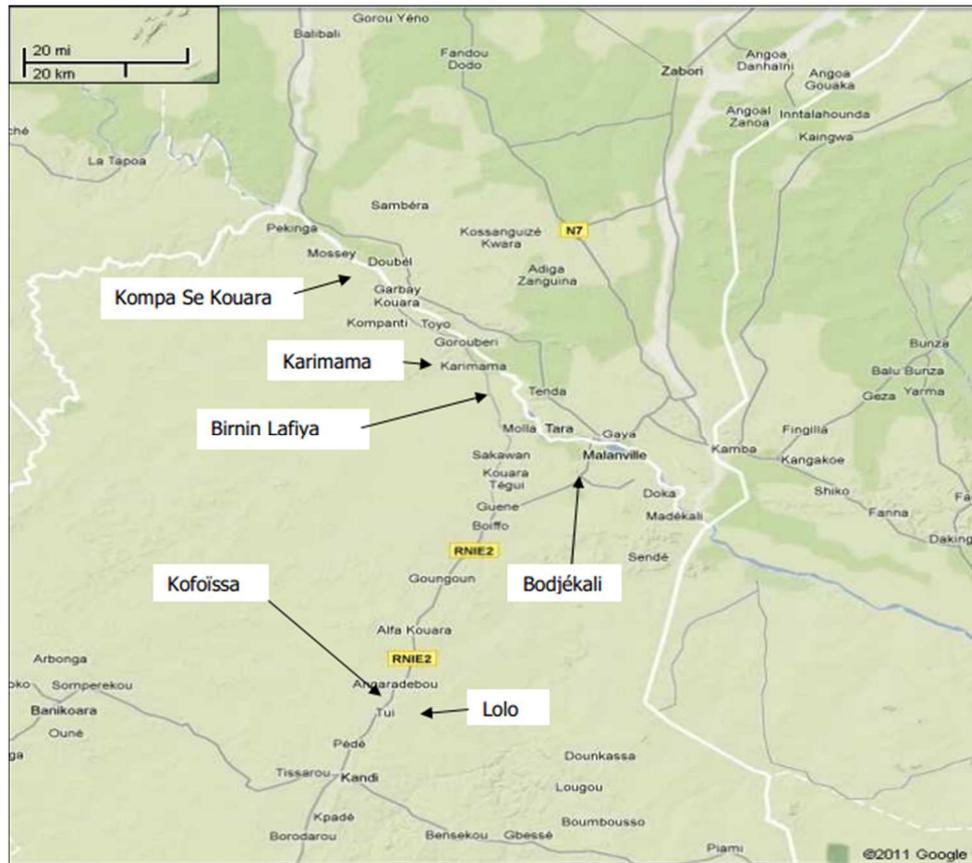


Figure 1: Carte des zones d'étude, Source Anne Haour, 2011

. Les objectifs

Cette étude résulte du désir de parfaire notre connaissance de l'histoire technologique en mettant à contribution l'archéologie. En effet, dans ce pays, les connaissances sur l'histoire technique de la sidérurgie ancienne sont plutôt réduites. L'étude qui porte sur ce site a pour objectif de répondre à un certain nombre de questions liées à cette activité. Parmi les objectifs fixés par cette recherche, le premier est de vérifier s'il existait un rapport entre ce grand site sidérurgique et les populations actuelles de Lolo ou celles de la région voisine dans la perspective d'une reconstitution de l'histoire de ce site. Le deuxième objectif vise à déterminer l'étendue du site et à localiser précisément les sites d'extraction de minerai, les sites de réduction (amas de scorie et fourneaux), les zones de forge et d'habitat. Le troisième objectif est de quantifier la production de déchet de ce site et d'aborder la question de l'organisation spatiale des ateliers. Enfin, le dernier objectif est d'identifier la ou les techniques employées sur le site de Lolo en se fondant sur l'étude des vestiges métallurgiques (assemblage de déchets métallurgiques et type de fours)

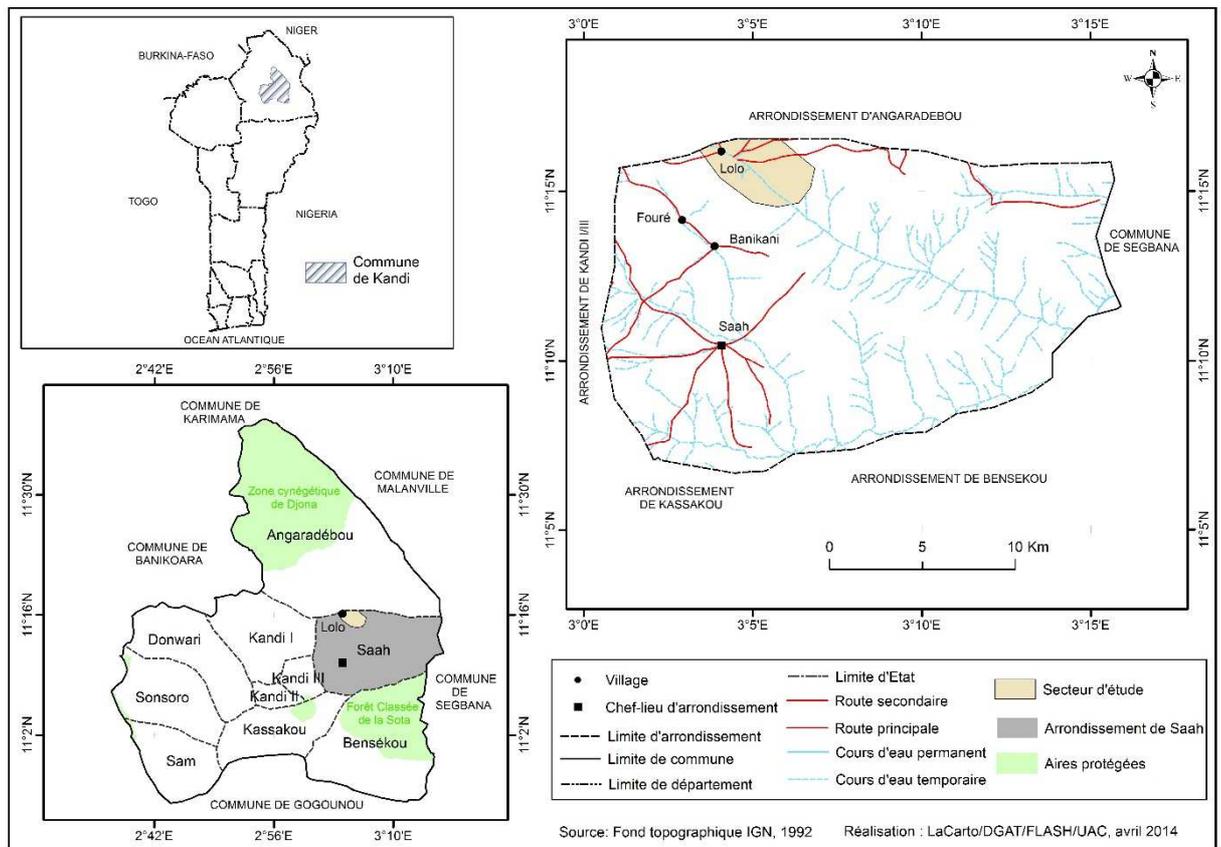
PREMIERE PARTIE : APPROCHE THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE

CHAPITRE I : PRESENTATION DU CADRE DE L'ETUDE

La production traditionnelle du fer répond incontestablement à une série d'impératifs. Ils sont d'ordre naturel (accès aux ressources naturelles : eau, argile, bois) et d'ordre humain. Une étude du contexte environnemental et humain permet de mieux cerner les atouts et les contraintes qui ont guidé l'activité traditionnelle du fer à Lolo, ainsi que l'identité des acteurs de ce travail.

1. Le cadre naturel

Notre secteur d'étude se situe sur les terres du village de Lolo, dans l'arrondissement de Saah plus précisément à 11° 16' 09'' de latitude nord et à 3° 03'27'' de longitude est (cf. fig. n°1). Il est limité au nord par le village d'Angaradébou, au sud par ceux de Bensékou et de Kassakou, à l'est par la commune de Ségbana et à l'ouest par celle de Kandi I et II.



. Le climat

Le climat de Lolo est indissociable de celui du Borgou en général. C'est un climat tropical de type soudanien avec deux saisons très contrastées (une saison des pluies de mai à septembre, voire octobre, et une saison sèche de novembre à avril). Les mois de décembre, janvier et février sont marqués par une sécheresse appelée Harmattan (PDC¹, 2002 : 3 : Codjia, 2001 : 146). Le climat est un facteur déterminant dans la vie de l'homme et dans la pratique de ses activités. L'installation des hommes dans ce milieu a été conditionnée par des facteurs climatiques favorables.

. Le réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est composé des fleuves Sota et Alibori qui sont les deux principaux cours d'eau de la région. Ces fleuves dépendent du rythme climatique, c'est-à-dire qu'ils sont soumis à un régime de fortes crues et décrues. En dehors de ces deux principaux cours d'eau à régime permanent, on trouve également des rivières à régime temporaire comme l'Idokoï, affluent de la Sota qui traverse le site archéo-métallurgique de Lolo. Le réseau hydrographique constitue un point d'attraction pour la production du fer. En effet, la réduction du minerai de fer nécessite une quantité suffisante d'eau. En dehors de la construction des fourneaux et de la fabrication des tuyères qui nécessitent une quantité importante d'eau, le refroidissement et l'évacuation de la loupe de fer ne peuvent se faire sans elle. C'est ce qui justifie sans doute l'emplacement du site métallurgique de Lolo au bord de la rivière Idokoï.

. Les sols

Les sols sont de types ferrugineux tropicaux. Il s'agit de sols concrétionnés et parfois cuirassés, c'est-à-dire recouverts d'une couche continue, dure ayant une teinte rouge. Les sols de cette zone sont constitués par endroit de minerais de type « hématites » et de grès ferrugineux. Ces types des minerais sont identifiés dans le milieu de sédimentation détritique interstratifié dans les grès continentaux créacés de la série de Kandi. Ces minerais sont particulièrement nombreux à l'Est de Thui² à une vingtaine de kilomètres au nord-est de Kandi. Ils ont été identifiés à 30 km à l'est de Kandi sur la route de Ségbana (Cruys, 1966 : 56, cité par Sabi-Monra, 1990). Les recherches antérieures menées par S. Alidou en 1983 ont abouti à la même conclusion. Il a pu identifier des nodules ferrugineux sur la rive droite d'Irané et des grès

¹ Plan de Développement Communal de Kandi

² Thui est une localité située à l'Ouest de Lolo à 7 km environ

ferrugineux à Founbèdè, Koutakroukou et surtout à Bensékou localités proches de Lolo. Autour de Bensékou, quelques témoins d'une activité métallurgique tels que des galeries d'exploitations effondrées, des restes des fourneaux et de nombreuses scories ont été signalés. La coupe stratigraphique opérée par ce chercheur près d'Irané montre les alternances de conglomérats, de grès ferrugineux et d'argilo-silites (Sabi-Monra 1990 :20).

Nos investigations archéologiques de mars 2014 ont permis d'observer également ces types de roche sur la colline de Lokoto. Quelques échantillons de minerais oolithiques ont été recueillis sur le site d'extraction. Les atouts naturels et la présence de minerai sont des facteurs déterminants qui conditionnent l'activité métallurgique.

. La végétation

La formation végétale actuelle de Lolo correspond à celle des savanes comme dans tout le Borgou. Ceux sont apparemment des savanes secondaires dont les espèces se sont reconstituées après de longues années de jachère. La morphologie de ces essences végétales est souvent modifiée par des feux de brousse saisonniers. Cette végétation est caractérisée par une savane arborée dominée par les espèces comme : *Adansonia digitata*, *Anogeissus Eriocarpa*, *Combretum collinum*, *Piliostigma reticulatum*, *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica* et une savane herbacée à *Hyptis suaveolens*, *Tephrosia pupurea* et *Senna occidentalis* (Cherif, 2011 : 10). C'est sans doute parmi ces multiples espèces que les métallurgistes ont choisi celles qui étaient appropriées à la réduction du minerai.

En bref, Lolo dispose d'un cadre naturel propice à la vie de l'homme et à ses activités parmi lesquelles la production traditionnelle de la métallurgie du fer. En dehors de ces atouts naturels, la ressource humaine constitue est aussi un élément indispensable à la production du fer.

2. Le milieu humain

L'histoire du peuplement du Borgou dans son ensemble a été depuis longtemps au centre des préoccupations de nombreux chercheurs notamment Arifari Bako (1989), Séidou Sabi-Monra (1992) et Garba Ayouba(1992). Mais ces chercheurs ont abordé cette question selon leurs motivations respectives et leurs domaines de recherches. La plupart des études consacrées à l'histoire du Borgou abordent l'aspect de son peuplement, surtout les mouvements migratoires ayant abouti à l'occupation du milieu, la chronologie de l'installation des différents groupes socio-culturels et leurs affinités linguistiques. Seuls les travaux de Séidou Sabi-Monra (1992) et d'Oumarou Banni-Guéné (1993) ont permis d'identifier les groupes socio-culturels qui ont pris part activement au travail du fer dans le Borgou.

Cependant, il n'existe à notre connaissance aucune étude consacrée à l'histoire du peuplement de Lolo, ce qui explique les nombreux points d'ombre qui entourent le passé des anciens occupants de ce village. Il est donc nécessaire de procéder à un aperçu sur le peuplement de notre secteur d'étude afin d'identifier les groupes socioculturels qui auraient pu prendre part à l'activité métallurgique et d'établir le lien entre ce site et les populations qui l'occupent.

. Le peuplement de Lolo

L'étude du peuplement de Lolo ne peut se faire qu'en l'inscrivant dans le cadre global de la région de Kandi, voire de tout le Borgou. Le Borgou est en effet, un espace géoculturel peuplé de Baatombu, de Dendi, de Boo, de Peuhls, de Mokolé, de Kumatè et de Tchienga. On rencontre de nos jours la plupart de ces groupes socioculturels à Lolo, à l'exception des Tchienga et des Boo. Parmi ces groupes qui occupent le Borgou, seuls les Baatombu, les Tchienga et les Boo sont connus pour avoir pratiqué la métallurgie ancienne du fer. Mais parmi ces groupes de métallurgistes, une minorité de Baatombu est aujourd'hui assimilée au groupe Mokolé de Lolo. Au vu de ce problème, quelques interrogations se posent. Qui sont les acteurs du site sidérurgique de Lolo? L'identification des acteurs de ce site est l'un des problèmes à régler dans le cadre de ce travail. L'examen du peuplement de la zone d'étude et de ses environs nous permet d'avancer des hypothèses sur les acteurs de cette activité.

. Les Mokolé

L'installation des Mokolé³ à Lolo serait ancienne et remonterait avant le XV^e siècle, puisque les chroniques des voyageurs arabes font allusion à Lolo, en 1470. La tradition orale affirme qu'ils sont venus d'Oyo en même temps que les Tchabè et les Dassa. Ils auraient pénétré dans l'espace qui correspond au Bénin à la latitude de Tchaourou, alors que les Tchabè et les Dassa seraient allés vers le sud. Les Mokolé auraient gagné le nord pour s'installer à Lolo. Les chefs Mokolé affirment que leur ancêtre avait des affinités parentales avec Alafin (roi) d'Oyo, capitale du royaume Yoruba qu'ils auraient quitté à la suite des rivalités dynastiques (Jean-Marie 1989). Selon Souroukou Bio (1998), le village de Lolo aurait été fondé vers 1300 par un certain Balou Gnon Bodo de groupe ethnique Yorouba venu d'Oyo. Selon lui, les Mokolé sont des peuples de langue Yoruba ou Nagot. Ils peuplent de petits villages à l'est et au nord-est de Kandi. Ils seraient probablement arrivés dans le Borgou après les groupes du substratum ancien,

³ Le mot Mokolé signifie en Yoruba « je refuse la maison » c'est-à-dire « je refuse de retourner à la demeure de mes ancêtres ».

les Baatombu et les Boo. Bien que d'importance numérique négligeable, ils constituent l'un des rares groupes ethniques du Borgou qui ont pu résister à l'assimilation de Baatombu et de Boo (Banni-Guéné 1993).

Les chercheurs sont unanimes sur l'origine des Mokolé et sur leur mise en place à Lolo. Les études ne mentionnent pas la pratique de l'activité métallurgique par ce groupe de population. Bien que ces populations occupent une partie des formations ferrugineuses du bassin de Kandi, elles ne semblent pas avoir pratiqué l'activité métallurgique. Selon Banni-Guéné, les Mokolé ne semblent pas être les auteurs du site métallurgique de Lolo. Il souligne également d'autres tas et monticules de scories partout sur le territoire du Borgou sans que leurs acteurs ne soient identifiés et connus. Il en est ainsi à cause du phénomène d'exploitation itinérante des minerais ferrugineux dans ces régions du Borgou. Le phénomène d'exploitation itinérante est peut-être lié à la disponibilité d'autres ressources telles que les combustibles et l'eau.

En l'état actuel des recherches, il est difficile d'identifier le groupe socioculturel qui a travaillé le fer sur ce site sans une étude approfondie et sans étendre les enquêtes orales dans toutes les localités avoisinantes de Lolo. Toutefois, nous conviendrons avec Banni-Guéné que les Mokolé ne sont pas les auteurs ce site, puisque aucune tradition orale et aucun document écrit n'ont fait mention d'une pratique métallurgique par ce groupe de population. Par ailleurs, il n'existe pas dans le vocabulaire Mokolé des mots pour désigner la métallurgie du fer, la loupe du fer, les résidus ou déchets provenant de cette activité. D'ailleurs, ils qualifient les amas de scories situés autour du village de Lolo de « pierres naturelles ». Il en est de même pour les fourneaux et les tuyères retrouvés sur le site pendant nos travaux de terrain. Ce site semble avoir été exploité par un groupe de métallurgistes qui se serait installé de façon circonstancielle aux environs immédiats de Lolo à cause de la présence du minerai et de cours d'eau et qui aurait quitté cette zone avant l'arrivée des Mokolé.

. Les Fulbé

Dans cette catégorie de populations, nous ne disposons pas assez d'informations. De nombreuses interrogations subsistent par ailleurs sur leur mise en place. On ignore encore les étapes précises et les grands axes de leurs migrations ainsi que leurs conditions d'implantation dans la région. Les lacunes de nos connaissances sur ce peuplement portent surtout sur les aspects chronologiques. Mais, ils occupent une place non négligeable à Lolo du fait de leur importance numérique. Semi-nomades, ils sont de plus en plus sédentarisés autour du village de Lolo avec de petits campements. Bien que les peulhs aient joué des rôles importants dans le système économique à Lolo, leurs activités principales étaient l'élevage et dans une moindre

mesure l'agriculture. Leur mode de vie et peut-être leurs activités pastorales ne leur ont certainement pas permis d'en pratiquer d'autres comme la métallurgie du fer.

. Les Dendi

Les Dendi constituent le groupe ethnique numériquement le plus important à Lolo après les Peulhs. Les traditions orales indiquent que leur présence à Lolo ne remonte pas à fort longtemps. S'il paraît de plus en plus établi que leur descente dans le Borgou remonte à 1591, après la défaite de Tondibi, ils ne semblent pas compter dans leurs vagues migratoires des groupes de fondeurs ou de métallurgistes. Les traditions du Borgou les identifient plutôt aux commerçants ayant fondé, avec les Hausa, les caravansérails. Leur installation au Borgou paraît récente par rapport au début probable du travail du fer dans la région (Banni-Guéneé 1993).

. Les Kumatè

L'origine des kumatè remonterait à l'ancien Mali. Kumatè serait une déformation du nom du clan Malinké de Konaté. Ils auraient pénétré au Bénin par le nord. Katanga, localité située dans l'actuel arrondissement de Gaya au Niger, serait leur point de départ. Leur présence dans le Borgou remonterait entre le XIV^e et le XV^e siècle. Ils fondèrent plusieurs villages et cités sur la rive droite du fleuve Niger parmi lesquels Guene-Zeno dont la dislocation donna naissance aux villages de Kantoro, de Bioto et de Koaratédji. Leur activité principale était essentiellement de l'agriculture et du commerce (Arifari Bako 1989). A Partir de ces villages, les Kumatè auraient migré vers Lolo en passant par Thui pour fonder Igoua, un village abandonné situé au sud-est du site métallurgique de Lolo à 2 km environ. Selon les traditions orales recueillies pendant nos enquêtes de terrain, le village d'Igoua aurait été fondé avant Lolo ; la date de sa fondation reste inconnue. Les traditions orales, confirmées par nos enquêtes de terrain, indiquent que l'abandon de ce village par les Kumatè est notamment dû au conflit qui opposait les deux chefs du village, celui d'Igoua contre le chef du village de Lolo. Souroukou B. (1998) indique aussi que l'abandon de ce village est lié au problème qui a opposé sa Majesté Ilou Igoua, alors chef de village, contre le chef Mokolé. Ce conflit a causé le départ des Kumatè vers Thui et certains d'entre eux se seraient « ralliés » aux Mokolé de Lolo. Ils sont aujourd'hui assimilés à ce groupe de population. Les traces de leur occupation restent encore visibles. Des vestiges constitués des tessons de poteries, de meules et de broyeurs attestent de leur présence sur le site. Bien qu'ils occupaient les environs du site métallurgique de Lolo avant les Mokolé, les Kumatè ignorent également les vestiges métallurgiques de ce site.

CHAPITRE II : APPROCHE METHODOLOGIQUE ADOPTEE POUR L'ETUDE DU SITE SIDERURGIQUE

Le chapitre consacré à l'approche méthodologique rend compte de différentes méthodes ayant contribué à l'élaboration de ce travail et de la démarche adoptée pour exécuter les travaux du terrain. Pour atteindre les objectifs fixés par cette recherche, une méthodologie appropriée a été mise en œuvre. Le choix de notre méthode d'approche sur le terrain prend en compte plusieurs paramètres dont les objectifs spécifiques de notre étude, les conditions physiques de l'espace à explorer et les moyens d'exécution de la recherche. Aussi bien les enquêtes orales que les prospections et les cubages ont été menés au cours de la campagne selon une méthodologie précise.

1. Les questions principales

L'étude des sites métallurgiques vise à apporter des réponses à un certain nombre de questions principales. Il s'agit d'abord de caractériser les techniques de la production du fer sur un site métallurgique et de comprendre l'organisation spatiale du site. L'étude d'un site métallurgique permet également de quantifier la production des déchets métallurgiques et de dater la période de la production à travers l'étude des vestiges qui se rattachent à l'activité de réduction.

La caractérisation des techniques repose sur la description des déchets métallurgiques, c'est-à-dire les différents types de scories et les proportions entre ces déchets. La description de l'architecture des fourneaux est également nécessaire puisqu'elle permet de connaître la forme, les dimensions et les matériaux ayant servi à la construction des fourneaux. Les fourneaux et les tuyères fournissent des informations sur les techniques utilisées dans la réduction du minerai.

La deuxième question est relative à l'organisation spatiale du site. En effet, l'organisation des zones d'activité est importante pour la compréhension de la gestion de l'espace par les sidérurgistes

La troisième question à laquelle doivent répondre les investigations archéométallurgiques est relative à la quantification du produit issu de la réduction. Cette question se base sur l'estimation de la quantité de déchets qui reflète l'intensité de l'activité. Cette donnée de base permet ensuite une réflexion sur les flux de matières premières et de produits ainsi que sur l'organisation de la force de travail et l'impact écologique. Normalement, sur des sites de grandes dimensions, il faut combiner la prospection avec l'utilisation des photos satellitaires et

du GPS. Il est aussi important de faire des relevés topographiques à différentes échelles et des sondages stratigraphiques qui permettent la mesure de l'épaisseur des amas de scories et la mesure de la masse de scories par unité de volume, le prélèvement de charbons ainsi que les fouilles de fourneaux (étude architecturale, matériaux de construction, datation). Les analyses de laboratoire des scories apportent des informations supplémentaires sur les conditions physico-chimiques (températures, etc.) des opérations et permettent de calculer un bilan chimique et la quantité de fer produite (S. Perret, V. Serneels, 2006).

La quatrième question essentielle pour l'étude d'un site sidérurgique est celle de la chronologie. Pour Perret/Serneels (2006), cette question repose sur des observations stratigraphiques ou géomorphologiques, mais surtout sur les datations absolues.

En ce qui nous concerne, ne disposant pas de moyens nécessaires pour dater les échantillons, nous nous contentons pour l'instant de datations relatives en comparant les matériels du site avec ceux d'autres sites de la région ou en faisant allusion aux dates obtenues sur la métallurgie du fer dans le Borgou. Aussi, l'examen de l'organisation des vestiges peut permettre d'avancer quelques hypothèses sur la chronologie relative au sein d'un atelier.

Compte tenu de nos moyens limités, et n'ayant pas l'expérience requise dans la fouille des bases de fourneaux, la question de la datation absolue du site de Lolo n'a pas pu être abordée.

2. Les différentes sources d'information

. Les sources orales

Le recueil de ces sources avait deux objectifs fondamentaux. Le premier objectif était de mener les investigations auprès de certaines populations pour identifier les acteurs de l'activité métallurgique du site de Lolo. Le deuxième objectif visait à localiser les différents ateliers d'extraction du minerai et de réduction. Ainsi, un questionnaire a été élaboré. Il recouvrait plusieurs points portant sur la mise en place des populations, leurs parcours migratoires et leurs activités. Une fois sur le terrain, notre premier travail a consisté à interroger des personnes. Ces personnes sont les détenteurs potentiels des sources orales. Les personnes interrogées sont : les chefs de villages, les chasseurs et les chefs de lignage. Une fois les personnes à interroger identifiées, et afin d'éviter les différentes formes de complexes relatives à des séances conduites en public, nous avons soumis individuellement le questionnaire à nos enquêtés. Une série de dix à cinq questions est soumise à un enquêteur. Les réponses aux questions posées sont traduites en même temps par notre guide.

Il convient toutefois de signaler que les questions sur l'activité métallurgique n'ont pas eu

de réponse car les personnes interrogées ignorent tout de cette activité.

. Les sources écrites

La recherche bibliographique est fondamentale et indispensable à tout travail de recherche. Elle consiste à collecter les ouvrages qui traitent d'un sujet précis relatif à un fait. Cette étape préliminaire permet au chercheur de prendre connaissance des travaux réalisés dans le domaine auquel il s'intéresse. Elle permet également d'avoir une idée précise ou large sur la problématique afin de mieux orienter son sujet. Ainsi, dans le cadre de ce travail, nous avons compilé diverses sources écrites. Elles sont composées de rapports de missions, d'articles, de mémoires et d'ouvrages.

Nous avons consulté dans un premier temps les documents portant sur l'histoire des populations du travail du fer dans le Borgou. Ces documents sont constitués essentiellement des mémoires de maîtrise parmi lesquels figurent ceux de N. Arifari Bako (1989) intitulé : « La question du peuplement Dendi dans la partie septentrionale de la République du Bénin : cas de Borgou », de G. Ayouba (1993) « Contribution à l'histoire du peuplement de la rive droite du fleuve Niger », de S. Sabi-Monra (1990) « Tradition orale et archéologie : enquête sur la métallurgie ancienne du fer dans le Borgou oriental » et de O. Banni-Guene (1993) « Histoire et traditions technologiques dans le Bargou (Borgou) : cas de la métallurgie du fer autour de Ségbana-Kaiama et Bensékou ».

Ces mémoires sont indispensables pour notre étude puisqu'ils donnent des informations sur la diversité socio-culturelle et linguistique des populations dans notre zone d'étude. En effet, les auteurs ont abordé la question du peuplement du Borgou en mettant l'accent sur leur parcours migratoire et la mise en place des différentes populations. Outre la question du peuplement, les pratiques des activités métallurgiques ont été abordées. Ainsi, trois groupes de population qui auraient pris part à la métallurgie du fer ont été identifiés. Il s'agit des Baatombu, des Tchienga et des Boo.

Ensuite, nous avons exploité les documents qui traitent de la métallurgie du fer en général, ce qui nous a permis d'aborder et d'orienter le travail. En nous fondant sur les travaux antérieurs sur la métallurgie, nous avons pu élaborer la problématique et circonscrire les concepts clés de l'activité sidérurgique. Les principaux documents consultés sont composés d'articles et de thèses ainsi que de rapports portant sur la métallurgie du fer en Afrique de l'Ouest et au Bénin. Ces documents sont d'une importance telle qu'il importe d'en citer quelques-uns. Il s'agit d'abord de la thèse de C. Robion-Brunner (2008) « Vers une histoire de la production du fer sur le plateau de Bandiagara (pays dogon, Mali) durant les empires précoloniaux : peuplement

des forgerons et tradition sidérurgiques » et des deux rapports des opérations paléoméallurgiques dans le Dendi (2013, 2014), ensuite d'un rapport de V. Serneels (2013) « 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) ».

Ces ouvrages nous ont permis d'une part de mieux appréhender les différentes étapes de la chaîne opératoire de la sidérurgie ancienne et la description des déchets métallurgiques, et d'autre part de nous orienter vers une démarche méthodologique adaptée. En effet, dans ces ouvrages, les auteurs ont décrit les variabilités technologiques de la métallurgie du fer en Afrique de l'ouest, notamment au Mali et au Burkina-Faso. De plus, les auteurs ont fait l'analyse typologique de fourneaux et des scories.

D'autres ouvrages, articles, et revues qui traitent de la métallurgie du fer ont été également consultés notamment l'article de B. Martinelli (1993) « Fonderies ouest-africaines : classement comparatif et tendances », l'ouvrage de V. Serneels (1993) « Archéométrie des scories de fer. Recherches sur la sidérurgie ancienne en ancienne en Suisse occidentale », l'ouvrage de M. Mangin (2004) « le fer » et celui de H. Bocoum (2002) « Aux origines de la métallurgie ancienne du fer en Afrique : une ancienneté méconnue en Afrique de l'Ouest et Afrique centrale ».

. La prospection archéologique

La prospection constitue l'étape fondamentale des travaux menés sur le terrain. Elle concerne la délimitation du site, des zones d'extraction et de réduction, ainsi que le repérage des bases de fourneaux et la mesure de la hauteur des amas de scories.

Sur la base des informations que nous avons recueillies au cours des enquêtes orales, nous avons mené une prospection archéologique sur l'ensemble du site. Suite à la prospection, nous avons d'abord délimité le site de réduction à l'aide d'un GPS⁴ ce qui nous a permis d'avoir une idée de l'étendue du site, de comprendre son organisation spatiale (emplacement des amas de scories, des bases de fourneaux, et des fragments des tuyères, ainsi que du site d'extraction) et de réaliser un plan de ce site sidérurgique.

Ainsi, pour bien étudier l'organisation spatiale des ateliers et mieux gérer l'information sur le terrain, nous avons décidé de subdiviser le site en zones et secteurs. Une zone est un vaste ensemble d'ateliers regroupant plusieurs amas de scories. Un secteur est un ensemble cohérent

⁴Geographical Positionning System ou Système de positionnement Géographique

d'activités sur un territoire réduit. Il regroupe plusieurs amas de scories de même type (scorie coulées externes ou internes). Au sein de chaque secteur, nous avons individualisé un maximum d'ensembles homogènes qui peuvent être décrits séparément. Les unités descriptives désignées sous le terme d'« ensemble », sont inégales, mais un système de numérotation qui a été utilisé pour désigner les amas des scories assez homogènes dans un espace réduit (situés tout près les uns des autres). La délimitation des zones et des secteurs s'est également faite à l'aide d'un GPS. La superficie de chaque zone a été calculée et les amas comptés.

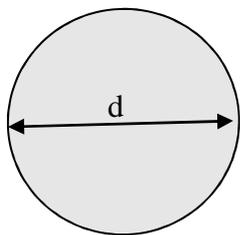
En ce qui concerne l'identification des bases de fourneaux, nous avons conçu cinquante plaques de marquage. A chaque fois qu'une base de fourneau a été identifiée, une plaque a été déposée sur place. Ensuite viennent l'enregistrement des coordonnées GPS de la structure et sa photographie. Les investigations archéologiques ont compris la mesure des diamètres de bases de fourneaux et des hauteurs des amas de scories, les cubages réalisés sur les amas et les mesures de profondeur et de diamètre des puits de mine.

La hauteur des amas de scories a été mesurée à l'aide d'un niveau à bulle, d'une ficelle, d'un clou et d'un mètre. La stratégie consiste à fixer un clou au sommet d'un amas de scories. Ensuite, une ficelle est attachée sur le clou et tirée horizontalement. Pour contrôler l'horizontalité de la ficelle, un niveau à bulle est placé au milieu de la ficelle entre le point de départ (clou) et le point d'arrivée (l'autre bout de la ficelle est tenu à la main). Enfin vient la mesure de la hauteur de l'amas à l'aide d'un mètre (de 5 m) à partir du bout de la ficelle tenue à la main (cf. photo 3).

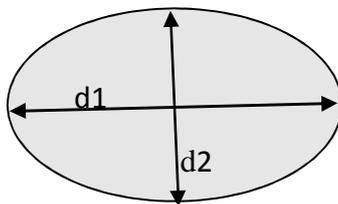
. Les investigations archéologiques

L'investigation archéologique concerne la quantification des déchets métallurgique et le cubage. Pour évaluer le volume des amas des scories, nous nous sommes inspirés de la méthode de quantification développée par V. Serneels en 2012. En effet, l'auteur a proposé plusieurs formules géométriques pour répondre à cette question. Selon que l'amas a une forme circulaire, allongée ou en anneau, l'application des formules ci-dessus permet d'évaluer la quantité des scories d'un amas. La première formule est utilisée pour les amas de forme circulaire, la deuxième pour ceux qui ont une forme allongée, et la troisième est utilisée pour les amas circulaires en forme d'anneaux.

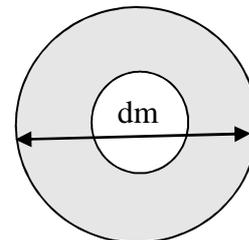
$$V = \left(\frac{d^2}{8} + \frac{h^2}{6} \right) \pi h$$



$$dm = \frac{d_1 - d_2}{2}$$



$$A = \frac{b h}{2}$$



V = volume, **d** = diamètre, **dm** = diamètre moyen, **h** = hauteur, **A** = aire, **b** = base et $\pi = 3,14159$

Parallèlement à ces investigations, deux cubages ont été effectués dans les zones 2 et 3. En effet, le cubage est une méthode qui permet d'évaluer le volume d'un corps donné. Dans le cadre de la métallurgie ancienne du fer, cette technique permet d'évaluer la proportion des types de vestiges sidérurgiques dans un mètre cube. Cette technique vise à évaluer la masse des différents types des scories contenus dans un amas. Pour bien évaluer la proportion des scories dans un amas, le cubage doit atteindre 1m de profondeur. Ainsi, un carré de 1m sur 1m est posé au sommet d'un amas de scories. Il a été posé en appliquant le théorème de Pythagore. Selon cette méthode, dans un triangle rectangle, la somme des carrés de deux côtés perpendiculaires est égale au carré de l'hypoténuse ($A^2 + B^2 = C^2$). Pour le carré de 1m sur 1m, l'hypoténuse est égale à 1,41 m. Les piquets utilisés aux angles du carré dépassent d'environ quarante centimètres de la surface du sol. Le quadrillage a été réalisé à l'aide de ficelles tendues entre les piquets. Un autre piquet est implanté à l'angle nord-ouest du carré. Ce piquet nous a servi de point de référence à partir duquel toutes les mesures de profondeur sont prises.

L'installation du carré est suivie du décapage. Le décapage consiste à dégager par niveau artificiel de 10 cm les sédiments, les scories, les fragments de tuyères. Bref tout ce qui se trouve dans le cube. L'ensemble de tout ce qui est dégagé est ramassé dans un seau et pesé. Mais avant de mettre les vestiges dans le seau, la tare est aussi relevée. Une fois pesé, cet ensemble est tamisé et trié. Après le tri, chaque type d'élément (les scories coulées, argilo-sableuses, oxydées, tuyères ou fragments de tuyères...) est à nouveau pesé et toutes ces informations sont reportées dans un cahier.



Figure 3: Mesures des hauteurs des amas.



Figure 4: Cubage implanté sur le secteur 2 de la zone 2

. Le contexte administratif

Pour effectuer les travaux de terrain, nous avons entrepris quelques démarches administratives. Avant le déplacement sur le terrain, une demande d'autorisation a été adressée au Département d'Histoire et d'Archéologie (DHA) de l'Université d'Abomey-Calavi (UAC). Ainsi, une autorisation de 14 jours nous a été accordée par le département. La première rencontre avec les autorités communales des Kandi a eu lieu le 19 février 2014 pour signaler notre présence dans la région et expliquer le but de notre recherche. Un contact a été établi avec le chef d'arrondissement de Saah. Le chef d'arrondissement nous a ensuite mis en contact avec le secrétaire de groupement Villageois de Lolo qui nous a accueilli à Kandi. Le même jour, nous sommes descendus sur le terrain accompagnés par un étudiant de la région. Pour la logistique, le projet *Crossroads of empires*, nous a prêté du matériel tel que des seaux, tamis, pelles, balance, truelle, décamètres. Après acheminement du matériel à Lolo, nous avons établi notre base dans une des chambres du secrétaire de groupement villageois. Une rencontre a eu le 20 février 2014 avec le chef du village et les chefs coutumiers. C'est après cette rencontre avec les différents chefs que nous sommes rendus sur le terrain accompagnés de deux guides.

.Les travaux au laboratoire

Les vestiges archéologiques mis au jour lors de cette campagne de recherche archéologique sont constitués de minerais, de scories, de tuyères et de céramiques. Les travaux au laboratoire ont porté sur l'étude de matériels et l'élaboration des cartes du site. Pour l'étude des matériels, aucune analyse chimique n'a été réalisée. Cette étude s'est basée sur les observations macroscopiques.

En ce qui concerne les scories et les bases de fourneaux, il nous a été nécessaire de déterminer d'abord les critères descriptifs pertinents. La description de ces vestiges est importante puisque qu'elle permet de connaître les différents types des structures de réduction

et les catégories de déchets présents sur le site. Ainsi, des fiches identiques ont été établies pour toutes les scories. Elles comportent l'information sur la nature des scories, la couleur, l'aspect, la réaction à l'aimant ou non, la dureté, la densité, le poids et la forme. La description d'un échantillon est toujours suivie d'un dessin. Le dessin a pour but de présenter les détails des différentes parties des scories qui peuvent apporter des informations. Chaque dessin est accompagné de commentaires et les légendes sont uniformisées. Les fiches sont ensuite scannées et le dessin est repris à l'aide du logiciel Illustrator. Selon le type de cordons et le sens d'écoulement, les cordons des scories coulées sont représentés différemment alors que les figurés des fractures, des inclusions, des porosités et des grains de sable sont identiques pour tous les échantillons. Les informations concernant les surfaces supérieures, les surfaces inférieures, la coupe, la couleur, la texture et le type de cordons figurent sur les commentaires de chaque échantillon.

Quant aux structures de réduction, afin d'identifier le type de fourneaux, l'observation est basée sur les dimensions des fourneaux, les épaisseurs de parois et les matériaux de construction employés. Une fois identifié le type de structure, nous avons procédé à sa description. La description est toujours accompagnée d'un dessin et d'une photographie. Pour les tuyères, l'observation a porté sur la morphologie, les dimensions et les matériaux de construction.

Pour les cartes, elles ont été délimitées à l'aide d'un GPS. Les données enregistrées au GPS sont ensuite converties et les cartes géo-référencées à l'aide d'un logiciel ArcGIS. Ces cartes sont reprises encore avec Illustrator pour plus des détails.

. Les difficultés rencontrées

Au cours des travaux de terrain, nous avons rencontré quelques difficultés. Ces difficultés sont liées d'une part à la durée très courte de notre séjour sur le terrain et au manque d'information sur les auteurs du site et d'autre part au manque de moyens matériels et à la faiblesse méthodologique. Par ailleurs, les objectifs que nous nous sommes fixés paraissaient énormes pour une seule campagne prévue pour durer 14 jours. C'est pourquoi, pour la quantification des déchets métallurgiques, nous nous sommes limités aux trois zones principales. Le manque de matériel adéquat pour faire le relevé topographique du site est l'un des problèmes rencontrés au cours de cette campagne.

En ce qui concerne l'enquête orale, le problème majeur a été de pouvoir trouver et prendre contact avec des personnes ressources. Au cours de l'enquête orale, nous avons été confrontés à l'absence totale de capacité de tous nos enquêtés à se prononcer sur une activité dont ils ignorent complètement l'existence. Le séjour sur le terrain n'a pas permis d'établir de lien avec un groupe de population quelconque.

Sur le plan méthodologique, notre méthode adoptée manque de rigueur. En effet, le manque de formation archéologique suffisante pour faire les fouilles a été un handicap dans la conduite de ce travail. C'est pourquoi nous nous sommes limités à la prospection, à la délimitation et à la quantification des déchets métallurgiques. Mais grâce à notre détermination, nous avons pu rassembler et organiser les éléments essentiels pour réaliser ce travail.

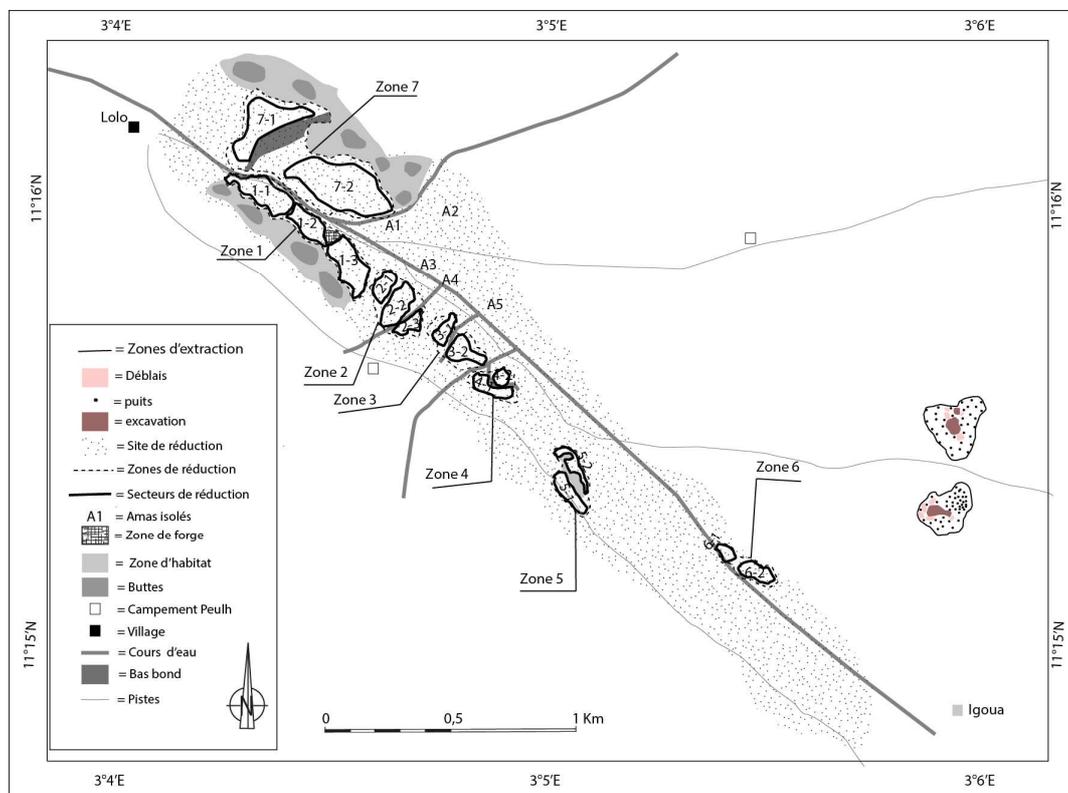
DEUXIEME PARTIE : LES VESTIGES METALLURGIQUES DE LOLO

ORGANISATION SPATIALE DES VESTIGES SIDERURGIQUES

La question de l'organisation spatiale fait appel à un certain nombre de notions géographiques parmi lesquelles la notion de l'espace, de son occupation, de sa gestion et de son exploitation. L'étude de l'organisation spatiale d'un site métallurgique paraît indispensable pour tout travail de recherches archéométriques. En effet, celle-ci consiste à décrire et interpréter les variabilités archéologiques observées sur le site. Il existe plusieurs manières d'appréhender l'organisation spatiale d'un site. Ce chapitre vise à dresser le plan du site sidérurgique de Lolo, évaluer son étendue, localiser les différentes zones selon la nature des vestiges qui s'y trouvent et enfin quantifier les déchets métallurgiques.

Mais comment se présente le site sidérurgique de Lolo ? La réponse à cette question passe d'abord par la localisation des différentes zones d'activités et l'inventaire des vestiges qui s'y trouvent.

1. Les différentes zones d'activités



Il s'agit à travers cette étude de situer chacune des zones d'activités et d'inventorier les différents éléments qui les composent. En effet, le site sidérurgique de Lolo présente quatre ensembles bien individualisés parmi lesquels on peut notamment citer les zones d'extraction, les zones de réduction, une zone de forge et les zones d'habitat ancien. Chaque entité se caractérise par des vestiges spécifiques répartis sur un espace bien limité. C'est en tenant compte de la répartition géographique de ces nombreuses évidences que nous avons établi la carte du site (Fig.5). Pour la localisation des zones et l'inventaire des différents éléments qui les composent, nous commencerons d'abord par les zones d'extraction, ensuite viendront les zones de réduction et celle de la forge et enfin nous terminerons par les zones d'habitat.

. Les zones d'extraction

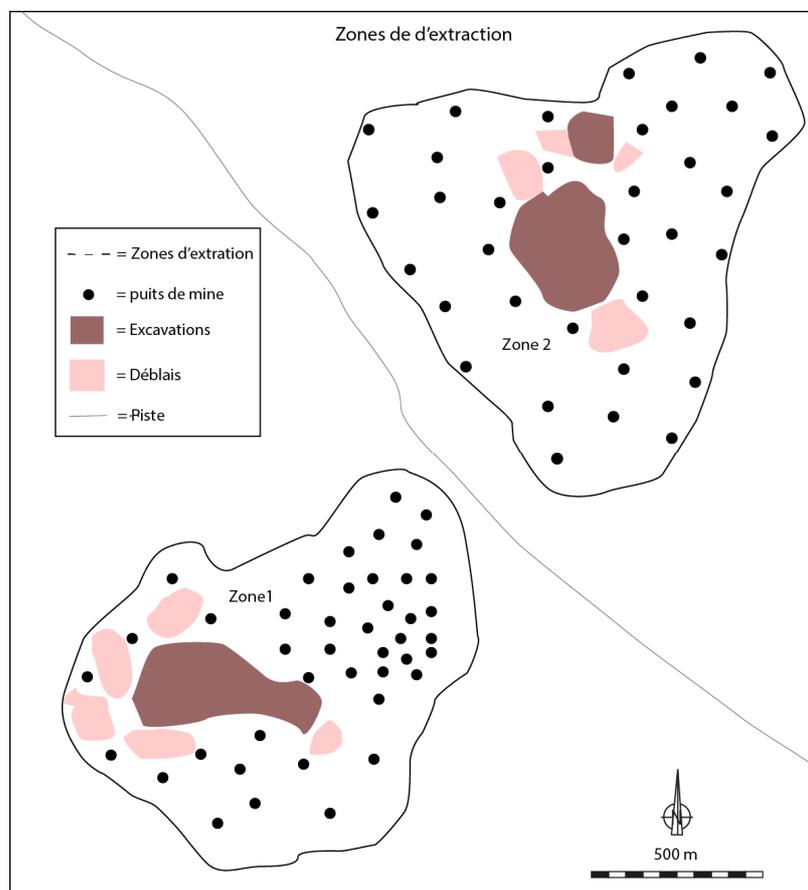


Figure 6: Répartition des zones d'extraction

Les zones d'extraction sont localisées sur la colline de Lokoto⁵ à 3 km environ à l'est des zones de réduction (Fig.6). La colline de Lokoto est localisée entre 11° 25' 65'' de latitude nord

⁵ Etymologiquement, Lokoto signifie « montagne de trous » en langue Mokolé.

et 3° 10' 28'' de longitude est. La présence des puits sur cette colline a été signalée au cours des enquêtes orales recueillies auprès d'Oudouh SABI-BADOU et Lafia BIO BABOU. Les investigations menées ont permis de localiser 77 puits de mine. Ces puits sont répartis dans deux zones séparées par une distance de 300 m environ. Certains puits sont assez bien conservés tandis que les autres sont complétement bouchés mais leur trace est encore visible. Le repérage de ces puits n'a pas posé de problème puisque leur visibilité est claire. Cependant, leur état de conservation ne permet pas de déterminer avec exactitude leur profondeur d'origine. Les mieux conservés ne dépassent pas 3 m de profondeur. Dans la partie nord-est de la zone 1, les puits sont proches les uns des autres, trois à quatre mètres environ les séparent. Nous n'avons pas identifié d'organisation spatiale cohérente sur ces zones d'extraction (Fig. 7). Des zones d'excavation et de déblais sont présentes dans les deux zones (Fig. 8).

Zones	Coordonnées		Superficie	Nombre des puits
	X	Y		
1	003° 10' 32''	11° 25' 57''	1,69 ha	42
2	003° 10'43'	11° 25'52''	1,66 ha	35

Tableau 1 : Localisation des zones d'extraction et inventaire des puits de mine



Figure 7: Puits de mine

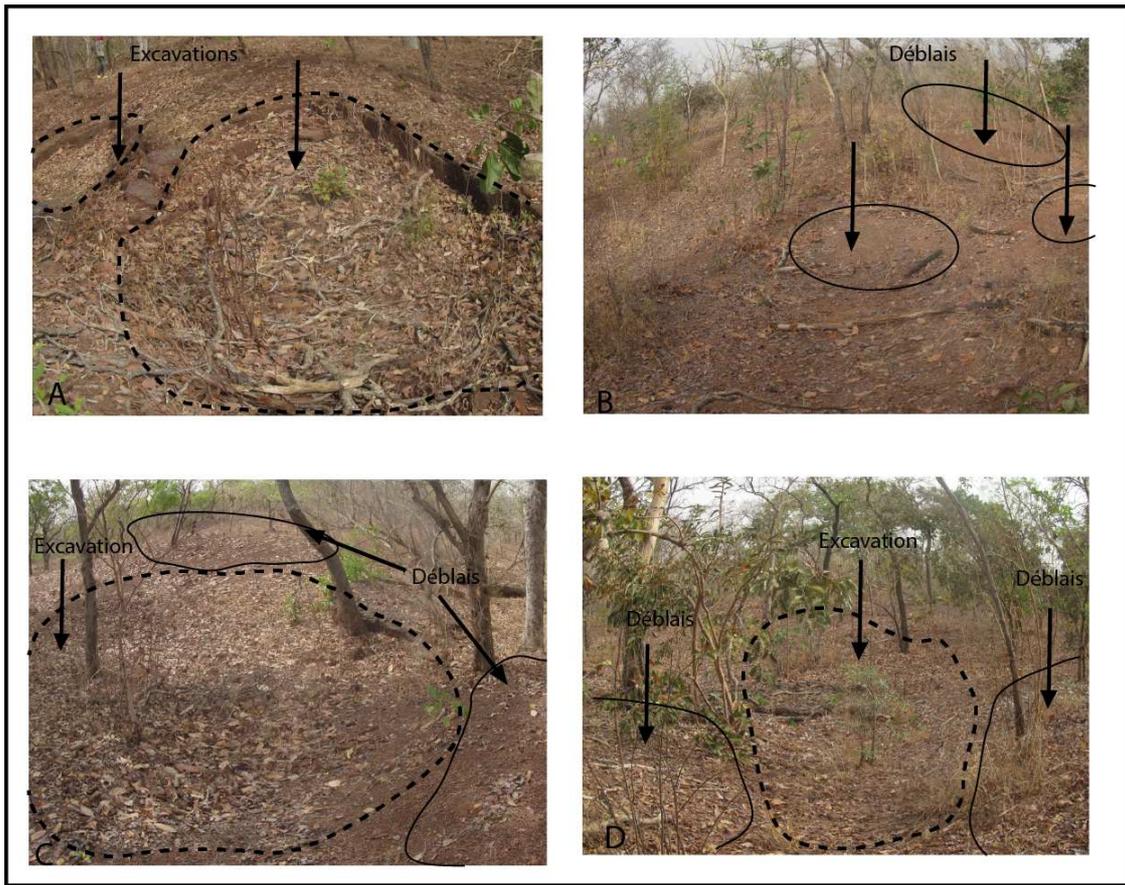


Figure 8: Excavations et déblais; A, B : zone 1 ; C, D : zone 2

. Les zones de réduction

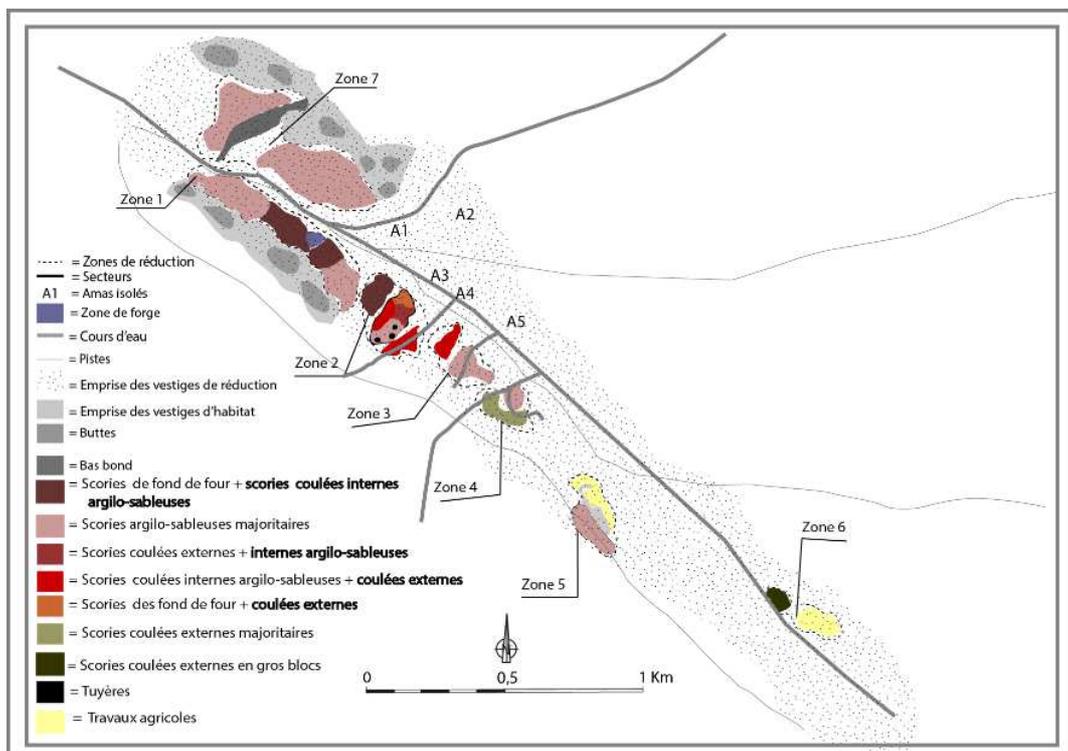


Figure 9: Disposition des zones de réduction et d'habitats

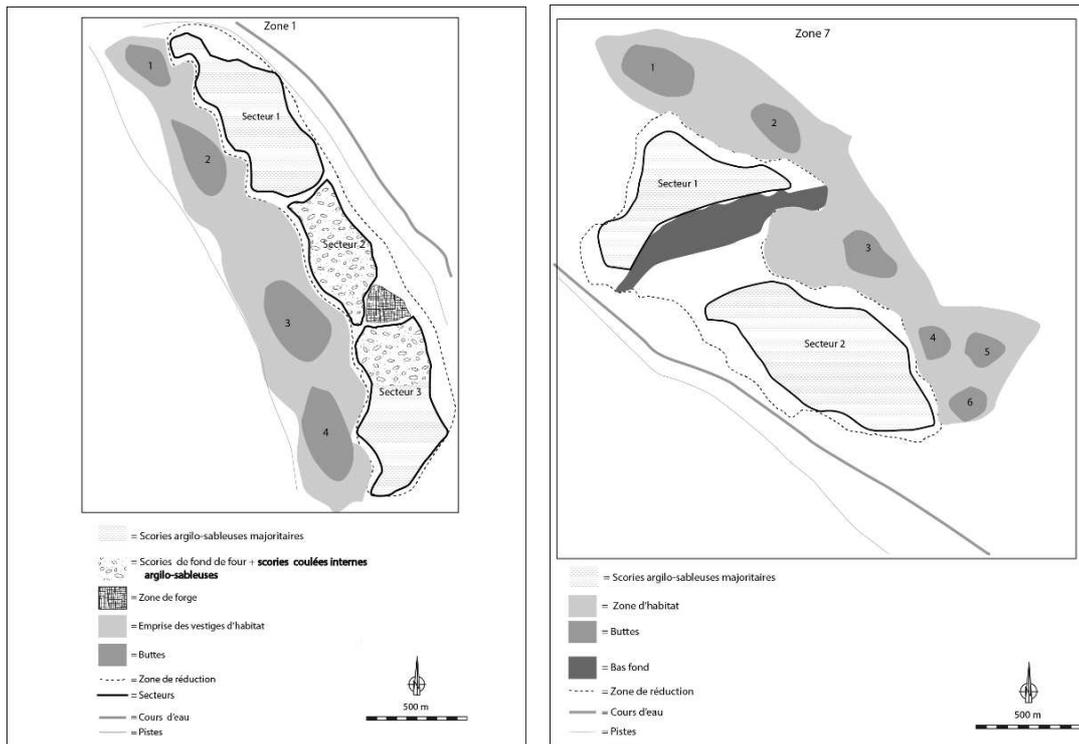


Figure 10 et 11: Répartition des vestiges métallurgiques dans les zones 1 et 7

Les zones de réduction se situent au nord-ouest des zones d'extraction. La superficie, le nombre des amas et des structures de réduction varient d'une zone à une autre (tableau 2). Les différentes zones se répartissent de part et d'autre de la rivière. Celles situées près des zones d'habitats (1 et 7) sont très vastes mais avec très peu de concentrations de vestiges métallurgiques. Les amas de la zone 1 se composent à la fois de scories internes argilo-sableuses, de scories coulées externes et de fonds de four. La première catégorie se trouve majoritairement dans les parties nord-ouest et sud-est (Fig.10), la deuxième et la troisième au

centre de la zone. Les amas de la zone 7 sont constitués majoritairement de scories internes argilo-sableuses (Fig. 11).



Figure 12, 13 et 14 : Répartition des vestiges métallurgiques dans des zones 2, 3 et 4

Numéro des Zones	Coordonnées		Superficie des zones	Nombre des secteurs	Nombre d'amas	Nombre de fourneaux
	X	Y				
1	003° 04' 17''	11° 16' 36''	10,01 ha	3	16	05
2	003° 07' 72'	11° 26' 42''	4,52 ha.	3	49	17
3	003°07'96''	11'26'14''	3,17ha	2	13	10
4	003°08'04''	11° 26'02''	1,99 ha	2	10	06
5	003°08'48''	11°25'49''	2,75ha	2	08	??
6	003°09'24''	11°25'38''	2,25ha	2	11	06
7	003°09'13''	11°25'28''	14,76ha	2	12	03

Tableau 2: Localisation et description des différentes zones

Les zones 2, 3 et 4, situées au centre du site de réduction, ne sont pas vastes comme celles proches des zones d'habitat. Toutefois, on observe une très forte concentration des vestiges avec un nombre important de structures de réduction. Ces zones se distinguent aussi des autres par la diversité des types des scories présents et la hauteur des amas, les plus hauts pouvant atteindre 2 m.

Les types des déchets varient d'une zone à une autre, d'un secteur à un autre et parfois à l'intérieur d'un même secteur. Ainsi, dans la zone 2, on distingue quatre types de déchets répartis sur trois secteurs (Fig.12). Le secteur 1 est constitué majoritairement de scories internes argilo-sableuses avec une faible proportion de scories de fond de four. Le secteur 3 est constitué

majoritairement de scories coulées externes avec quelques scories argilo-sableuses. Le secteur 2 est constitué des quatre types des scories en quatre ensembles bien distincts.

La zone 3 est constituée de deux types des scories réparties dans deux secteurs différents. Le secteur 1 se compose majoritairement des scories coulées externes. Le secteur 2 quant à lui se compose majoritairement de scories internes argilo-sableuses (Fig. 13).

La zone 4 est constituée de deux types des scories réparties dans deux secteurs comme dans la zone précédente. Le secteur 1 est constitué plutôt majoritairement de scories coulées externes et le secteur 2 est constitué majoritairement des scories externes argilo-sableuses (Fig. 14).

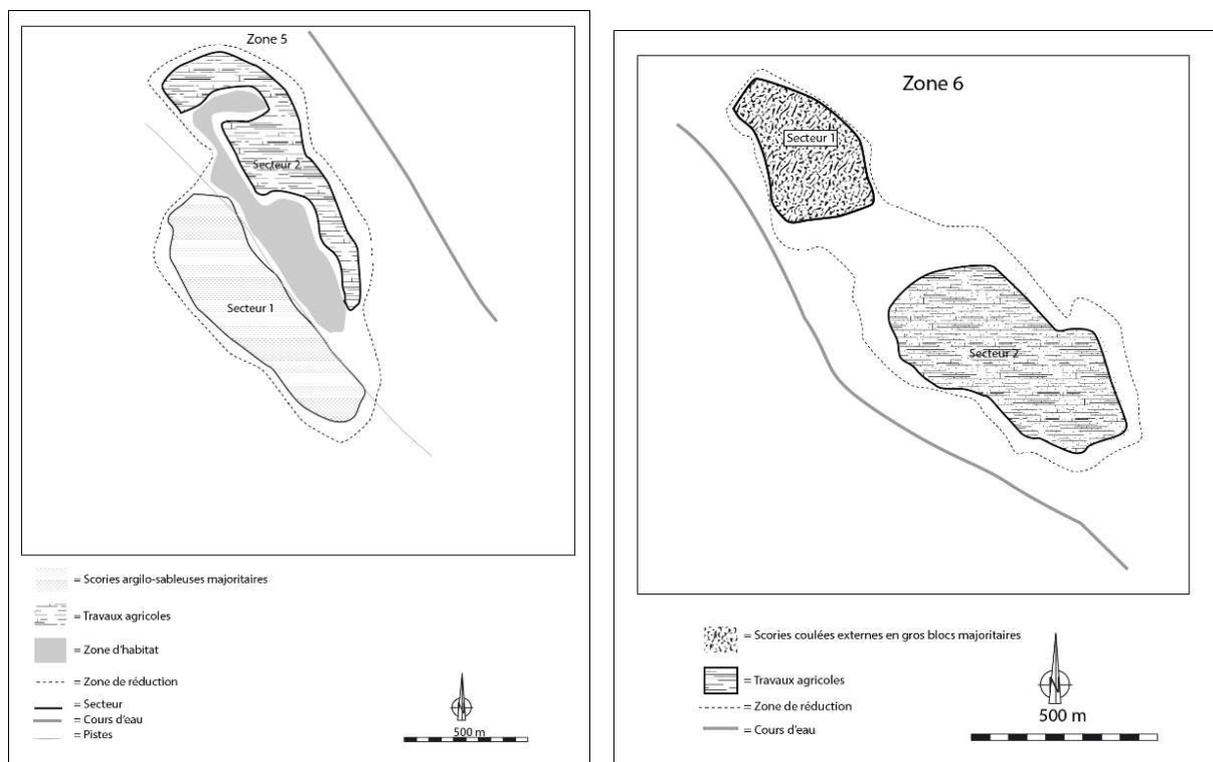


Figure 15 et 16: Répartition des vestiges métallurgiques dans les zones 5 et 6

Les zones 5 et 6 ont été passablement détruites par les travaux de labours. Elles sont séparées par un cours d'eau et parallèles à la rivière. La concentration des vestiges est faible dans ces zones.

La zone 5 est constituée de scories argilo-sableuses. Les déchets de cette zone se rattachent à ceux observés partout ailleurs sur le site. Cependant, durant toute la prospection et les

investigations menées, aucune base de fourneaux n'a été retrouvée. Les travaux agricoles ont sans doute détruit ces dernières (Fig. 15).

La zone 6 est constituée d'un type de scories et de structures de réduction spécifiques. Ces scories et structures ont été essentiellement observées dans cette zone. Les scories qui composent cette zone sont des scories coulées externes en gros blocs (Fig. 16). Pour expliquer les différences typologiques observées, on pourrait envisager que les métallurgistes de cette zone aient employé une autre technique de réduction ou qu'il s'agisse d'un autre groupe de population ou que les activités datent d'une époque différente, peut-être antérieure.

Une observation des zones de réduction et de leur disposition permet de faire les deux remarques suivantes :

La première concerne la concentration et le volume des déchets métallurgiques. En effet, la concentration des vestiges métallurgiques est très forte et le volume est élevé au milieu du site de réduction. Les zones situées au nord-est du site sont très vastes, mais avec peu de déchets métallurgiques.

La deuxième remarque concerne la disposition des zones et secteurs qui se situent près d'un cours d'eau. Le rôle de l'eau dans la production métallurgique est capital. Outre la fabrication des fourneaux qui nécessite une quantité suffisante d'eau, l'évacuation de la loupe de fer et son refroidissement passe par un dur labeur au cours duquel les métallurgistes ont constamment besoin d'eau. Ces facteurs semblent avoir particulièrement guidé le choix de l'emplacement des zones de réduction aux abords d'un cours d'eau.

. La zone de forgeage

La zone de forge se trouve au nord-est entre les secteurs 2 et 3 de la première zone de réduction (cf. fig. 8). Elle couvre une superficie de 191 m² et s'étend entre 11°26'17'' et 11°26'25'' de latitude nord et entre 3°07'83'' et 3°07'85'' de longitude est. Elle se caractérise par la présence de scories de forge associées à des tessons de céramique. La morphologie des scories est caractéristique des scories de forge : certaines ont une forme de culot, généralement elles sont assez lourdes, d'autres sont informes et petites avec des contours arrondis de couleur noir clair ou foncé. Dans cette zone, on observe un peu partout des accumulations de sédiments cendreux et noirs (Fig. 17).



Figure 17: Zone de forge marquée par des scories et des tessons de poterie

. Les zones d'habitat

Trois zones d'habitats ont été localisées. Les deux premières se situent au nord-ouest du site de réduction. Elles sont très vastes et se composent des nombreuses buttes (tableau 3). Elles sont séparées par la rivière centrale (Fig. 18). Sur ces buttes on trouve de nombreux tessons de céramique, mais aussi du matériel lithique composé de meules et de broyeurs. La troisième zone située au sud-ouest a été détruite par les travaux agricoles. Dans cette zone, on trouve partout des tessons de céramique et des scories.

En dehors de ces zones d'habitat, un ancien site d'habitat a été repéré au sud-est de l'aire de réduction à 2 km environ. Il s'agit du site de l'ancien village Igoua qui aurait été occupé par les Kumatè. Les traces d'occupation trouvées sur ce site sont des tessons de céramique, des meules et des broyeurs. Pour des raisons méthodologiques, nous avons juste repéré et localisé ce site, mais il n'a pas fait l'objet d'une étude approfondie.

Bien que ces vestiges soient observés près des zones de réduction, aucun élément ne nous permet de savoir s'ils sont contemporains. Aucune typo-chronologie des décors céramiques n'a été encore proposée pour cette région. Ainsi, nous ne pouvons utiliser ces vestiges comme un élément de comparaison ou de datation relative. Les matériels lithiques trouvés ne peuvent pas non plus servir d'éléments de datation. En effet, dans cette région, des meules et des broyeurs comparables sont encore utilisés par les populations actuelles.

Zones	Coordonnées		Superficie des zones	Nombre des buttes
	X	Y		
1	003°07'52''	11°26'52''	9,09 ha	6
2	003° 07'40''	11° 26'64''	10,81 ha	4
3	003°09'46''	11°25'48''	4,30 ha	?

Tableau 3: Localisation et description des différentes zones d'habitats



Figure 18 : Concentration des tessons de céramique et autres vestiges archéologiques dans la, première zone d'habitat.

2. l'organisation spatiale du site de réduction

Le site sidérurgique de Lolo présente une organisation spatiale très difficile à décrire et à interpréter. La disposition des amas de scories et l'emplacement des fourneaux varient d'une zone à l'autre et d'un secteur à l'autre. Nous n'avons pu mettre en évidence de régularité.

Effet, les objectifs fixés par cette étude paraissent très ambitieux pour une campagne archéologique de quatorze jours. L'étude, l'organisation spatiale s'est portée essentiellement sur les trois zones principales. Le choix de ces zones se justifie par l'importance numérique des structures de réduction et le volume des déchets métallurgiques. Les investigations que nous avons menées sur le terrain permettent d'apprécier l'ampleur de l'activité métallurgique et de dire que c'est dans ces zones que l'activité a été la plus importante.

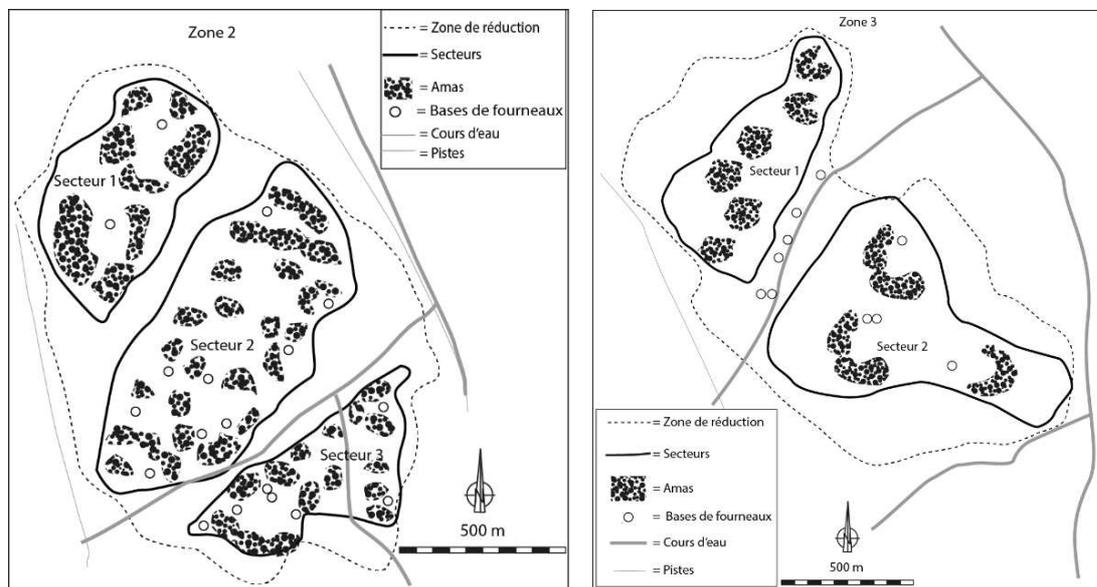
. Les amas de scories

Les amas sont une accumulation de déchets sidérurgiques formant une sorte de buttes dans les zones de réduction. Ils sont constitués de toutes sortes de scories, de fragments de tuyères et de parois de fours. Dans certains cas, le dépôt de ces déchets obéit à un certain ordre, dans d'autres cas, les déchets sont jetés en désordre (tableaux 4).

Les zones	Les secteurs	Organisation spatiale
2	1	Disposition des amas en arcs de cercles autour des fourneaux, les amas sont séparés par plusieurs voies d'accès aux structures de réduction
	2	Les amas disposés en lignes parallèles suivant un axe est-ouest, les amas disposés en cercles ou arcs de cercle, les fourneaux se trouvant au centre de ces espaces
	3	Les amas forment des arcs de cercles dont certains ont une ouverture à l'est, les structures de réduction sont positionnées à l'ouverture du cercle, les amas sont séparés par des voies de circulation
3	1	Les amas et les fourneaux sont alignés sur deux axes orientés nord-est/sud-ouest parallèles entre eux et parallèles au ruisseau, chaque amas présente en face de lui une structure de réduction
	2	Les amas disposés en arc de cercle, les fourneaux sont positionnés à l'ouverture de ce demi-cercle
4	1	Disposition des amas en une série 2 qui se font plus ou moins face avec au centre une structure de réduction
	2	Les amas sont positionnés en cercle, le four étant au milieu

Tableau 4: Les similitudes et les différences d'organisation spatiale des amas

. Les amas de la zone 2



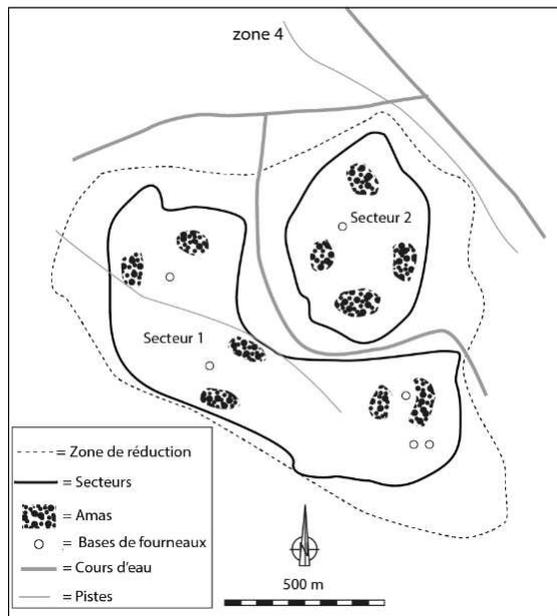


Figure 19, 20 et 21 : Disposition des amas et des bases de fourneau dans les zones 2, 3 et 4

La zone 2 présente une organisation spatiale très incohérente et variable selon le secteur et les amas. Chaque secteur est constitué de trois à quatre ensembles bien distincts par leur organisation (fig. 19)

Le secteur 1 se compose de 7 amas et 2 fourneaux qui se répartissent en deux ensembles. En voyant la figure, on peut dire que ces ensembles se composent de plusieurs amas (5 pour l'ensemble 1 et 3 pour l'ensemble 2) placés en cercle autour d'un four. Cette disposition permettait aux métallurgistes de disposer de plusieurs voies d'accès à la structure de réduction.

Le secteur 2 est constitué de 26 amas et 11 bases de fourneaux. Les amas situés au nord et au sud de ce secteur forment des lignes parallèles suivant un axe est-ouest. Les amas situés au centre forment des cercles ou arcs de cercle, les fourneaux se trouvant au centre de ces espaces. Parfois, aucun vestige de structure de réduction n'a été observé au centre de ces ensembles. Cette organisation est assez proche de celle identifiée dans le premier secteur. Les déchets se répartissent en quatre ensembles. Le premier ensemble situé au sud-ouest est constitué majoritairement de scories coulées internes argilo-sableuses. On observe un dépôt de tuyères sur les amas de cet ensemble. Le deuxième ensemble est situé au nord-est. Il est constitué à la fois de scories coulées externes et internes argilo-sableuses. Le troisième ensemble situé au nord est constitué de scories de fond de four et de scories coulées externes. Le quatrième ensemble, situé au nord-ouest, est constitué de scories de fond de four et de scories coulées externes.

Le secteur 3 se compose de 15 amas et de 6 bases de fourneaux répartis en deux ensembles. Le premier ensemble se compose de 6 amas qui forment deux arcs de cercle. Quatre fourneaux se trouvant au centre de ces espaces et un fourneau à l'extérieur du cercle d'amas. Le deuxième ensemble se compose de 3 amas situés au nord-est du premier ensemble. Ces amas forment un arc de cercle. Aucun vestige de structure de réduction n'a été observé au centre de cet ensemble. Les amas sont séparés par des voies de circulation permettant l'accès aux structures de réduction. Le troisième et le quatrième ensemble se composent de 6 amas et de 2 bases de fourneau. Ils sont séparés des deux premiers ensembles par un ruisseau. Chaque ensemble est composé de trois amas et d'une base de fourneau. Les amas forment un arc de cercle avec une ouverture à l'est. Les structures de réduction sont positionnées à l'ouverture du cercle. Les amas sont séparés par des voies de circulation permettant l'accès aux structures de réduction. L'organisation spatiale de ces ateliers est proche de celle identifiée dans les deux secteurs précédents.

. Les amas de la zone 3

Dans la zone 3, les deux secteurs sont séparés l'un de l'autre par un ruisseau. La zone 3 se compose de 13 amas et de 9 bases de fourneaux réparties à l'intérieur de ces deux secteurs. Chaque secteur présente une organisation spatiale assez particulière (Fig. 20).

Dans le secteur 1, les amas et les fourneaux sont alignés sur deux axes orientés nord-est/sud-ouest parallèles entre eux et parallèles au ruisseau orienté lui-même nord-est/sud-ouest. Chaque amas présente en face de lui une structure de réduction. La distance qui sépare les amas entre eux varie de 5 à 6 m. Le secteur 2 est constitué de trois ensembles. Chacun présente plusieurs amas disposés en arc de cercle. Le ou les fourneaux sont positionnés à l'ouverture de ce demi-cercle. L'orientation des ouvertures n'est pas identique : deux fois à l'est, une fois à l'ouest. Cette disposition est assez similaire au deuxième ensemble du secteur 3 de la zone 2.

. Les amas de la zone 4

La zone 4 comprend 2 secteurs. Le premier secteur, situé au nord-ouest de la zone, compte 6 amas et 4 bases de fourneaux réparties en trois ensembles bien distincts les uns des autres. Ces ensembles présentent une organisation spatiale bien structurée (Fig. 21). Chaque ensemble présente 2 amas qui se font plus ou moins face avec au centre une structure de réduction. A côté des 2 amas de l'ensemble le plus à l'est, nous avons identifié deux fours isolés. Nous ne savons pas s'il faut les rattacher à cet ensemble. Le secteur 2 se compose de 4 amas et d'une base de

fourneau. Les amas sont positionnés en cercle, le four étant au milieu des zones de déchets. Cette répartition ressemble à celle qui a été observée dans le secteur 1 de la zone 2.

Nous avons à travers cette étude distingué plusieurs types d'organisations spatiales des ateliers localisés dans les différentes zones. Dans le cas de la disposition des amas en cercles ou en arcs de cercles, les structures de réduction sont soit placées au centre des espaces soit aux ouvertures des demi-cercles. Les déchets métallurgiques associés à ce type d'organisation des ateliers sont généralement les scories coulées internes argilo-sableuses et les fonds de four.

Dans le cas d'une disposition des ateliers en lignes parallèles, les structures de réduction et les amas sont soit parallèles entre eux, soit les structures de réduction sont placées entre deux lignes d'amas. Les déchets associés à cette disposition des ateliers sont soit des scories coulées externes avec des fonds de four, soit des scories coulées externes avec de rares scories internes argilo-sableuses.

Le troisième type d'organisation des ateliers consiste en 2 amas qui se font plus ou moins face avec au centre une structure de réduction. Dans ce type d'organisation spatiale, les scories dominantes sont ceux coulées externes. En y réfléchissant, les différentes organisations des ateliers, on peut envisager que cette diversité pourrait être un signe de l'intensité de la production métallurgique. Toutefois, ces données sont à réexaminer et à comparer avec le volume et les types de scories trouvés pour chacune de ces organisations spatiales.

En effet, même si cette étude a permis distinguer trois types d'organisation, elle n'a pas été menée sur toutes les zones. Il est donc souhaitable qu'elle soit étendue à l'ensemble du site. Cette étude est nécessaire pour une meilleure compréhension de la particularité de chaque type d'organisation des ateliers.

3. LES FOURNEAUX

Compte tenu de l'état de conservation médiocre des fourneaux, il est impossible d'identifier la morphologie générale de ces structures. De plus, aucune fouille n'a été réalisée dans le cadre de ce travail pour comprendre leur système de fonctionnement. Ce faisant, cette partie consacrée aux fourneaux est un inventaire visant à connaître les dimensions et les épaisseurs des parties visibles et conservées des fourneaux. Ce qui est intéressant dans cette partie, c'est de discuter du rapport éventuel entre les types de fourneaux et les types d'organisations spatiales décrits plus haut.

Ainsi, les investigations archéologiques menées sur le terrain nous ont permis de localiser 48 bases de fourneaux réparties dans différentes zones. Ces fourneaux ont des diamètres et des épaisseurs de parois très variables. L'inventaire des dimensions de ces structures sont rassemblées dans le tableau ci-dessous.

N° de fourneau	Localisation		Diamètre intérieur	Diamètre extérieur	Epaisseur de parois
	Zone	Secteur			
1	Zone 1	Secteur 1	116 cm	128cm	12 cm
2	Zone 1	Secteur 2	?	?	?
3	Zone 1	Secteur 3	90 cm	100 cm	10 cm
4	Zone 1	Secteur 3	?	?	?
5	Zone 1	Secteur 3	144 cm	153 cm	09 cm
6	Zone 2	Secteur 1	?	?	?
7	Zone 2	Secteur 1	112 cm	130 cm	18 cm
8	Zone 2	Secteur 2	80 cm	103 cm	23 cm
9	Zone 2	Secteur 2	?	?	?
10	Zone 2	Secteur 2	156 cm	184 cm	28 cm
11	Zone 2	Secteur 2	?	?	?
12	Zone 2	Secteur 2	89 cm	110 cm	21 cm
13	Zone 2	Secteur 2	97 cm	117 cm	20 cm
14	Zone 2	Secteur 2	?	?	?
15	Zone 2	Secteur 2	88 cm	102 cm	14 cm
16	Zone 2	Secteur 3	133 cm	150 cm	17 cm
17	Zone 2	Secteur 3	113 cm	132 cm	19 cm
18	Zone 2	Secteur 3	80 cm	102 cm	22 cm
19	Zone 2	Secteur 3	?	?	?
20	Zone 2	Secteur 3	?	?	?
21	Zone 2	Secteur 3	?	?	?
22	Zone 2	Secteur 2	?	?	?
23	Zone 3	Secteur 1	?	?	?
24	Zone 3	Secteur 1	?	?	?
25	Zone 3	Secteur 1	77 cm	94 cm	17 cm
26	Zone 3	Secteur 1	70 cm	95 cm	15 cm
27	Zone 3	Secteur 1	70 cm	84 cm	14 cm
28	Zone 3	Secteur 1	153 cm	176 cm	23 cm
29	Zone 3	Secteur 2	172 cm	198 cm	26cm
30	Zone 3	Secteur 2	?	?	?
31	Zone 3	Secteur 2	165 cm	190 cm	25 cm
32	Zone 4	Secteur 1	112 cm	143 cm	31 cm
33	Zone 4	Secteur 1	?	?	?
34	Zone 4	Secteur 1	?	?	?
35	Zone 4	Secteur 2	?	?	?
36	Zone 4	Secteur 1	?	?	?
37	Zone 4	Secteur 1	?	?	?
38	Zone 7	Secteur 1	?	?	?
39	Zone 7	Secteur 2	?	?	?
40	Zone 7	Secteur 2	?	?	?
41	Isolé	Isolé	82 cm	101 cm	21 cm
42	Isolé	Isolé	79 cm	102 cm	23 cm
43	Isolé	Isolé	?	?	?
44	Zone 6	Secteur 1	?	?	?
45	Zone 6	Secteur 1	?	?	?

46	Zones 6	Secteur 2	86 cm	112 cm	26 cm
47	Zone 6	Secteur 2	97 cm	114 cm	17 cm
48	Zone 6	Secteur 2	130 cm	148 cm	18 cm

Tableau 5: Inventaire et dimension des fourneaux du site

. Le type de fourneaux

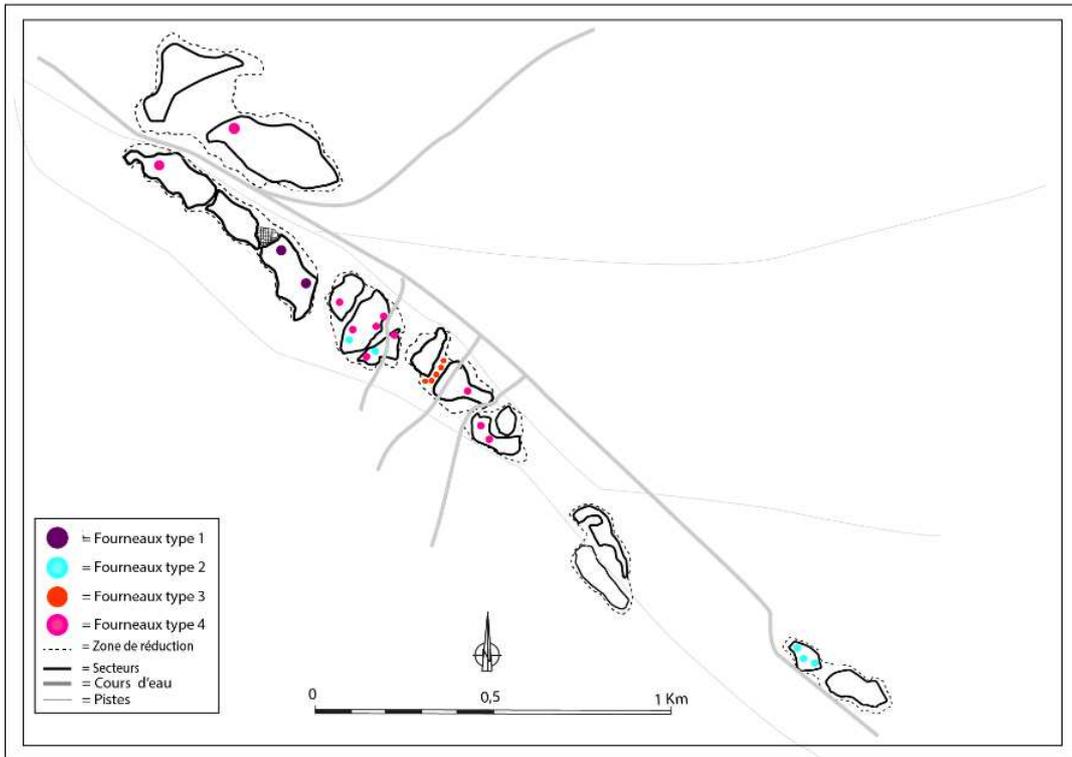


Figure 22 : Répartition de type des structures sur le site

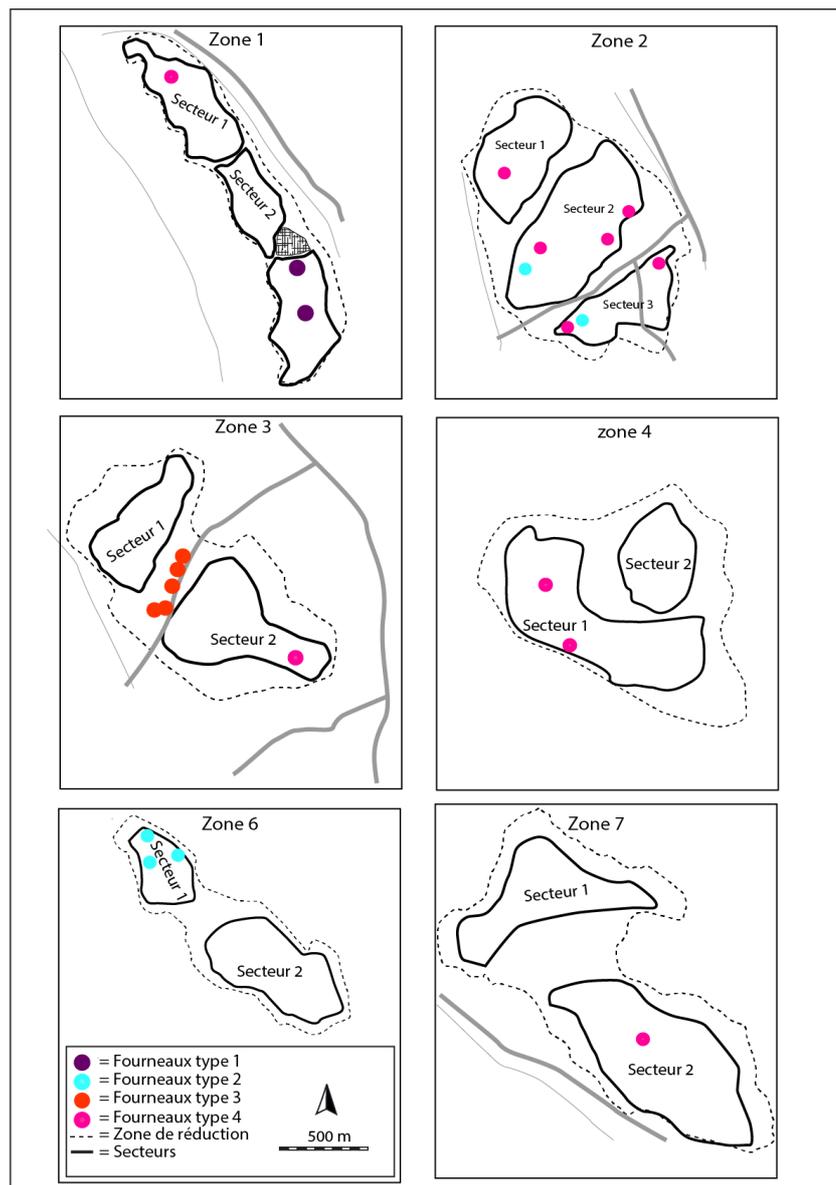


Figure 23: Répartition de type des structures dans les différentes zones

Une des caractéristiques communes à tous les fours, c'est qu'ils ont été construits en argile. Ils sont également tous circulaires, mais leurs diamètres et épaisseurs varient. Hétérogènes dans leurs dimensions et leur morphologie on observe sur les parois de certains fourneaux une variété de matières premières (type d'argile employé, nature des dégraissants...) ayant servi à leur construction. L'observation attentive des parois nous a permis de distinguer quatre techniques de construction. Cette distinction est basée sur les critères suivants :

Les matières premières utilisées pour la construction des fourneaux ;

Leurs dimensions ;

Les traces de rechapage, de modelage et de crépissage des parois ;

Les modalités d'installation des structures de réduction.

En tenant compte de ces quatre critères, nous avons identifié quatre types de construction de fourneau qu'il importe de décrire (Fig. 22 et 23). La description de ces fourneaux est accompagnée d'un dessin. Le dessin a été exécuté à l'échelle de 30 cm dont les normes et la légende sont uniformisées (Fig. 24).

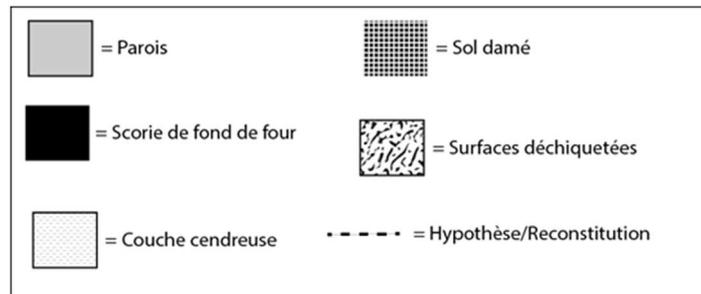


Figure 24 : Légende commune au dessin des bases de fourneaux

. Le premier type de construction

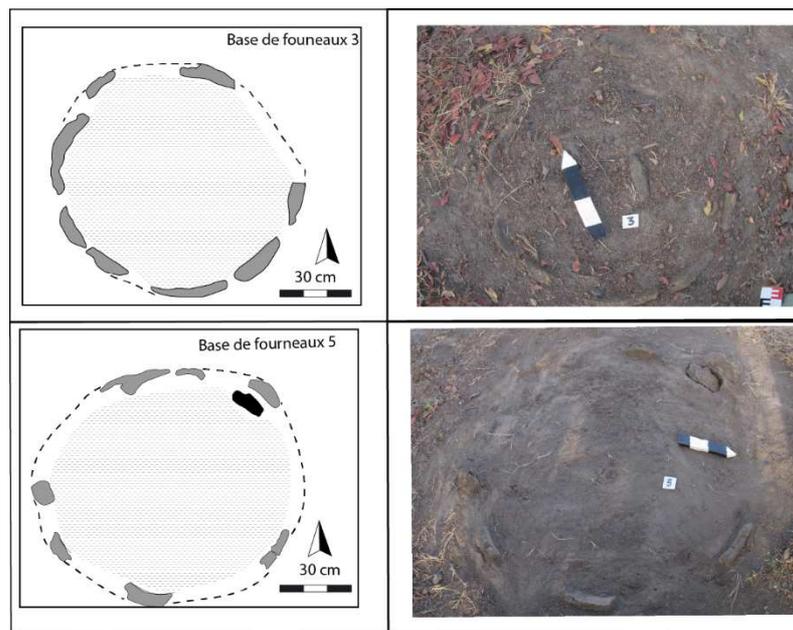


Figure 25 : Bases de fourneau de la première technique de construction

Le premier type de construction identifié se caractérise par des fourneaux aux parois relativement fines (9 à 10cm d'épaisseur). Ils présentent une cuve circulaire semi-enterrée. Leurs diamètres intérieurs varient entre 90 et 143 cm et les diamètres extérieurs varient entre 100 et 152 cm. Le matériau utilisé pour la construction est une argile fine de couleur rose. Les parois sont constituées d'une seule couche (Fig. 25). Elles sont modelées et polies à l'intérieur et à

l'extérieur. On observe une couche cendreuse rubéfiée dans la cuve et l'impact thermique sur les parois. Cette technique de construction est essentiellement localisée dans la première zone.

. Le deuxième type de construction

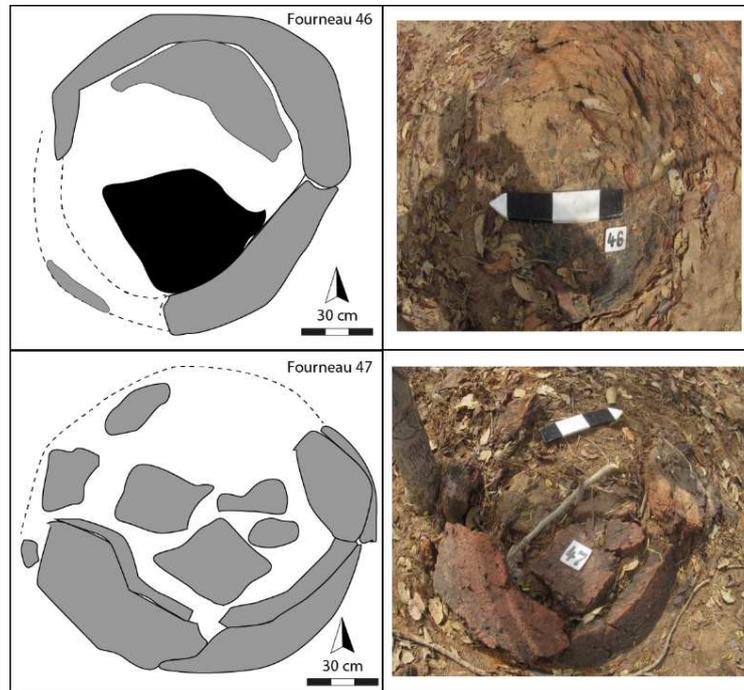


Figure 26 : Bases de fourneaux de la deuxième technique

Dans le deuxième type de construction, à part l'épaisseur des parois, il n'y a pas une grande différence avec le premier type. Toutefois, l'observation attentive des bases de fourneaux montre que ces structures présentent un plan circulaire (Fig. 26). Leur taille moyenne est comprise entre 80 et 116 cm de diamètre intérieur et entre 102 et 182 cm de diamètre extérieur. Les parois de ce type de construction sont épaisses (entre 12 et 17 cm d'épaisseur). On constate dans ce type de construction une régularité de la forme des bases.

L'argile ayant servi à la construction de ces fourneaux est plutôt brune ou rougeâtre. Les empreintes des végétaux sont remarquables sur les parois. Les parties extérieures des parois sont entièrement modelées et crépies. Les parties intérieures sont marquées par l'impact thermique et présentent une couleur sombre. La cuve est remplie de sédiment cendreux sombre. Dans quelques-uns de ces fourneaux, on observe une masse de scorie formée dans la cuve. Ce type structure est caractéristique de la zone 6.

. Le troisième type de construction

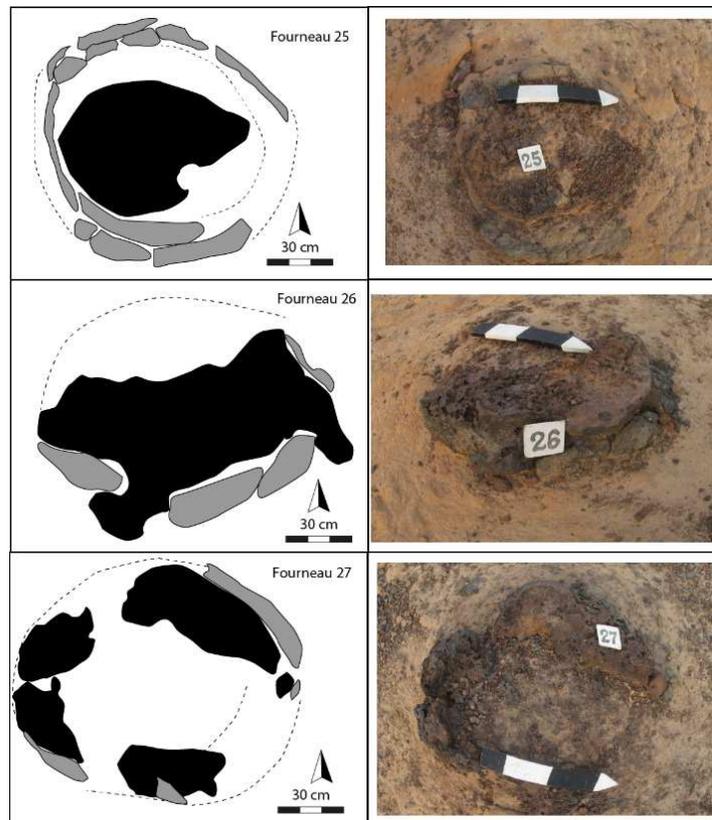


Figure 27 : Bases de fourneaux de la troisième technique de construction

Le type 3 est celui des fourneaux avec les parois d'épaisseur moyenne plus ou moins présentant une couche de rechapage. Les fourneaux de ce type sont nettement différents des autres par leurs dimensions très petites (70 à 79 cm pour les diamètres intérieur et 83 à 98 cm pour les diamètres extérieurs) et la présence d'une scorie de fond de four dans la cuve (Fig. :27). Ils présentent une section horizontale circulaire.

Quant aux matières premières, ils sont construits avec de l'argile noire fine et plastique. On observe sur les parois des empreintes d'herbes mélangées. Cette technique de construction est localisée dans la troisième zone. Cependant, 4 fourneaux isolés de même type ont été localisés au nord-est de cette zone sur la rive est du cours d'eau Idokoï, à 500 m environ. Ces fourneaux présentent les mêmes caractéristiques que ceux de la zone 3, mais sans une masse de scories formée dans la cuve.

. Le quatrième type de construction

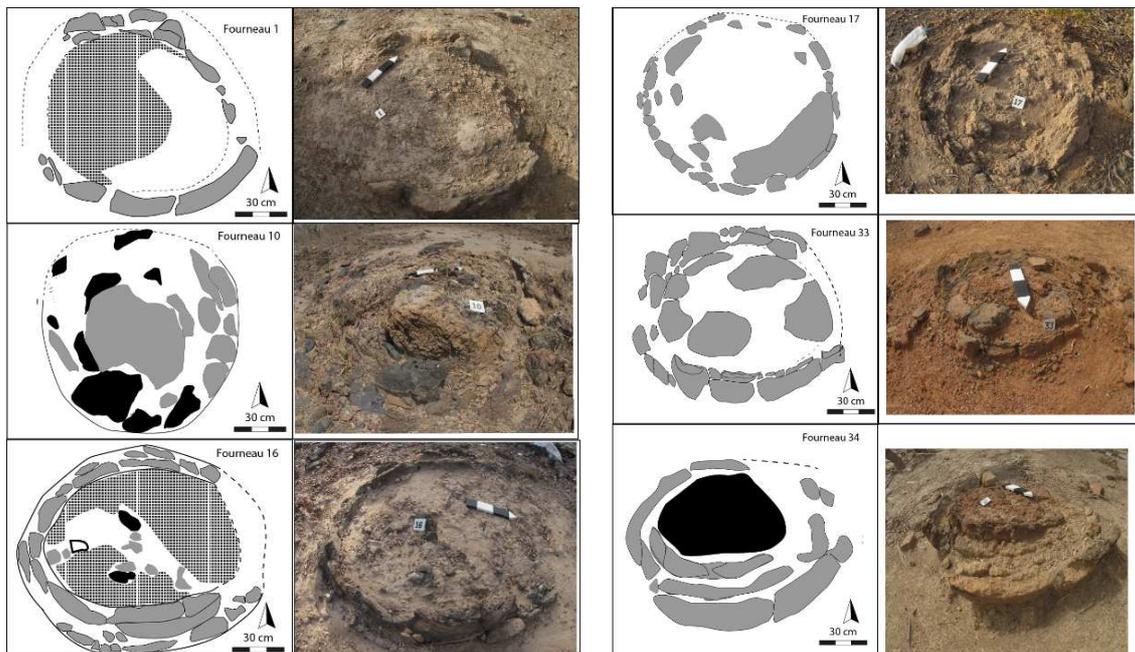


Figure 28 et 29 : Bases de fourneaux de la quatrième technique de construction

La quatrième technique identifiée est celle des fourneaux qui ont des bases très larges (102 -172 cm à l'intérieur, 130-193 cm à l'extérieur). Ils sont également remarquables par l'épaisseur de leurs parois (14 – 31 cm). Les bases présentent une section circulaire ou ovale. Le matériau utilisé pour la construction de ces structures est de l'argile de couleur plus ou moins jaunâtre. Cette argile a probablement été extraite d'une termitière. Elle est grossière et contient beaucoup de grains de sable. L'extérieur des parois est couvert d'une ou plusieurs couches de rechapages d'épaisseurs variables (Fig.28). La présence de rechapages montre que ces fourneaux ont servi à plusieurs opérations de réduction. On observe dans la partie intérieure quelques traces de crépissage avec une argile de même couleur mais plus fine. L'impact thermique est aussi remarquable dans la partie intérieure des fourneaux. Une masse de scorie oxydée est présente dans la cuve de quelques-unes de ces structures (Fig.29 fourneau 34). Les fourneaux de ce type de construction sont surtout identifiés dans la zone 2 et le deuxième secteur de la zone 3. Un fourneau de cette technique de construction a été identifié dans la zone 4. Il s'agit de celui qui comporte une scorie dans la cuve. La destruction de ces fourneaux serait liée aux phénomènes naturels et surtout anthropiques. Cette zone est en effet menacée de destruction par les populations actuelles qui ramassent des scories qu'elles utilisent dans la construction des fondations des maisons.

Dans le cas des structures de réduction de type 1 et 4, les amas sont disposés en cercles ou en arcs de cercle (tableau 5). Aucun type de déchet métallurgique spécifique ne correspond à ce type d'organisation spatiale. Cependant, les déchets métallurgiques associés aux structures de réduction de type 1 sont constitués majoritairement des scories argilo-sableuses et le fond de four. Aucun types des déchets spécifique n'est associé aux structures de réduction de type 4.

Dans le cas des structures de réduction de type 3, les ateliers sont alignés sur deux axes orientés nord-est/sud-ouest. Les déchets métallurgiques à ces structures de réduction et cette organisation spatiale sont constitués majoritairement des scories coulées externes. Aucune étude n'a été faite sur la zone 6 pour mettre en évidence l'organisation spatiale correspondant aux structures de réduction de type 2. Une observation faite sur cette zone montre que les déchets métallurgiques associés aux structures de réduction de type 2 sont les scories coulées externes en gros blocs.

Localisation		Type d'organisation	Caractéristiques des déchets	Type de fourneaux
Zone 2	Secteur 1	Amas en cercles et les structures de réduction au centre des espaces	Scories coulées internes et externes	Type 4
	Secteur 2	Amas au nord et au sud en en lignes parallèles et les structures de réduction aux extrémités Amas au centre en cercles ou de arcs des cercles et les structure au centre des espaces.	Scories coulées internes argilo-sableuses, fonds de four et scories coulées externes répartis en quatre ensembles.	Type 4 et type 2
	Secteur 3	Amas en arcs de cercle, les structures des réductions sont soit au centre des espaces soit aux ouvertures des demi-cercles.	Scories internes argilo-sableuses et scories coulées externes dominantes	Type 4 et type 2
Zone 3	Secteur 1	Amas et structures de réduction alignées en deux axes parallèles entre eux et avec le ruisseau	Scories internes argilo-sableuses dominées par les coulées externes	Type 3
	Secteur 2	Amas en arcs de cercle, structures de réduction à l'ouverture des demi-cercles	Scories coulées internes argilo-sableuses majoritaires	Type 4
Zone 4	Secteur 1	Deux amas face à face avec une structure de réduction au centre	Scories coulées externes majoritaires	Type 4
	Secteur 2	Amas en arcs de cercles, les structure de réduction au centre des espaces	Scories argilo-sableuses majoritaires	?

Tableau 6: Type d'organisations spatiales et caractéristiques des déchets et des structures de réduction

4. la production sidérurgique

. Essai d'évaluation de l'étendue du site de lolo

L'évaluation de l'étendue du site métallurgique de Lolo est l'un des objectifs fixés dans le cadre de cette recherche. Ce travail vise à apprécier l'ampleur de la production métallurgique afin de le situer dans le contexte de la production du fer dans le nord et au Bénin en général. Nous avons décrit plus haut la méthode adoptée pour évaluer l'étendue des zones et celle du site. Nous résumons dans le tableau suivant l'étendue des différentes zones d'activité.

Zones	Etendue	
	m ²	ha
Zones d'extraction	33575	3,35
Zones de réduction	393280	39,328
Zone de forge	191	0,019
Zones d'habitat	242090	20,240
Site sidérurgique	197200	197,23

Tableau 7: L'étendue des différentes zones d'activité

.La quantification de la production métallurgique

L'évaluation de la quantité de déchets métallurgiques est une donnée qui permet de réfléchir à l'intensité de la production ainsi qu'à son impact économique et écologique (V. Serneels 2014 :77). La quantification est donc un mécanisme par lequel on calcule le volume des amas que l'on pondère en fonction de la proportion des déchets métallurgiques rejetés au cours de la réduction. Cette démarche a pour but d'évaluer la quantité des déchets métallurgique produits au cours de la réduction, tandis que le cubage a pour but de connaître le poids des différents types de scorie dans un volume connu, connaître la proportion des différents type de déchets au sein des amas de scories. Grâce à l'application de la méthode de quantification évoquée dans la partie méthodologie, nous avons quantifié les déchets métallurgiques du site Lolo.

Ainsi, par exemple, l'amas 12 (Fig. 30) localisé dans le secteur 2 de la zone 3 a une forme à peu près circulaire à la base et mesure 10 mètres de diamètre et 0,90 mètres de hauteur. Sachant que la valeur de π est égale à 3,14, nous avons évalué son volume en appliquant la première formule ci-dessous:

$$V = \left(\frac{10^2}{8} + \frac{0,90^2}{6} \right) 3,14 \times 0,90$$

$$\left(\frac{100}{8} + \frac{1,80}{6} \right) 3,14 \times 0,90$$

$$(12,50 + 0,3) 3,14 \times 0,90$$

$$12,80 \times 2,82 = 36,09 \text{ m}^3$$

$$\boxed{V = 36,09 \text{ m}^3}$$

L'amas 12, localisé dans le secteur 2 de la zone 3 mesure 32 m de diamètre de longueur (d_1) et 8 m de diamètre de largeur (d_2) (Fig.31). Pour évaluer le volume de cet amas, nous avons utilisé la formule ci-dessous.

$$dm = \frac{32 - 8}{2} = 12$$

$$\boxed{Dm = 12 \text{ m}^3}$$

De la même manière, nous avons procédé à la quantification de cinq secteurs répartis dans les trois zones principales. Les tableaux ci-dessous rendent compte de la quantité de scories.

Par conséquent, il faut noter que cette démarche donne une valeur approximative du volume des amas. L'emploi de ces formules pour évaluer les déchets métallurgiques peut se traduire par quelques erreurs pouvant aller jusqu'à 30% voire plus suivant la forme d'un amas.

En effet, certains amas de scories ne présentent aucune forme géométrique donnée. C'est pourquoi il est difficile d'estimer avec précision le volume exact d'un amas. Toutefois, cette démarche nous permet quand même d'avoir une idée sur la quantité de déchets produits.

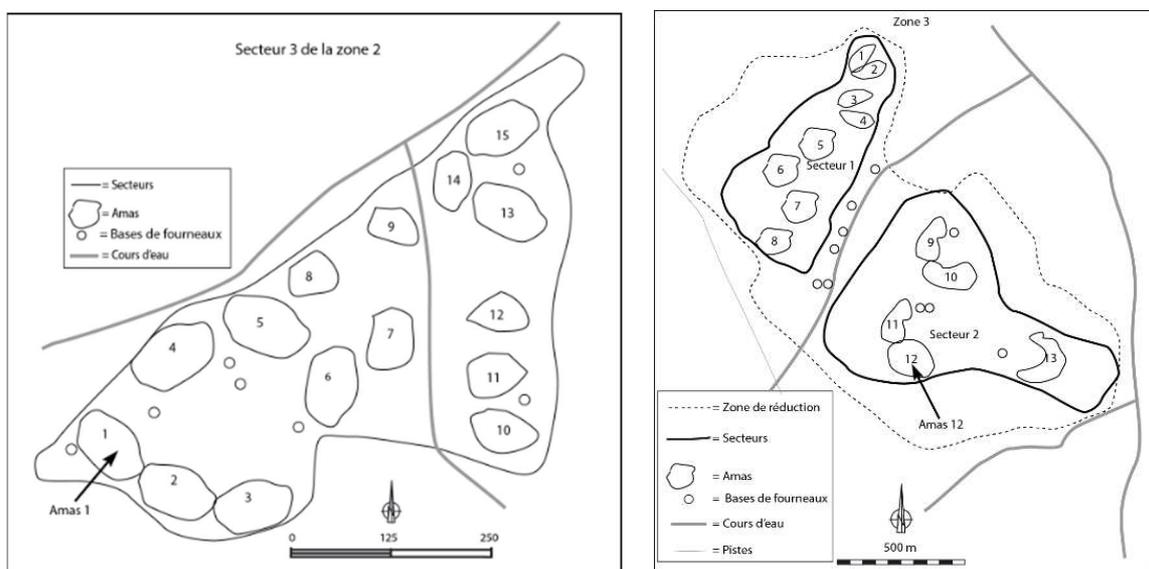


Figure 30 et 31: Localisation des amas 1 et 12

		Zone 2		
secteur	Amas	Diamètre	Hauteur	Tonnage
3	1	31 - 8		12
3	2	12 - 4		4
3	3	14 - 6		4
3	4	11 - 8,2	0,97	54,05
3	5	8,6	0,88	25,92
3	6	0,6	6	0,85
3	7	3,28	0,57	2,7
3	8	2,12	0,3	0,6
3	9	3,74	0,48	2,85
3	10		0,86	35,64
3	11	9,32	0,77	26,75
3	12	13,36	1,8	129,78
3	13	3,4	0,75	6,9
3	14	2,7	0,6	2,08
3	15	10,9	0,9	42,72
Total				350,84

Tableau 8: Quantité des déchets métallurgiques du secteur 3, zone 2

		Zone 3		
Secteur	Amas	Diamètre (m)	Hauteur (m)	Tonnage
1	1	8,53	0,6	18,4
1	2	9,83	0,9	36,99
1	3	6	0,4	6,2
1	4	12,28	1	65,43
1	5	8,27	0,8	23,76
1	6	19,16	1,54	224,06
1	7	7	0,63	13,49
1	8	9	1	32,71
2	9	30,4	2	1043,6
2	10	13	1,28	86,37
2	11	11	0,9	45,05
2	12	10	0,90	36,09
2	13	10	1,2	48,5
Total				1680,05

Tableau 9: Quantité des déchets métallurgiques de la zone 3

		Zone 4		
Secteur	Amas	Diamètres	Hauteur	Tonnage
1	1	13,28	1,6	115,4
1	2	3,4	0,52	2,41
1	3	7	0,96	19,38
1	4	6	0,9	16,35
1	5	11	1,6	78,46
1	6	9	1,4	46,44
2	7	8	1,3	34
2	8	11	1	35,95
2	9	6	0,75	2,86
Total				362,4

Tableau 10: Quantité des déchets métallurgiques de la zone 4

Zones	Secteurs	Tonnage
2	3	350,84
3	1	421,04
3	2	1259,61
4	1	278,44
4	2	72,81
Total		2582,74

Tableau 11: Tonnage par zones et secteurs

Les amas secteur 3 de la zone 2 représentent 7,5% de l'ensemble des amas de la zone. En termes de volume, ces amas ne représentent pas le tiers de ceux des deux premiers secteurs. Le tonnage du secteur 3 est de l'ordre de 350,84 tonnes.

Les amas de la zone 3 représentent 6,5% l'ensemble des amas du site. Ces amas sont plus volumineux que ceux des autres zones. Leur état de conservation est assez bien que ceux de la zone 2. Les amas premier secteur sont évalués à 421,04 tonnes et ceux du deuxième secteur sont évalués 1259,61 tonnes. Le volume des déchets de cette zone est d'ordre de 1680,05 tonnes.

Dans la zone 4, le volume des amas du premier secteur sont évalués à 278,44 tonnes et ceux du deuxième secteur sont évalués à 72,81 tonnes. Le volume des déchets de cette zone est d'ordre de 362,4 tonnes. Les amas de la zone 4 représentent 5% de l'ensemble des amas du site. Suivant cette logique, on peut déduire que le volume des amas étudiés s'élève à 2415,34 tonnes. Ce chiffre est considérable, mais il est inférieur à la réalité puisque dans ce secteur la dégradation naturelle et anthropique est importante.

. Le cubage

Pour connaître la masse de scories produites sur le site, il faut estimer la proportion des différents types de déchets contenus dans un mètre cube. Pour cela, deux cubages ont été implantés dans les zones 2 et 3 (Fig. 32 et 33). Le premier cubage a été positionné dans le secteur 2 de la zone 2, alors que le deuxième l'a été dans le premier secteur de la zone 3. Les tableaux ci-dessous résument la proportion des différents types de vestiges.

Cubage 1 zone 2 secteur 2							
N° de seau	Poids de seau	Scories coulées externes	Scories argilo-sableuses	Scories oxydées	Scories internes grises denses	Tuyères	Profondeur (cm)
001	17,20	4,70	7,80	1,30	0,00	2,25	0-10
002	15,80	1,60	6,30	2,70	3,25	2,00	
003	16,75	3,40	6,20	2,25	2,00	2,15	
004	16,70	2,60	6,50	1,50	3,40	1,25	
005	14,22	4,60	3,40	2,75	0,00	2,50	
006	17,20	2,20	7,00	1,80	0,00	2,75	
007	17,70	2,45	8,30	0,90	0,00	2,80	
008	15,18	1,75	3,00	2,00	0,00	6,00	
009	14,32	2,00	3,70	0,80	0,00	3,00	
010	13,90	1,90	3,80	0,90	0,00	2,00	
011	14,85	3,00	5,00	0,00	0,00	3,20	
012	17,15	2,80	4,70	1,80	6,50	1,60	
013	17,50	4,60	5,25	1,80	0,00	5,00	
014	18,00	3,70	6,80	1,20	0,00	5,40	
015	17,70	2,60	5,80	1,50	0,00	3,70	
016	17,75	4,25	5,60	1,50	0,00	3,50	
017	18,00	2,50	4,70	2,50	0,00	3,80	
018	16,75	4,00	3,20	3,80	0,00	4,00	
019	3,50	4,60	2,00	0,00	0,00	3,10	
020	1,80	6,30	1,00	0,00	0,00	4,00	
021	3,70	4,30	1,90	2,60	0,00	2,60	
022	2,40	4,30	1,80	0,00	0,00	0,00	
023	15,00	2,00	5,40	1,20	2,40	2,80	
024	16,80	2,60	4,70	1,30	0,00	3,70	
025	17,60	2,56	4,50	1,20	0,00	2,70	
026	16,80	2,50	4,30	1,35	0,00	2,60	
027	17,90	3,00	4,00	0,80	1,90	2,80	
028	17,50	2,80	6,00	1,40	0,00	2,00	
029	17,20	3,00	4,00	1,80	1,70	2,00	
030	17,60	4,60	3,40	1,20	0,00	2,50	
031	17,00	3,00	3,80	1,90	0,00	2,00	
032	17,50	3,40	4,30	1,40	0,00	2,00	

033	17,40	3,40	5,00	1,20	0,00	2,00	
034	18,00	2,40	4,30	1,80	0,00	3,70	40-50
035	15,40	3,20	3,40	0,00	0,00	4,00	
036	17,60	5,20	4,00	1,20	0,00	2,00	
037	17,50	3,00	4,10	1,20	1,00	2,30	
038	15,50	2,49	6,80	1,50	0,00	2,20	
039	15,70	2,30	6,50	1,80	0,00	1,70	
040	16,00	3,70	5,00	1,00	1,00	2,00	
041	14,20	3,50	6,30	2,30	0,00	1,80	
042	16,00	2,30	6,00	2,00	0,00	2,60	
043	16,40	5,00	4,80	1,20	0,00	1,70	
044	16,60	3,90	5,00	1,40	0,00	3,20	
045	15,20	1,80	6,00	0,90	0,00	1,50	
046	16,50	2,30	7,50	1,00	0,00	2,50	
047	16,60	1,20	7,80	0,80	0,00	1,80	
048	16,20	2,80	7,50	0,00	0,00	1,50	
049	15,80	2,00	4,70	1,30	0,00	3,70	50-60
050	16,80	2,60	4,50	1,20	0,00	3,80	
051	15,40	3,00	6,00	0,00	0,00	2,50	
005	17,00	6,20	4,00	2,50	0,00	3,00	
053	13,50	2,00	5,00	0,00	0,00	2,50	
054	17,00	2,40	3,00	0,00	0,00	3,50	
055	16,50	3,50	3,00	1,50	0,00	3,54	
056	17,00	4,32	1,50	1,00	2,00	4,51	
057	16,00	3,53	5,00	2,20	0,00	4,00	
058	15,80	2,00	7,00	0,83	0,00	3,00	
059	15,50	4,00	3,00	1,00	0,00	5,50	
060	16,50	4,30	3,00	1,80	0,00	4,00	
061	15,50	3,50	6,51	1,00	0,00	2,52	
062	16,00	3,50	5,00	2,40	0,00	2,90	
063	17,00	5,00	6,50	1,50	0,00	2,00	
064	16,70	3,60	5,00	2,20	0,00	4,00	
065	16,00	3,50	5,30	1,00	0,00	2,00	60-70
066	17,20	5,00	6,50	1,50	0,00	2,00	
067	16,70	6,00	4,00	1,80	0,00	3,50	
068	16,80	2,60	3,50	1,00	0,00	3,90	
069	17,00	3,00	8,00	1,50	1,50	3,00	
070	16,00	2,00	3,00	1,00	0,00	3,00	
071	16,00	1,50	3,60	1,00	0,00	5,00	
072	16,20	2,30	6,00	0,00	0,00	3,00	
073	13,00	1,30	3,00	0,00	0,00	2,00	
074	16,50	3,00	6,00	0,00	0,00	2,00	
075	16,00	2,20	6,50	0,00	0,00	3,00	
076	17,00	2,40	6,70	0,00	0,00	4,00	
077	16,00	2,00	2,00	1,00	5,00	2,60	
078	16,30	4,80	5,00	1,20	0,00	1,70	70-80
079	16,50	2,50	4,00	1,00	0,00	3,00	
080	16,40	2,00	4,00	1,00	0,00	2,75	

081	16,00	1,50	7,00	1,25	0,00	2,00	70-80
082	17,30	2,00	3,00	0,00	1,10	0,80	
083	14,00	2,00	5,00	0,00	0,00	0,90	
084	17,00	4,00	2,70	6,50	0,00	2,00	
085	17,00	1,50	7,00	0,00	0,00	1,00	
086	16,20	2,00	6,00	0,00	0,00	1,20	
087	16,40	3,20	4,70	0,80	0,00	0,90	
088	16,00	2,40	5,20	0,00	0,00	2,00	
089	15,70	1,50	4,00	0,85	0,00	2,00	
090	13,20	1,00	3,00	0,00	0,00	4,00	
091	16,50	2,00	2,40	0,00	0,00	5,00	80-90
092	17,00	2,00	6,00	0,85	0,00	3,00	
093	17,00	2,70	4,40	0,00	0,00	2,00	
094	17,40	0,95	6,00	0,00	5,20	2,00	
095	16,00	2,90	3,40	0,80	0,00	12,20	
096	16,25	3,00	5,10	0,00	0,00	3,20	
097	16,00	2,80	4,60	1,00	0,00	2,30	
098	15,75	3,10	5,00	1,75	0,00	2,00	
099	16,20	2,00	3,60	0,00	0,00	1,50	
100	17,00	3,00	4,70	1,25	0,00	2,30	
101	17,20	2,60	4,25	1,50	0,00	3,70	90-100
102	17,00	4,25	5,60	1,50	0,00	3,50	
103	17,00	3,50	3,00	0,00	7,00	2,00	
104	16,20	2,00	6,00	0,00	0,00	1,20	
105	16,50	2,30	5,70	1,00	0,00	2,50	
106	16,60	1,20	4,00	0,80	3,00	1,80	
108	16,00	4,00	4,80	1,20	0,00	2,00	
109	14,00	3,90	4,00	1,40	0,00	3,20	
110	13,20	2,00	2,80	0,00	0,00	3,30	
111	13,60	2,50	2,00	0,00	0,00	4,00	
112	12,00	2,00	1,90	0,00	0,00	3,80	
113	10,00	1,00	1,00	0,00	0,00	3,00	
Total brut	1760,57	330,45	525,81	122,33	47,95	315,92	
Total réel	1675,82	245,70	441,06	100,58	35,95	231,17	

Tableau 12: Cubage 1, évaluation de la proportion des déchets métallurgiques

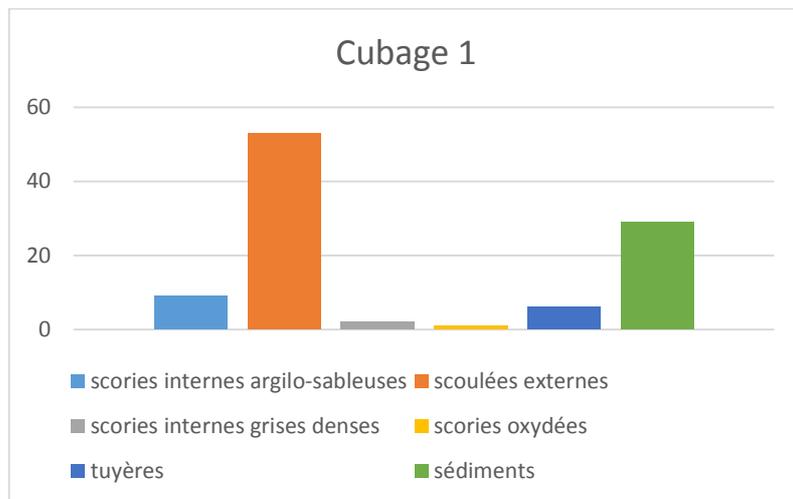
Tare du seau = 0.75

Total brut = tare du seau + masse des déchets

Total réel = masse totale brute des déchets – total des tares

Le cubage 1 a permis de constater macroscopiquement que pour cet amas la catégorie de scories la mieux représentée est celle des scories internes argilo-sableuses (26%) mais avec une bonne proportion de scories coulées externes (15%). La présence de scories oxydées est notable

(6%) et les scories internes grises denses sont très peu représentées (2%). Il faut noter que parmi les déchets métallurgiques recensés dans cet amas, les tuyères ou les fragments de tuyères représentent 14%. Dans ce cubage, les sédiments ont une proportion plus élevée que les autres vestiges métallurgiques (37%). Ces sédiments proviennent sans doute d'écrasement de fragments de tuyères déposés sur les amas de scories. L'absence de parois de fourneaux sur les amas est peut-être un signe indiquant que les fourneaux ne sont pas détruits après une opération de réduction. Ils étaient probablement réemployés tels quels pour plusieurs opérations de réduction.



Graphique1 : Représentation graphique des déchets du cubage réalisé dans le secteur 2 de la zone 2



Figure 32: Cubage réalisé sur l'amas de la zone 4

Cubage 2, zone 3, secteur 1							
N° du sceau	Poids du sceau	Scories coulées externes	Scories argilo-sableuses	Scories oxydées	Scories internes grises denses	Tuyère	Profondeur (cm)
001	18,00	13,00	1,00	0,00	2,70	0,80	0-10
002	17,00	13,00	1,50	0,80	0,00	1,50	
003	16,40	10,00	1,30	1,10	0,00	1,00	
004	17,50	13,00	2,00	0,80	0,00	0,80	
005	16,70	12,00	2,70	1,00	0,00	0,80	
006	17,00	9,60	3,50	0,80	0,00	0,80	
007	16,00	12,70	0,80	0,00	0,00	0,80	
008	17,50	12,50	1,00	0,00	0,00	0,00	
009	18,00	11,30	1,40	1,00	2,00	0,80	
010	17,00	11,40	1,10	0,00	0,00	0,80	
011	17,80	13,00	1,00	0,80	0,00	0,85	
012	16,00	12,00	1,40	1,00	0,00	0,83	10-20
013	16,00	11,00	1,00	0,00	0,00	0,78	
014	17,60	9,50	1,40	0,00	4,00	0,76	
015	14,60	10,00	2,40	0,00	1,60	0,00	
016	15,60	12,00	2,60	0,00	0,00	0,00	
017	17,00	9,80	1,40	0,00	5,00	0,00	
018	17,00	10,00	0,00	0,00	0,00	0,78	
019	17,40	9,60	2,00	0,00	0,00	0,00	
020	16,50	10,80	2,30	0,00	0,00	0,00	
021	17,25	13,70	1,20	0,00	0,00	0,00	
022	15,00	10,10	1,70	0,00	0,00	0,00	
023	16,20	11,50	1,40	0,00	0,00	0,00	20-30
024	17,75	7,80	2,00	0,00	0,00	0,20	
025	17,00	6,00	3,00	2,00	0,00	0,00	
026	16,80	5,00	3,00	1,70	0,00	0,00	
027	16,50	10,20	1,40	1,30	0,00	0,00	
028	16,33	10,20	3,70	2,50	0,00	0,00	
029	16,36	9,21	2,50	0,80	0,00	0,00	
030	15,32	10,20	1,30	0,00	0,00	1,20	
031	15,33	10,20	2,40	0,00	0,00	1,10	
032	14,31	11,30	1,20	0,00	0,00	0,00	
033	16,36	13,30	1,10	0,00	0,00	0,00	
034	17,38	10,20	2,00	0,00	0,00	0,00	
035	17,37	8,18	2,60	0,80	3,00	0,00	
036	15,32	9,20	1,50	0,00	0,00	1,12	
037	13,29	6,15	1,20	0,00	0,00	0,00	
038	14,32	13,00	1,10	0,00	0,00	0,00	

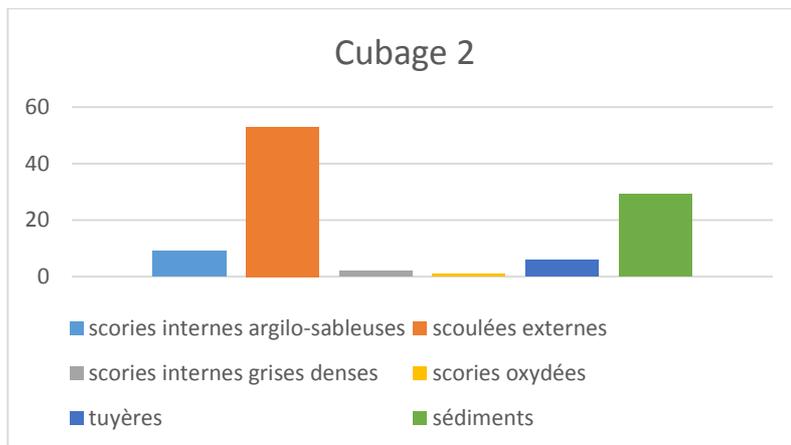
039	14,33	7,21	0,80	0,00	4,00	0,00	
040	16,10	11,30	1,20	0,00	0,00	0,83	
041	17,39	10,20	1,10	0,90	0,00	0,80	
042	16,54	11,30	1,10	0,80	0,00	0,00	
043	16,00	13,30	1,50	0,00	0,00	0,00	30-40
044	16,35	12,30	2,20	0,00	0,00	0,77	
045	15,34	10,00	1,50	0,00	0,00	0,00	
046	16,00	9,52	1,50	0,00	0,00	0,92	
047	16,23	9,23	2,00	0,00	0,00	0,97	
048	14,30	7,50	0,30	0,80	0,00	0,97	
049	14,51	9,58	4,00	0,00	0,00	0,00	
050	16,25	10,30	1,70	0,00	0,00	0,00	
051	16,20	10,90	1,00	0,00	0,00	0,98	
052	15,75	8,70	3,90	0,00	0,00	0,00	
053	8,50	4,20	0,00	0,00	0,00	0,00	
054	15,20	10,00	3,40	0,00	0,00	0,82	40-50
055	15,25	8,50	2,80	0,00	0,00	0,90	
056	16,00	8,00	3,20	0,00	0,00	1,00	
057	17,39	9,80	1,00	0,00	0,00	1,25	
058	16,70	7,70	1,60	0,00	0,00	1,20	
059	16,50	11,30	2,00	0,00	0,00	1,30	
060	14,80	9,75	4,50	0,00	0,00	1,20	
061	16,00	9,40	2,00	1,00	0,00	1,33	
062	16,50	10,00	1,00	0,00	0,00	1,00	
063	16,36	9,70	1,30	0,00	0,00	0,80	
064	15,00	6,70	4,80	0,00	0,00	1,50	
065	16,20	8,20	2,80	0,00	0,00	1,25	50-60
066	17,00	7,50	5,30	0,00	0,00	0,90	
067	16,00	8,90	4,00	0,00	0,00	1,25	
068	15,50	6,00	1,50	0,00	0,00	0,82	
069	15,75	9,00	1,70	0,00	0,00	0,90	
070	14,90	6,40	2,50	0,00	0,00	2,00	
071	15,00	5,00	2,30	0,00	0,00	1,80	
072	14,00	2,00	2,00	0,00	0,00	1,20	
073	12,80	2,30	1,50	0,00	0,00	2,25	
074	15,50	5,00	2,40	0,00	0,00	2,10	
075	14,00	6,00	2,10	0,00	0,00	1,80	
076	13,00	4,00	2,60	0,00	0,00	2,00	
077	15,00	7,00	2,00	0,00	0,00	0,92	
078	12,00	3,20	1,30	0,00	0,00	1,00	
079	17,2	8,00	6,00	0,00	0,00	0,00	60-70
080	15,50	9,10	2,50	0,00	0,00	2,00	
081	13,50	4,00	1,60	0,00	0,00	1,80	

082	15,00	4,40	3,50	0,00	0,00	1,30	
083	15,00	4,00	2,00	0,00	0,00	1,50	
084	17,38	3,50	1,50	0,00	0,00	2,00	70-80
085	15,20	6,00	2,00	0,00	0,00	2,00	
086	14,22	4,80	3,40	0,00	0,00	2,00	
087	13,00	3,00	2,20	0,00	0,00	1,50	
088	14,00	5,00	2,40	0,00	0,00	1,75	
089	15,50	6,00	3,10	0,00	0,00	2,40	
090	14,80	5,30	2,60	0,00	0,00	1,75	
091	13,00	4,70	3,00	0,00	0,00	0,90	
092	14,00	3,40	2,30	0,00	0,00	1,00	
093	12,00	4,86	0,00	0,00	0,00	2,00	
094	17,20	2,50	4,70	1,30	0,00	2,25	80-90
095	15,80	7,80	1,60	2,70	3,25	2,00	
096	16,75	6,30	3,40	2,25	2,00	2,15	
097	16,70	6,20	2,60	1,50	2,40	1,00	
098	14,22	6,50	4,60	2,75	0,00	2,50	
099	17,20	3,40	1,75	2,00	0,00	6,00	
100	17,70	3,00	2,00	0,80	0,00	3,00	
101	15,18	3,70	1,75	2,00	0,00	6,00	
102	14,32	3,00	2,00	0,80	0,00	3,00	
103	17,00	13,00	1,50	0,80	0,00	1,50	
104	16,40	10,00	1,30	1,10	0,00	1,00	90-100
105	16,00	12,00	1,40	1,00	0,00	0,83	
106	16,00	11,00	1,00	0,00	0,00	0,78	
107	17,60	9,50	1,40	0,00	4,00	0,76	
108	16,36	9,21	2,50	0,80	0,00	0,00	
109	15,32	10,20	1,30	0,00	0,00	1,20	
110	15,33	10,20	2,40	0,00	0,00	1,10	
111	16,50	10,00	1,00	0,00	0,00	1,00	
112	16,36	9,70	1,30	0,00	0,00	0,80	
113	15,00	6,70	4,80	0,00	0,00	1,50	
Total Brut	1730,17	951,80	233,90	0,00	33,95	116,72	
total réel	1645,42	867,05	149,15	16,50	25,70	95,02	

Tableau 13: Cubage 1, évaluation de la proportion des déchets métallurgiques

Le cubage 2 (Fig. 33) a permis de montrer que, macroscopiquement, le secteur 3 de la zone 3 est constitué en grande partie de scories coulées externes (53%) tandis que les scories argilo-sableuses ont une proportion très faible (9%). Les scories internes grises denses gardent toujours la même proportion que dans le premier cubage (2%) alors que la proportion de scories oxydées baisse considérablement (1%). Notons aussi que la proportion de fragments de tuyères diminue

sensiblement dans ce cubage (6%). Le volume des sédiments a toujours une proportion élevée mais ne dépasse pas les scories coulées (29%).



Graphique 2 : Représentation graphique des déchets du cubage réalisé dans le secteur 2 de la zone 2



Figure 33 : Cubage implanté sur l'amas de la zone

CHAPITRE IV : ETUDE DES VESTIGES METALLURGIQUES DU SITE DE LOL

1. Les puits de mine et le minerai

Situés sur la colline de Lokoto, 77 puits de mine ont été localisés. Ces puits ont la particularité d'être identiques. Ils ont tous une section circulaire et présentent des encoches creusées dans les parois. La profondeur de ces encoches peut atteindre une dizaine de centimètre. Elles ont été creusées de manière équidistante suivant deux lignes parallèles (Fig. 34). Le creusement des puits de mine a été réalisé avec des outils en fer. On observe en effet sur les parois des traces caractéristiques de ce type d'outils. Ces traces sont également visibles sur les encoches. Une observation attentive des parois et des encoches permet de saisir le sens (direction) de creusement qui est vertical. On observe des encroûtements à l'intérieur de certains puits résultant d'une altération météorique des parois (Fig. 35). La profondeur et les diamètres des puits de mine sont très variables (Tableau. 13).



Figure 35 : Encroûtement dans le puits de mine résultant d'une altération météorique

Localisation	N° de puits	Profondeur	Diamètre
Zone 1	P1	2,18 m	123 cm
Zone 1	P2	0,63 m	120 cm
Zone 1	P3	1,76 m	111 cm
Zone 1	P4	1,40 m	109 cm
Zone 1	P5	1,80 m	128 cm
Zone 1	P6	1,40 m	120 cm
Zone 1	P7	1,70 m	118 cm
Zone 1	P8	1,62 m	89 cm
Zone 1	P9	1,30 m	122 cm
Zone 1	P10	1,32 m	110 cm
Zone 1	P11	1,80 m	113 cm
Zone 1	P12	1,34 m	90 cm
Zone 1	P13	1,09 m	109 cm
Zone 1	P14	0,98 m	100 cm
Zone 1	P15	1,54 m	86 cm
Zone 2	P16	2,48 m	97 cm
Zone 2	p17	0,84 m	90 cm
Zone 2	P18	1,34 m	96 cm
Zone 2	P19	0,78 m	87 cm
Zone 2	P20	1,20 m	100 cm
Zone 2	P21	0,60 m	102 cm
Zone 2	P22	1,87 m	95 cm
zone 2	P23	1,78 m	97 cm

Tableau 14: Localisation, profondeurs et dimensions des puits de mine



Figure 34 : Puits de mine matérialisé par les encoches parallèles et équidistantes

. Le minerais

Une étude géologique, menée en 1983 dans la région de Kandi par S. Alidou dans le cadre d'une thèse, donne des renseignements sur les formations géologiques de cette région. Cette étude a permis d'identifier plusieurs minerais ferrugineux parmi lesquels : les itabirites, les jaspilites, les hématites, les grès ferrugineux et les oolithes. Des analyses ont été réalisées pour déterminer la composition minéralogique de ces roches et les teneurs élémentaires comme la proportion de fer. Les analyses sont donc hors contexte archéologique.

Afin d'identifier et d'apprécier la qualité des minerais utilisés par les métallurgistes de Lolo, nous avons prélevé quelques échantillons dans les puits de mine. Ces échantillons permettent d'identifier la nature du minerai utilisé sur ce site. Les premières observations montrent que les métallurgistes de Lolo ont sans doute travaillé du minerai oolithique. Le minerai oolithique est une roche constituée de grains d'oxydes de fer plus ou moins arrondis. La taille de ces éléments ne dépasse pas 1 mm. Ces roches se composent d'une couche brune à l'intérieur duquel sont

accumulés des éléments gris, brillants et lisses. Ces éléments ne sont généralement pas jointifs. Les oolithes ferrugineux sont de petites concrétions constituées de minces couches entourant un noyau détritique ou classique. Leur composition minéralogique est très variable (V. Serneels 1993). Ce type de minerai est fréquent au nord du Bénin, notamment dans le bassin de Kandi d'après S. Alidou. Le même type de minerai a été retrouvé dans le pays Dendi par C. Robion-Brunner à Pékinga. Il a été analysé par Marie-Pierre Coustures (Robion-Brunner et al. 2015). L'analyse des lames minces montre qu'il se compose principalement de goethite (2% de P_2O_5 dans les oolithes anciens) avec du quartz interstitiel, sillimanite et rutile cimentés par la goethite (Fig. 36). La teneur élevée en P_2O_5 apparaît également dans la composition globale. L'analyse effectuée montre que ce minerai a une teneur élevée en fer (77,9% Fe_2O_3).

Les échantillons collectés sur le site sidérurgique de Lolo n'ont malheureusement pas été analysés pour l'instant. Afin d'apprécier la teneur en fer de ce minerai, il est intéressant de la comparer à celle d'autres sites bien qu'elle puisse considérablement varier d'un gisement à un autre. D'un point de vue macroscopique, le minerai de Lolo est similaire au minerai oolithique de Pékinga. Il se présente sous forme d'agglomérats de coloration grise dont la taille des éléments varie (Fig. 37). L'emplacement du site d'extraction du minerai sur la colline de Lokoto est conditionné par la disponibilité et la qualité du minerai.

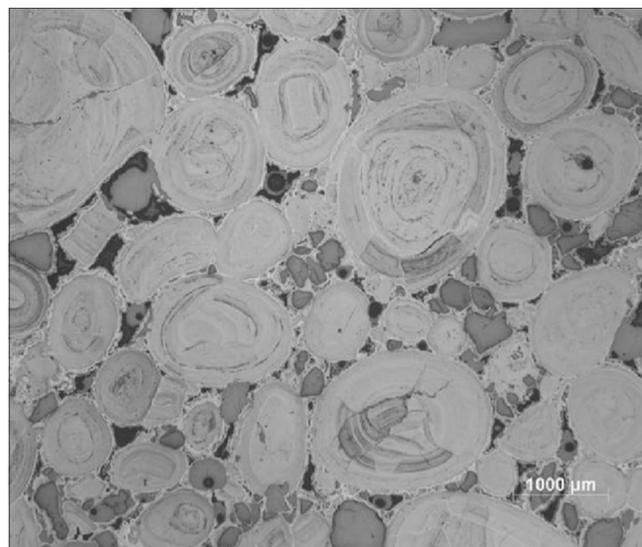


Figure 36 : Microphotographie du minerai oolithique échantillonné à Pékinga. Oolite ancienne en goethite (gris) avec des cristaux de quartz interstitiels (gris foncé) et le rutile (blanc) cimentés par de la goethite (gris clair) (Robion-Brunner et al., 2015).



Figure 37 : Echantillons de minerai de Lolo. Le minerai est formé d'un agglomérat d'éléments arrondis visibles à l'œil nu.

2. Les scories

Deux grands types des scories ont été identifiés : les scories coulées externes et les scories coulées internes. Chaque type se compose de plusieurs catégories qui méritent d'être décrites séparément. La description de chaque catégorie est illustrée par un dessin accompagné d'une photo (la légende a été uniformisée, Fig. 38).

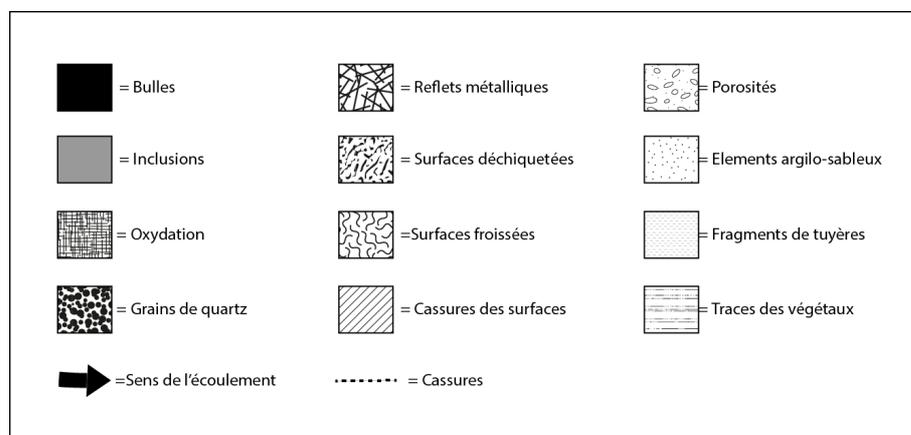


Figure 38 : Légende commune aux dessins de scories

.Les scories coulées externes

Ce type de scories regroupe trois catégories : les scories coulées en plaque, les scories coulées à cordons fins et superposés et les scories coulées à cordons larges. Chaque catégorie diffère de l'autre par la manière dont elle est coulée et formée. Leurs couleurs peuvent être très variables, allant du gris clair au gris foncé, quelques fois avec des reflets bleus. La surface supérieure, lisse ou ridée, est marquée par des coulures en cordons ou en boudins individualisés, ou par des accumulations de coulures superposées en forme d'éventail ou encore par des

écoulements en plaque. La surface inférieure en contact avec le sol porte les empreintes des matériaux sur lesquels elle s'est écoulee. Sa forme dépend de la manière dont la scorie est coulée et de l'aménagement du fourneau à l'avant de la structure. Il n'est par exemple pas rare que ce type de scorie ait moulé un canal d'évacuation situé dans le prolongement du trou de coulée. Ces scories sont généralement lourdes, denses et ne sont pas magnétiques.

Les scories coulées en plaque ou en éventail constituent une catégorie de scories qui proviennent d'un liquide en fusion extrêmement fluide qui s'écoule en continu en dehors du four. Très denses, leur forme dépend de la zone d'accumulation du liquide en fusion qui peut se faire soit sur un sol plat soit dans un espace canalisé. Dans un cas comme dans l'autre, les scories prennent la forme des zones d'accumulation qui les accueillent. Ces scories présentent un aspect vitreux ou siliceux avec quelques rares porosités de taille millimétrique, rondes et parfois lisses. La surface supérieure est souvent froissée, dépourvue de cordon ou en faible nombre (fig. 39). Cette catégorie de scories est la plus fréquente dans les zones 2 et 3.

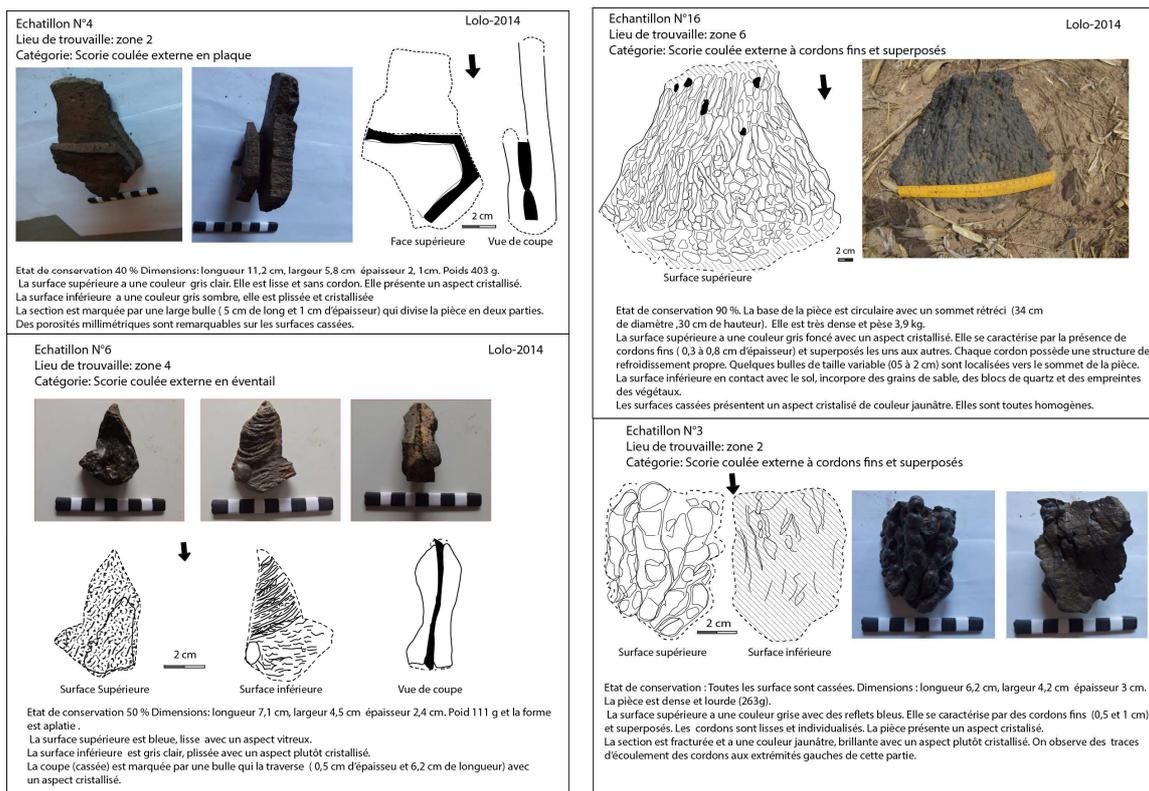


Figure 39 : Scories coulées externe en plaque et en éventail Fig. 40 : Scories coulées à cordons fins et superposés

Les scories coulées à cordons fins sont une catégorie de scories issues d'un liquide en fusion moins fluide que pour les coulées en plaque (C. Le Carlier De Veslud 2011). L'écoulement du liquide en dehors du fourneau s'est fait de façon discontinue formant des cordons fins superposés ou entrelacés et étroits. L'écoulement semble s'être fait de façon assez

lente laissant les cordons se superposer. Dans cette catégorie, les cordons sont plutôt soudés les uns aux autres, mais chaque cordon possède une structure propre (fig. 40).

Du point de vue de l'aspect général, les scories à cordons fins sont très comparables entre elles. La surface supérieure est gris foncé avec quelques reflets bleus et présente un aspect plus ou moins vitreux. La surface inférieure est irrégulière. La cassure est jaunâtre, d'aspect cristallisé et brillant.

Cette catégorie de scories se trouve essentiellement dans la zone 6. Elles sont toutes massives (fig. 41). En effet, dans cette zone aucune scorie argilo-sableuse ou oxydée n'a été observée. Cependant, on trouve une scorie interne très massive (40 cm de diamètre et 20 cm d'épaisseur) formée dans une base de fourneau.



Figure 41 : Caractéristiques des scories de la zone 6.

Les scories coulées à cordons larges semblent être produites de la même manière que pour les catégories précédentes, mais la température à la sortie du four peut être plus forte. Le liquide en fusion semble être un peu fluide avec un écoulement assez rapide. Mais le refroidissement de la masse de scories est assez lent laissant des structures d'écoulement bien individualisées. Cet écoulement forme alors des cordons très larges (2 à 3 cm) avec des structures de refroidissement propres. Les cordons sont lisses avec des contours arrondis et se succèdent sans se mélanger. Ces scories ont un aspect vitreux ou cristallisé avec une couleur allant du gris clair au gris sombre ou verdâtre (fig. 42). On trouve fréquemment ces scories dans les zones 2, 3 et 4.

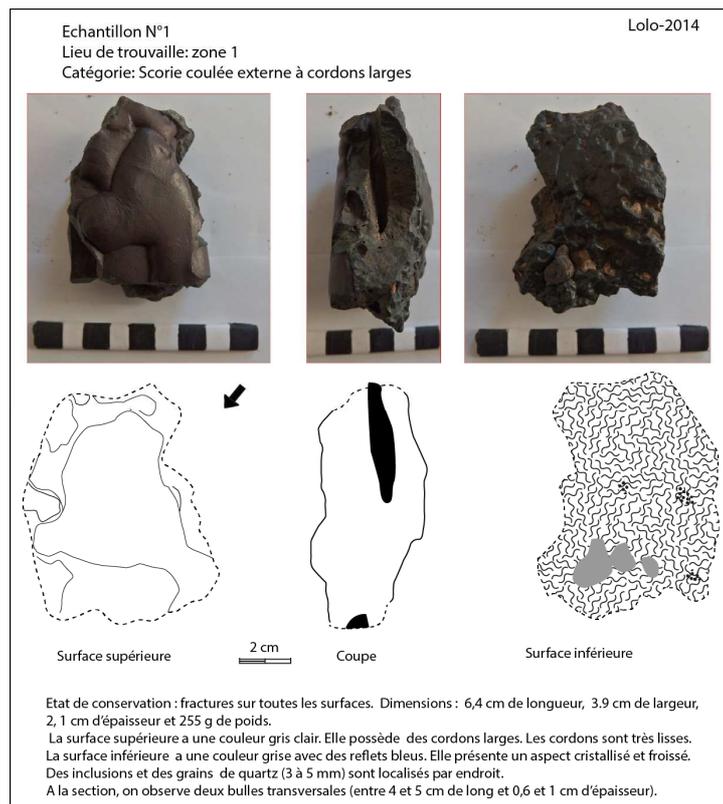


Figure 42 : Scorie coulée externe à cordons large

.Les scories coulées internes

Les scories internes représentent un autre type de scories. Elles se sont formées à l'intérieur du fourneau. Certaines d'entre elles correspondent à des blocs informes présentant de nombreuses inclusions ou empreintes de charbons de bois. De morphologie variable, elles regroupent quatre catégories savoir : les scories grises denses, les argilo-sableuses, les petites coulures et les scories oxydées.

Les scories internes grises denses regroupent les scories manifestement coulées internes dont la densité apparente est élevée. Les surfaces supérieures sont irrégulières et présentent un aspect déchiqueté. Les surfaces inférieures sont généralement convexes puisqu'elles épousent le fond du fourneau. Elles ont une densité et un poids élevés. Elles contiennent du fer métal et elles sont donc souvent magnétiques. Les bulles sont assez nombreuses, larges et réparties sur la surface supérieure (Fig. 43). Leurs faces inférieures et supérieures montrent qu'elles contiennent fréquemment des inclusions et des éléments argilo-sableux. Bien que ces scories soient dans l'ensemble fragmentées, on les trouve encore en place dans les cuves de quelques fourneaux. Elles sont présentes dans la zone 2, dans le secteur 2 de la zone 3 et le secteur 1 de la zone 4. Elles ont été aussi observées sur quelques amas isolés.

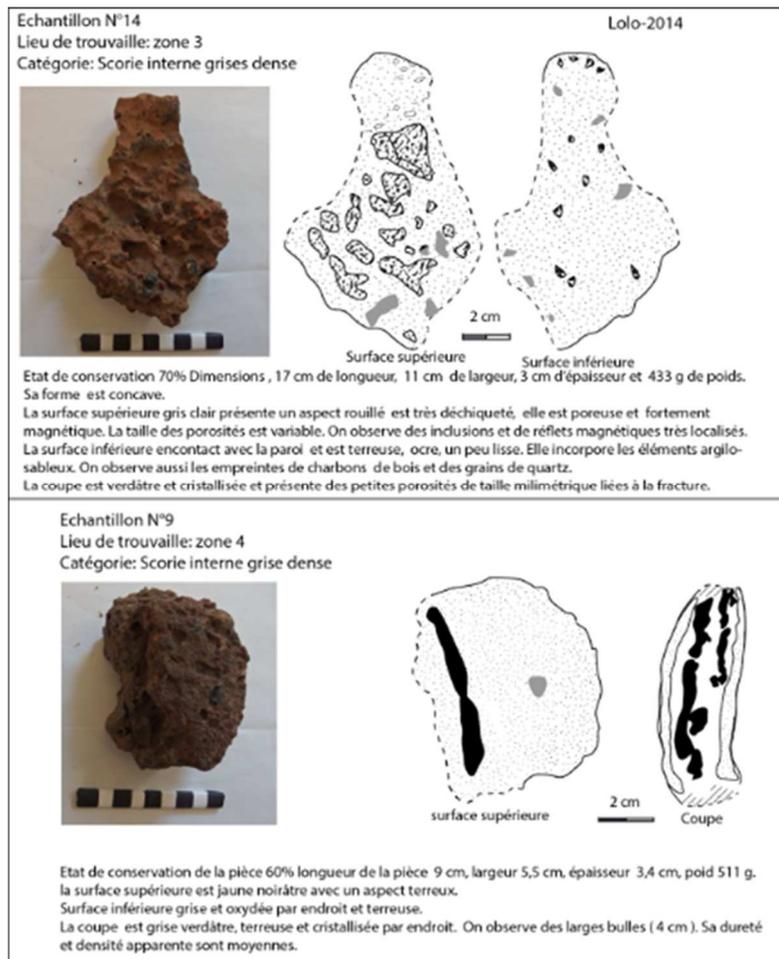


Figure 43 : Scories internes grises denses

Les scories argilo-sableuses se sont aussi formées à l'intérieur de fourneau. Elles ont des bulles et sont constituées en grande partie de matériaux argilo-sableux plus ou moins fondus. Leur surface supérieure est concave, irrégulière avec de nombreuses bulles (Fig. 44). Elles présentent un aspect terreux parfois rouillé. La surface inférieure est convexe, plus lisse avec un effet de paroi. On observe parfois des empreintes des végétaux ou de charbons de bois sur ces scories. Les teintes varient au sein d'une même pièce. Sur la coupe, on observe des parties correspondant à des fragments de roches fondus. La plupart de ces pièces sont faiblement magnétiques. Elles sont fréquentes sur l'ensemble du site à l'exception de la zone 6. Leur proportion est variable selon les zones avec une forte concentration dans les zones 2 et 3.

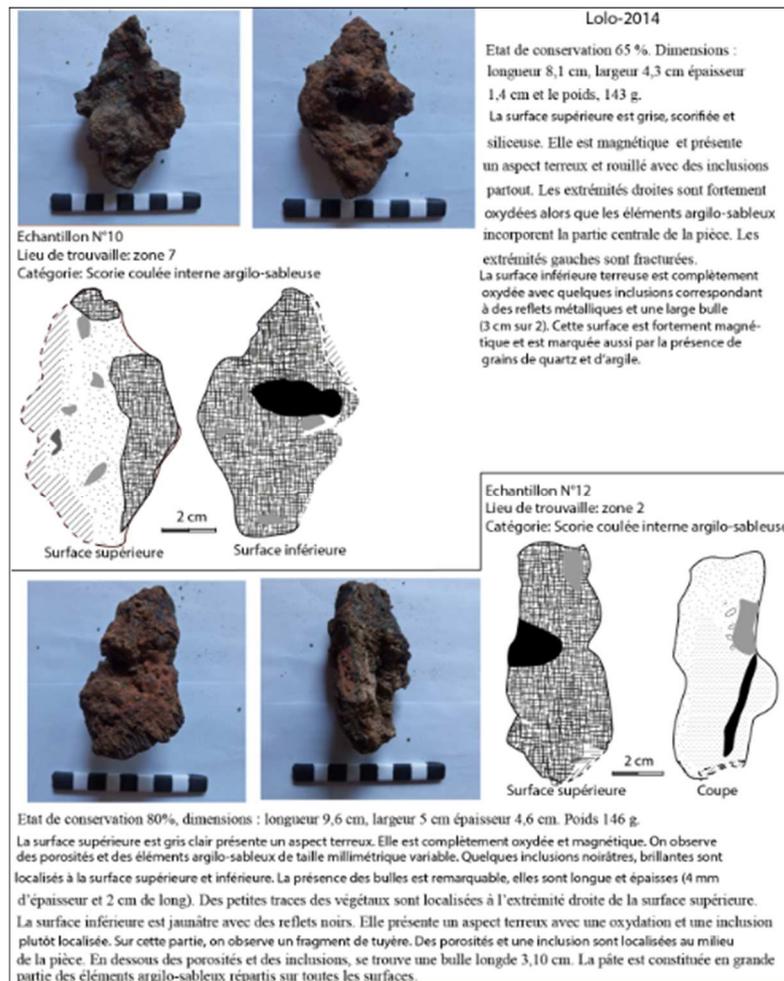


Figure 44: Scories coulées internes argilo-sableuses

Les scories coulées internes de petite taille

Elles se présentent sous forme de coulures de petite taille et sont composées d'un seul ou d'un nombre restreint de cordons (fig. 45). Elles forment des bâtonnets avec une extrémité arrondie. Ces scories ne possèdent ni surface supérieure ni surface inférieure, ce qui suggère qu'elles ont coulé verticalement à l'intérieur des fourneaux, peut-être accrochées aux parois. Très lisses, elles présentent un aspect plus ou moins vitreux. Leur couleur est très variable allant du noir au gris clair avec des reflets allant du bleu au gris clair. Certaines d'entre elles sont terreuses avec des porosités millimétriques. Elles sont toutes fragmentées et leur épaisseur ne dépasse pas 1 cm. Cependant, il est difficile de restituer leur taille d'origine. Ces pièces sont fréquentes, elles ont été recueillies dans la zone 3. Le cubage réalisé sur l'amas de cette zone montre qu'elles font partie d'un ensemble relativement moins important en termes de proportion.

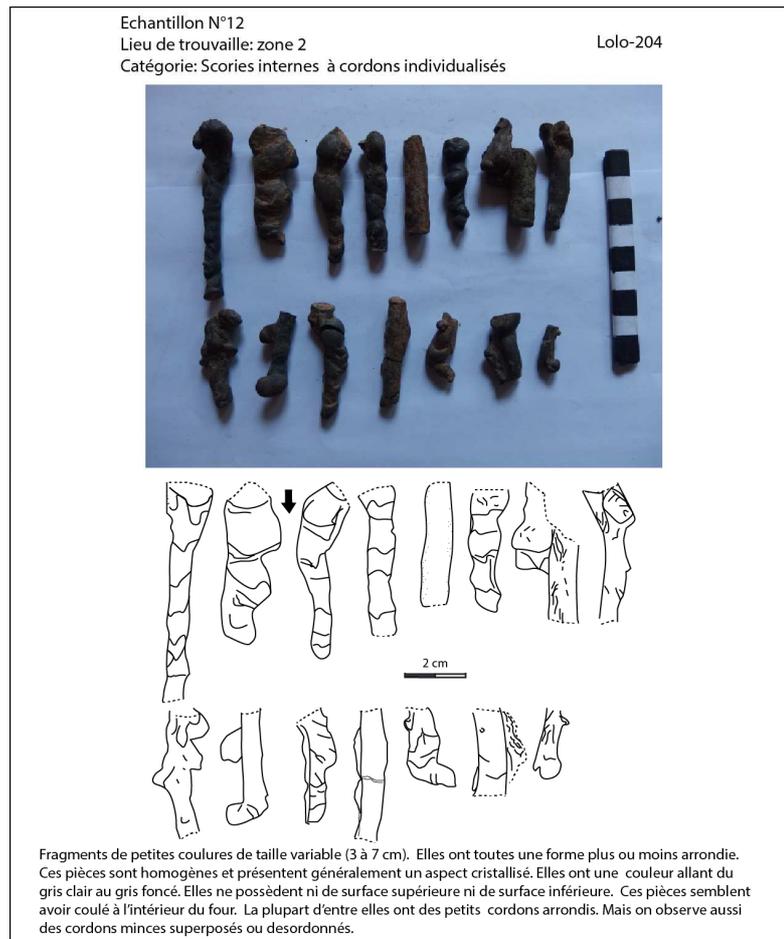


Figure 45 : Scories coulées internes à petites coulures (cordons individualisés)

Les scories oxydées sont les déchets qui se sont formés entre le fond de cuve et la loupe de fer. Très magnétiques, ces scories contiennent beaucoup de fer. Leur densité et leur poids sont élevés. Elles ont des surfaces supérieures très irrégulières avec un aspect déchiqueté et une couleur marron-rouille (Fig. 46). Leur proportion sur le site est relativement faible. On les trouve plutôt dans la zone 2 et rarement dans les zones 3 et 4. Le cubage réalisé montre qu'elles représentent 6% des éléments qui composent les amas de la zone 2 et 1% des composants des amas de la zone 3.

En dehors des scories coulées externes et internes, on trouve une catégorie de scories pour lesquelles il est difficile de savoir si elles se sont écoulées à l'intérieur ou à l'extérieur du fourneau. Dans l'incertitude, nous les classerons dans la catégorie des scories indéterminées. Ces sont les scories à coulures irrégulière crevassées.

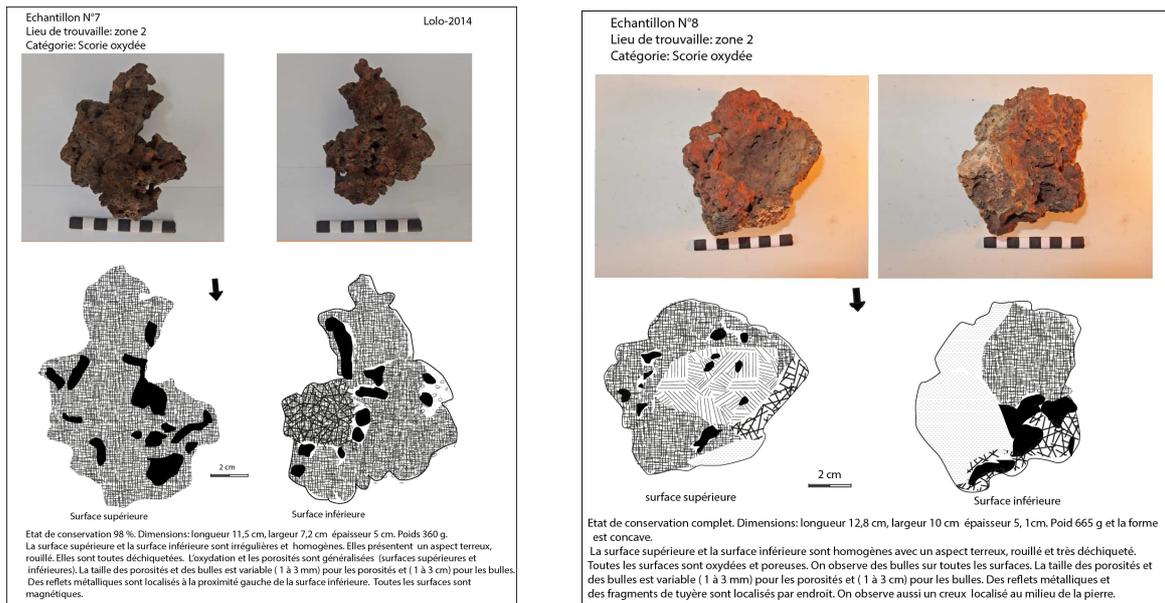


Figure 46 : Scories oxydées

Les scories à coulures irrégulières crevassées sont celles qui sont marquées par des cordons sans aucune régularité dans le sens d'écoulement. Dans cette catégorie, les cordons correspondent à des perles et se présentent sous forme d'une goutte irrégulière (Fig. 47). Ces cordons sont tellement mélangés qu'il est difficile de déterminer le sens d'écoulement. L'écoulement semble s'être fait à la verticale. Ces scories sont en général noires avec des reflets verdâtres ou bleuâtres. Apparemment, ces scories seraient issues d'opérations de réduction conduites à très haute température. Les surfaces supérieures, froissées et déchiquetées présentent un aspect cristallisé avec un écoulement désordonné des cordons. Les surfaces internes froissées présentent de nombreuses et larges bulles. La cassure présente un aspect cristallisé jaunâtre et brillant. Cette catégorie de scories se rencontre dans la zone 2.

A côté des scories à coulure irrégulières crevassées, on trouve celles qui ont rempli les tuyères. **Les scories remplies dans la tuyère** présentent un aspect siliceux et terreux avec une couleur verdâtre. Sa densité apparente est moyenne. La coulure s'est faite de façon discontinue dans le trou de tuyère. Ces scories ne possèdent pas des cordons sinon rarement. (fig. 48).

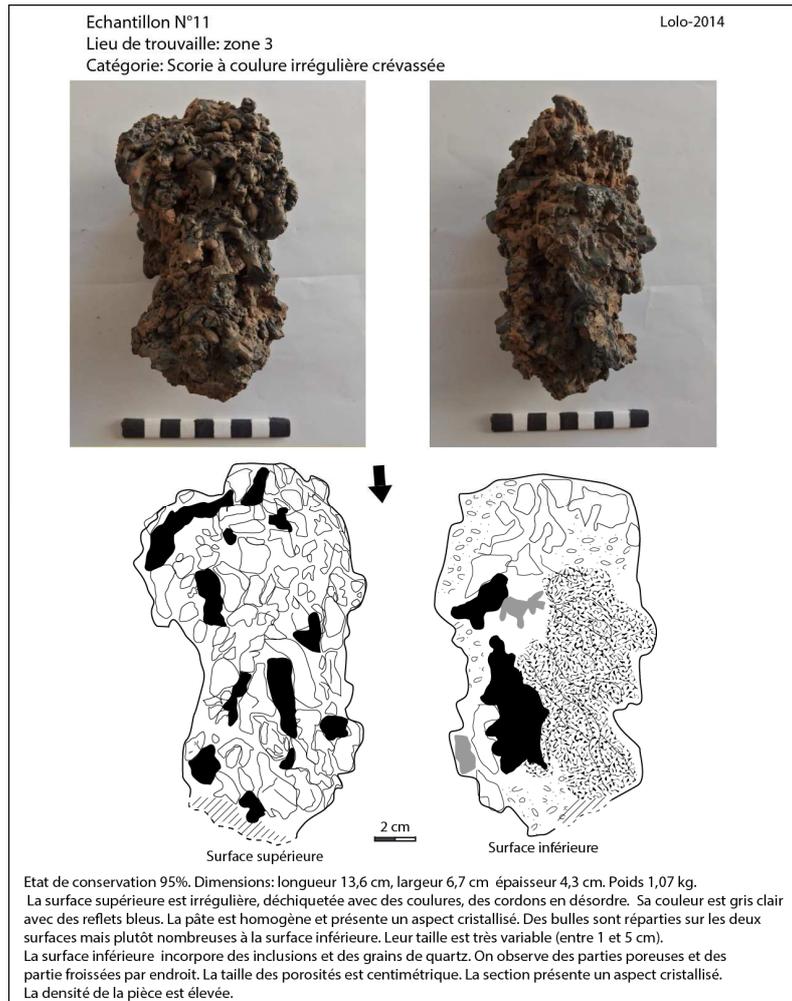


Figure 47 : Scories remplies dans la tuyère

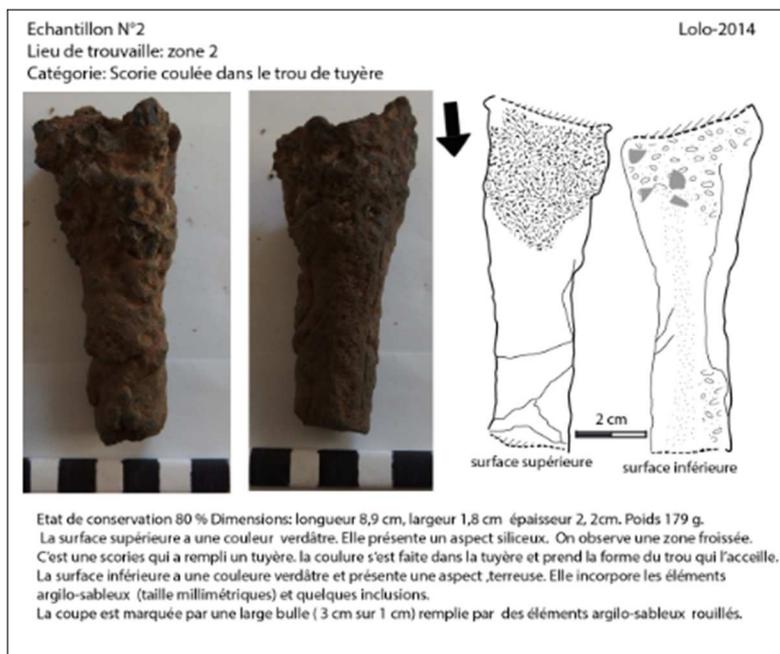


Figure 48 : Scories rempli dans la tuyère

3. Les tuyères

Etant définies comme des dispositifs qui permettent de transmettre l'air dans la zone de combustion de fourneaux ou de foyer, les tuyères sont des éléments destinés à être insérées dans la paroi.

Ainsi, sur le site sidérurgique de Lolo, les tuyères trouvées sont massives et cylindriques et se rétrécissent au niveau du nez. Ces extrémités sont généralement très scorifiées et fondues. Les trous ou les ouvertures ne sont généralement pas centrés et sont bouchés soit par les sédiments, soit par une coulure de scories formées dans le tuyau de la tuyère. L'état de la conservation des tuyères est très mauvais, on ne retrouve généralement que les extrémités (nez très scorifiés). Une seule tuyère bien conservée a été retrouvée. Elle dépasse 30 cm de longueur (fig.49). Leur diamètre intérieur est compris entre 3 et 5,5 cm et le diamètre extérieur entre 4 et 10 cm (Tab. 8). Les traces d'impact thermique sont irrégulières et généralement remarquables sur les parties scorifiées. Sur les parties non scorifiées, on observe des traces d'arrachement ou d'usure. Sur certaines d'entre elles, on observe des marques laissées par des outils qui ont servi à la confection de ces pièces. Ces marques sont visibles dans la partie intérieure (tuyau). Celles-ci semblent être en bois d'après les empreintes observées. Sur la partie extérieure, on observe des traces de paille ou des empreintes de végétaux. La présence de ces traces sur les tuyères montre que les métallurgistes utilisaient des dégraissants pour la confection des tuyères. Ces tuyères ou fragments de tuyères ont été retrouvés en grande quantité sur la zone 2, mais on observe aussi quelques fragments dans le secteur 1 de la zone 3 et secteur 1 de la zone 4.



Figure 49 : Les fragments de tuyères dont seul le nez est conservé.

N° de tuyère	Partie conservée	Dimensions			Morphologie	Observation
		Long.	Diam. Int.	Diam. Ext.		
1	Nez	23 cm	4,9/4,4cm	10,5/10 cm	Légèrement ronde	Morceau de tuyère avec un nez très scorifié, ouverture légèrement centrée et plein de sédiments
2	Nez	23 cm	4,5/3 cm	8/6 cm	Légèrement ronde	Morceau de tuyère avec nez légèrement scorifié, ouverture centrée et plein de sédiments
3	Nez	16 cm	4,3/4 cm	9/7 cm	Ovale	Morceau de tuyère un peu plat, ouverture non centrée
4	Nez	12 cm	3,9/3,2	9/8,5 cm	Ronde	Morceau de tuyère avec une ouverture ovale mais centrée
5	Nez	12 cm	5/5,5 cm	9/8,5	Ronde	Morceau de tuyère avec une ouverture centrée et un peu scorifiée, une scorie se forme dans le trou de la tuyère
6	Nez	17 cm	3/3,5 cm	7,75/5 cm	Plate	Morceau de tuyère avec une ouverture non centrée et nez légèrement scorifié
7	Milieu	11 cm	3,5/3,3cm	6,5/5 cm	Ronde	Morceau de tuyère scorifié et une ouverture centrée
8	Milieu	11 cm	3,3/3 cm	7/5 cm	Ovale	Morceau de tuyère avec une trace de cuisson et une ouverture non centrée
9	Milieu	10 cm	3/3,2 cm	5,8/4,5	Ovale	Morceau de tuyère ovale, ouverture non centrée une accumulation de sédiments dans le trou
10	Nez	11 cm	3/4	4/5	Ovale	Morceau de tuyère avec nez scorifié et ouverture non centrée

Tableau 15: Inventaire des tuyères

TROISIEME PARTIE : ESSAI D'ANALYSE ET D'INTEPRETATION DES DONNEES ARCHEOMETALLURGIQUES ET HISTORIQUES DU SITE DE LOLO : ETUDE DES PROCEDES DE LA PRODUCTION DU FER

Dans la partie précédente de notre travail, nous avons identifié et décrit l'organisation spatiale des ateliers de réduction. Un accent particulier a été mis sur la caractéristique des types de déchets métallurgiques et de structures de réduction. Le présent chapitre rend compte des variabilités observées sur le terrain et de l'étude des vestiges au laboratoire. L'objectif visé à travers ce chapitre est d'identifier la ou les techniques mises en place à Lolo, de mesurer l'ampleur de la production sidérurgique et enfin de reconstituer l'histoire du site.

1. La technique ou les techniques mises en place à lolo

Dans cette partie, nous identifions et décrivons les différentes techniques employées sur le site. Le critère qui a permis de distinguer ces techniques est basé sur l'observation et l'étude des déchets métallurgiques. En ce qui concerne les structures de réduction, leur mauvais état de conservation rend parfois difficile la restitution de leur système de fonctionnement. Toutefois, en nous basant sur les types de déchets retrouvés, nous essayons d'identifier le ou les types de ventilation adoptés.

. Le ou les types d'évacuation des scories

Les études réalisées dans le cadre de la métallurgie ancienne du fer montrent que suivant la méthode employée, la séparation de scories entraîne des modifications visibles sur la morphologie des structures de réduction et des variations sur la nature des produits des déchets ou des produits obtenus. Ainsi, l'évacuation des scories peut se faire soit latéralement ou soit verticalement. Dans le cas de la séparation verticale, une fosse est creusée sous le fourneau. C'est dans cet espace que la plus grande partie des scories s'accumule et se solidifie. La masse de fer se forme au-dessus de ces déchets. Les scories produites sont appelées des scories coulées internes.

Dans le cas de la séparation latérale, une ouverture est aménagée à la base du bas fourneau permettant, durant la réduction, l'évacuation des scories liquides. Les scories produites par ces opérations sont appelées les scories coulées externes. Pour permettre l'accès à cette porte, les métallurgistes implantent les structures de réduction dans le flanc d'un vallon ou creusent une fosse dans le substrat naturel. Cet aménagement permet à l'espace fonctionnel du fourneau d'être moins obstrué par la scorie.

Les deux modes d'évacuation des scories semblent être adoptés sur le site sidérurgique de Lolo. C'est la présence de deux grands types de scories (scories coulées internes et externes) qui a orienté notre réflexion sur l'existence possible de deux méthodes d'évacuation. Cette proposition est cependant avancée avec de grandes précaution car nous n'avons pas observé durant la prospection ni de fosse creusée dans le fourneau, ni d'ouverture aménagée à la base de fourneaux. La méthode d'évacuation verticale est la plus fréquemment adoptée sur le site. Elle est employée sur la zone 1 et la zone 7, les secteurs 2 de la zone 3 et 4 et le secteur 1 de la zone 5 (Fig. 50). La méthode d'évacuation latérale est localisée surtout dans la zone 6, les secteurs 2 des zones 3 et 4 et le secteur 3 de la zone 2 (tableau 16).

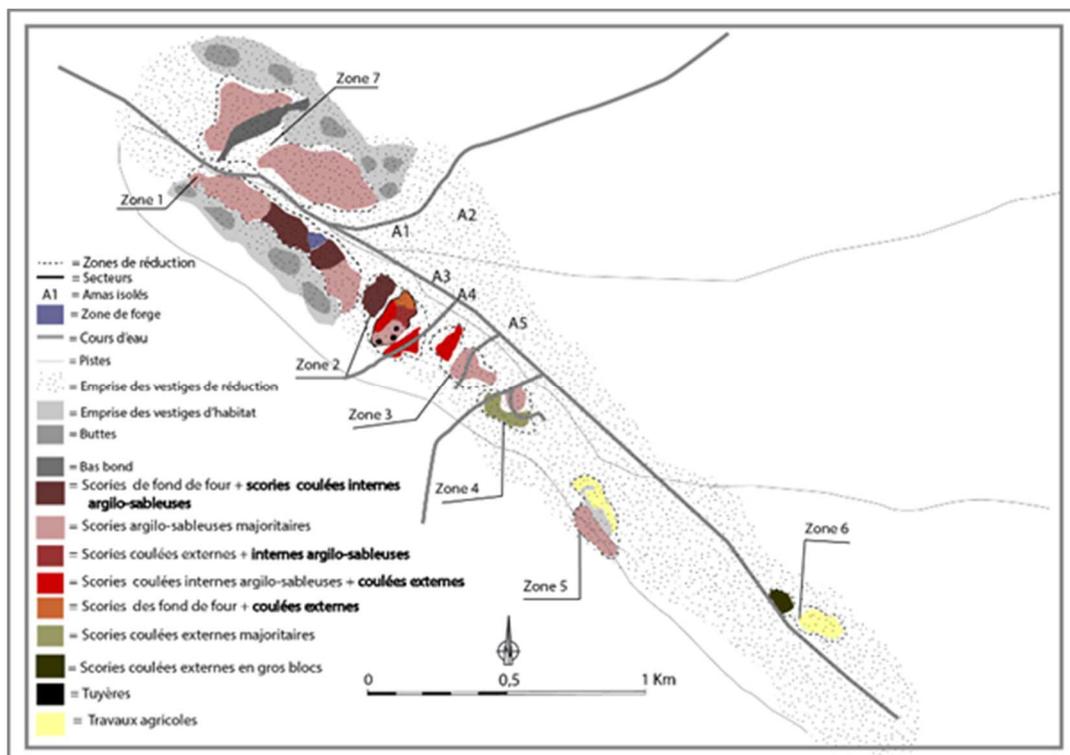


Figure 50 : Répartition de types et catégories des scories

Localisation	Type de scories	Catégories des scories	Type d'évacuation
Zone 1 secteurs 1, 2 et 3	Scories coulées internes	Scories de fond de four et scories argilo-sableuses	Séparation verticale
Zone 2 secteur 1	Scories coulées internes	Scories argilo-sableuses, scories grises denses, scories coulées internes en petites tailles	Séparation verticale
Zone 2 secteur 2	Scories coulées internes et externes	Scories de fond de four, argilo-sableuses, scories coulées en plaque, scories oxydées	Séparation latérale et verticale
Zone 2 secteur 3	Scories coulées externes	scories coulées à cordons larges, scories à coulures irrégulières crevassées	Séparation latérale
Zone 3 secteur 1	Scories coulée externes	Scories coulées en plaque, scories coulées à cordons larges	Séparation latérale
Zone 2 secteur 2	Scories coulées internes	Scories grises denses, scories oxydées, scories coulées internes en petites tailles	Séparation verticale
Zone 4 secteur 1	Scories coulées externes	Scories coulées à cordons larges, scories grises denses	Séparation latérale
Zone 4 secteur 2	Scories coulées internes	Scories argilo-sableuses, scories oxydées	Séparation verticale
Zone 5 secteur 1	Scories coulées internes	Scories argilo-sableuses, scories de fond de four	Séparation verticale
Zone 5 secteur 1	?		?
Zone 6 secteur 1	?		?
Zone 6 secteur 2	Scories coulées externes	Scories coulées à cordons fins	Séparation latérale
Zone 7 secteur 1 et 2	Scories coulées internes	Scories argilo-sableuses, scories de fond de four scories grises denses	Séparation verticale

Tableau 16: Répartition des déchets métallurgiques et localisation de types d'évacuation de scories

. Le ou les types de ventilation

Quelle que soit la forme de la structure, l'alimentation en air peut être assurée soit par une ventilation naturelle, soit par une ventilation artificielle. La ventilation naturelle est un système destiné à envoyer l'air dans le fourneau pour activer la combustion sans l'aide d'une soufflerie, c'est-à-dire au moyen de tuyères ou de simples ouvertures. Ce système utilise surtout l'aspiration naturelle que provoque la cheminée du simple fait de sa hauteur; plusieurs entrées d'air sont réparties dans le bas de la colonne. Quant à la ventilation artificielle, c'est un système destiné à envoyer l'air dans le fourneau par un mécanisme (soufflet) sous une pression et un rythme qui peuvent être contrôlée. Dans ce système, l'air est pulsé au travers d'orifices ou de tuyères débouchant dans la cuve.

Comme on peut s'en apercevoir dans la littérature, l'argument le plus récurrent pour le diagnostic du mode de ventilation est la présence ou l'absence de tuyères sur le site

métallurgique. Outre la présence ou l'absence des tuyères, certains chercheurs s'appuient sur le nombre de tuyères sur un même fourneau, les diamètres des conduits d'air et la position des tuyères par rapport à la cuve pour caractériser le mode de ventilation (J.-B. Kiéthéga 1988 : 12-13 ; V. Serneels 1993 : 46-47). Pour notre part, nous n'avons pas encore assez de données pour caractériser avec précision le ou les modes de ventilations des structures de réduction observées dans le cadre de cette étude. Mais, en tenant compte des critères définis par les différents chercheurs, et les observations faites sur le terrain, nous tenterons de faire une analyse comparative des structures de réduction du site sidérurgique de Lolo.

. Le ou les types de bas fourneaux adoptés

Déterminer le ou les types de fourneaux d'une activité aussi ancienne que la métallurgie du fer et où les auteurs ne sont pas connus paraît complexe, car il s'agit de porter des observations sur des structures complètement en ruine. Toutefois, l'observation faite sur les autres sites nous permettra d'avancer quelques hypothèses sur les bases de fourneaux présentes sur le site de Lolo.

En effet, les études faites sur la métallurgie du fer en Afrique ont mis particulièrement l'accent sur les caractéristiques essentielles des fourneaux, c'est-à-dire leur taille, leur architecture, leur système d'alimentation en air et leur performance. Au-delà de la diversité de leurs formes et de leur taille, les chercheurs sont arrivés à distinguer sur le continent deux grands types de fourneaux à savoir les fourneaux à tirage naturel ou induction directe et les fourneaux à tirage forcé ou à soufflets (J.-B. Kiéthéga 1998, T. Kiemon 2003, Martinelli 2002). Il existe plusieurs systèmes de classifications typologiques basés sur la forme des fourneaux. Le plus souvent, les chercheurs se fondent sur les traits structurels et morphologiques externes. Ainsi, à l'intérieur d'un même type de fourneau, on peut trouver plusieurs catégories. Les différentes catégories peuvent varier d'une région à une autre.

Au Borgou, plus précisément dans les régions de Ségbana, Bensékou et Kalalé, localités situées au sud de Lolo, deux familles de fourneaux connus en Afrique ont pu être identifiées par Sabi-Monra 1990 et Banni-Guéne 1993. Ce sont les fourneaux de type « muga » (tirage naturel ou induction directe) et ceux de type « fufuna » (tirage forcé ou fourneaux à soufflets). La première famille, c'est-à-dire les fourneaux à soufflets, est interprétée par les auteurs comme « les fourneaux-types connus de Baatombu ». Ces fourneaux ont la particularité d'être moins grands que les fourneaux à tirage naturel. Leur taille était de 2 à 2,5 m de haut au maximum et

leur diamètre intérieur à la base ne dépassait pas 1m et leur forme paraissait plus régulière que les fourneaux à tirage naturel (Fig. 51). Selon les auteurs, ces structures étaient reconnaissables par leur forme, leur taille et leur ouverture triangulaire correspondant à l'emplacement des tuyères: « *Ils présentent l'allure d'un tronc de cône très évasé à la base où le diamètre mesure généralement 1m. Ce diamètre de base se rétrécit progressivement vers le sommet du fourneau dont la hauteur varie entre 2 à 2,5m. Il est traversé par une cheminée ou gueulard⁶ ouverte vers le ciel et qui reçoit en couches alternées combustibles et minerai* » Sabi-Monra, 1990 : 82). Dans le système de ventilation artificielle, le procédé est basé sur des dispositifs de soufflerie plus ou moins bien élaborés. La description des diamètres de cette famille correspond aux fourneaux du premier secteur de la zone 3 du site de Lolo (tableau 17). Dans cette zone, les fourneaux ont de très petites bases. Leur diamètre intérieur est compris entre 70 à 79 cm et 83 à 98 cm de diamètre extérieur. L'épaisseur des parois est comprise entre 13 à 16 cm. De ce point de vue, nous pouvons dire avec toute proportion gardée, que les bas fourneaux adoptés dans cette zone ressemblent aux fourneaux à ventilation artificielle décrits plus haut. Mais le diamètre seul n'est pas un argument suffisant pour identifier le type de fourneaux. Beaucoup de critères de classification tels que la taille et l'architecture de la structure ou les dispositifs de souffleries restent encore méconnus.

N° de fourneau	Localisation		Diamètre intérieur	Diamètre extérieur	Epaisseur de parois
25	Zone 3	Secteur 1	77 cm	94 cm	17 cm
26	Zone 3	Secteur 1	70 cm	95 cm	15
27	Zone 3	Secteur 1	70 cm	84 cm	10 cm

Tableau 17: Diamètres et épaisseurs des parois de fourneau du secteur 1, zone 3

La deuxième famille de fourneaux, c'est-à-dire les fourneaux à ventilation naturelle, est reconnue dans le type de fourneaux « Boo ». Ils ont la caractéristique d'être très grands (3 à 3,5 m de haut), et d'avoir une base très large (plus de 1m). Ils sont remarquables par leur morphologie, leurs dimensions et le nombre de trous d'aération et l'ouverture principale qui les entoure (Fig. 52). Outre leur système de ventilation qui, sur le plan fonctionnel, faisait la particularité de ces fourneaux, il y avait aussi le mode de surveillance qui était à la fois visuel et auditif. La surveillance visuelle s'effectuait à travers les mêmes tuyères d'induction. Quant à la surveillance auditive, elle était rendue possible par le bruit émis par le fourneau (Banni-Guénié, 1993 : 122). Sur des critères morphologiques et fonctionnels comparables à ceux des fourneaux « Boo », les auteurs classent les fourneaux muga dans la famille des fourneaux à

⁶ Terme utilisé pour désigner l'ouverture de la cheminée au sommet du bas fourneau.

tirage naturel. Les caractères morphologiques des bases de fourneaux de cette famille sont comparables à ceux des bases observées sur le reste du site de Lolo. En effet, on trouve à Lolo des bases de fourneaux de grandes dimensions. Certaines bases de fourneaux mesurent 130 cm de diamètre intérieur et 193 cm de diamètre extérieur. Les épaisseurs de parois sont comprises entre 14 et 31 cm. Généralement, ces bases de fourneaux sont couvertes de plusieurs couches de revêtement. De ce point de vu, on peut supposer que les structures de réduction de type 1 décrites dans la partie précédente sont des fourneaux à ventilation naturelle. Or à côté des fourneaux qui possèdent une grande base on trouve également des tuyères. La présence des tuyères rend difficile l'interprétation quant au système d'aération de ces fourneaux. Aussi, la prospection que nous avons menée ne nous a pas permis de constater la présence de trous d'aération et d'ouverture principale. Au regard de ces observations, quelques questions se posent : Comment se présente l'architecture des fourneaux de Lolo ? Disposent-ils de trous d'aération et d'ouvertures principales comme ceux des muga ? Ces interrogations restent encore sans réponses. Seule la fouille des fourneaux permettra de comprendre et de restituer l'architecture et le système de fonctionnement de ces structures.

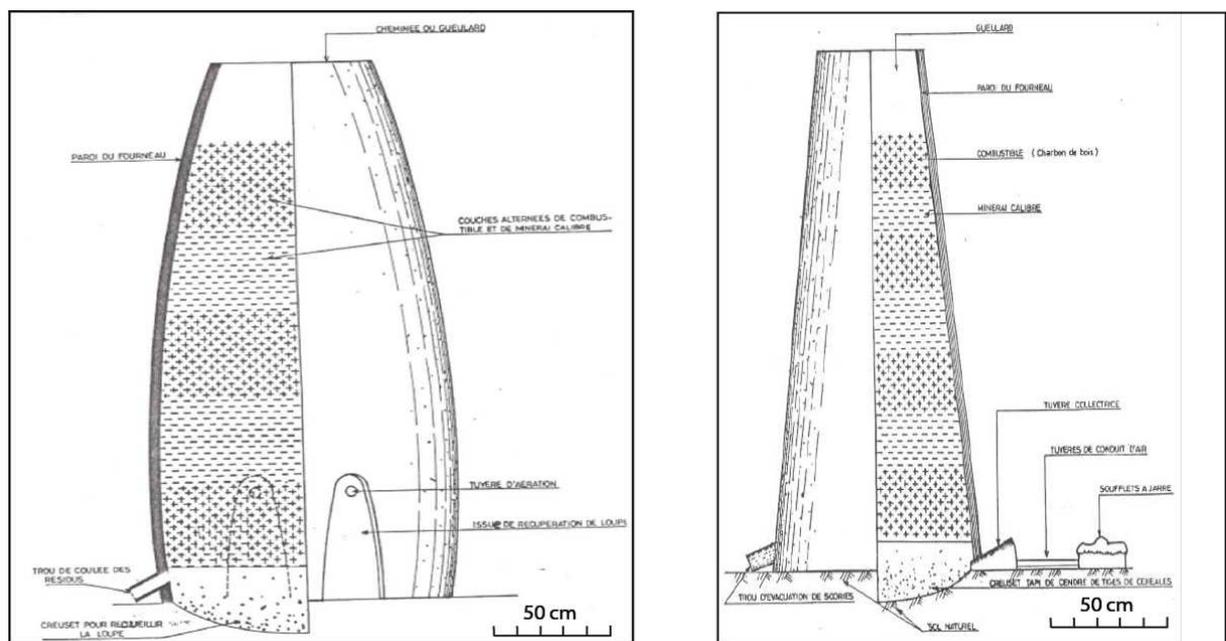


Figure 51 et 52 : Coupe d'un fourneau de Type Muga (exemple de fourneau à tirage naturel d'air) et Fufuna (ventilation artificielle) Source : O. Banni Guéné, 1993

2. la production sidérurgique à lolo

. Le volume de la production

Les recherches archéologiques sur la métallurgie ancienne du fer au nord du Bénin sont récentes ; si récentes que certains aspects de cette activité ne sont pas encore très bien étudiés. C'est le cas par exemple de la question du volume de production métallurgique. En l'absence de sources orales et écrites sur l'activité du fer à Lolo, sur quels éléments peut-on s'appuyer pour avoir une idée de la production métallurgique de ce site? Pour répondre à cette question, le recours aux investigations archéologiques s'impose. Les données du terrain demeurent nos seules sources d'information. Les seules données qui puissent permettre d'évaluer le volume de la production métallurgique sur ce site restent les amas de scories. C'est surtout à partir de ces déchets abandonnés depuis des siècles que l'on peut tenter d'envisager une évaluation de l'importance de l'activité de réduction en un lieu donné. Pour évaluer la production métallurgique nous avons d'abord procédé au dénombrement des amas des scories et des bases de fourneaux. Au total, nous avons recensé 119 amas de scories et 48 bases de fourneaux répartis sur sept zones couvrant une superficie de 39,328 ha environ (Tableau 18). Ensuite, nous avons procédé à la quantification des amas de quelques zones et secteurs d'activité, ce qui nous a permis d'évaluer le volume des déchets métallurgiques d'une partie du site. Malheureusement, il n'a pas été possible d'évaluer la production de tout le site. Toutefois, en tenant compte de nombre des amas, nous tenterons de faire une extrapolation de de la production métallurgique du site. Ainsi, le volume des déchets métallurgiques des zones étudiées évalués à 2415,34 tonnes. Il s'agit des déchets de deux zones et un secteur où on dénombre 23 fourneaux et 38 amas de scories. Les amas des zones étudiées ne représentent que 19% de l'ensemble des amas dénombrés. Ce qui permet d'estimer le volume de la production du site à 7411 tonnes environs. Ces chiffres sont avancés avec toute proportion gardée car tous les amas n'ont pas le même volume. Aussi, la destruction des certains amas est un facteur supplémentaire qui peut induire en erreur cette estimation. Toutefois, le volume de déchets métallurgiques et l'importance numérique des bases de fourneaux nous permettent d'avancer l'hypothèse que le fer à Lolo était produit en quantité importante. Cela aurait sans doute satisfait les besoins locaux et permis de ravitailler les villages voisins voire les régions voisines. Le fer produit pourrait avoir servi à la fabrication des outils agricoles, des armes et de bien d'autres objets. Cependant nous ne savons pas quelles étaient les modalités de commercialisation de la matière première « fer » et quels autres usages les hommes faisaient du fer brut.

Zones	Nombre de fourneaux	Nombre d'amas	Volume de production	Proportion des déchets
2	07	15	350,84 tonnes	7,5%
3	10	13	1702,1 tonnes	6,5%
4	06	10	362,4 tonnes	5%
Total	23	38	2415,34 tonnes	19%

Tableau 18: Evaluation de la production métallurgique

3. L'histoire du site de lolo

. L'identité des métallurgistes

L'une des interrogations à laquelle se propose de répondre cette étude est d'identifier les métallurgistes de ce site. Il s'agit en fait de savoir si les Mokolé, occupants actuels du village, sont les auteurs de ce site ou pas. Mais les enquêtes orales menées auprès des populations actuelles révèlent que ceux-ci ne semblent pas avoir pratiqué la métallurgie du fer. Les vestiges de réduction de minerai qui constituent les traces relatives au travail du fer qu'on retrouve sur le site de Lolo ne sont pas l'œuvre des Mokolé. Ces vestiges, constitués essentiellement des buttes anthropiques, des déchets métallurgiques et des structures de réduction, sont antérieurs à l'installation de ces populations. En effet, recense au nord du Bénin, en particulier dans le Borgou beaucoup des sites métallurgiques et des sites d'habitats sans connaître et identifier les populations qui ont pratiqué l'activité et qui ont habité les sites. Néanmoins, les études réalisées sur la métallurgie du fer dans le Borgou ont permis de distinguer quelques groupes de populations métallurgistes qui ont pris part à cette activité. Parmi ces groupes figurent les Tchienga, les Kambéri et les Takpa. Ils occupent des localités situées dans l'extrême nord-ouest du Borgou. Une partie de ces populations se trouve en territoire nigérian tandis que les autres sont installées le long de la frontière entre le Bénin et le Nigéria. Selon G. Ayouba, les traditions de Borgou et les autres écrits identifient les Tchienga comme d'excellents métallurgistes ayant très tôt maîtrisé la métallurgie du fer (1992 : 7). Les Kambéri ont aussi pris part à l'activité métallurgique mais leurs techniques de réduction n'ont pas pu être identifiées ni par les sources orales ni par les documents écrits.

A ces groupes de populations s'ajoutent deux groupes de métallurgiste connus dans le Borgou Béninois, il s'agit des Baatombu et des Boo.

Les Baatombu occupent la partie sud de Borgou béninois dans les zones de Kalalé, de Sakabanzi et de Gogounou. Il semble que l'introduction dans la région boo de la technique dite de « fufuna » de réduction des minerais soit l'œuvre des métallurgistes baatonu. A en croire O. Banni-Guéné 1993, ils auraient fait une exploitation itinérante des minerais jusque dans les régions de Ségbana et même plus à l'est.

Les Boo, quant à eux, peuplent majoritairement les régions de Ségbana, les localités de Bensékou (région de Kandi) et de Kaiama dans le territoire nigérian. Ce sont les Boo qui ont employé la technique de réduction des minerais dite « muga ».

En dehors de ces populations de métallurgistes, on trouve dans le Borgou d'autres groupes de populations qui ont pris part à l'activité métallurgique. Il s'agit notamment des métallurgistes du pays Dendi qui occupent la partie nord de Borgou. Les enquêtes orales que nous avons menées dans cette zone dans le cadre de la mission de recherches archéologiques 2014 ont permis d'identifier deux groupes de populations qui réclament avoir travaillé le fer mais leurs procédés de réduction ne sont pas encore connus. Il s'agit notamment des Koumatè et des Gnango.

L'examen des groupes de population du Borgou qui ont pris part au travail ancien du fer nous a permis d'identifier deux groupes des métallurgistes dans la région de Kandi. Il s'agit notamment des Baatombu et des Boo. Ce qui nous permet d'avancer l'hypothèse qu'il s'agirait de ces deux groupes de population ou de l'un des deux qui auraient travaillé le fer à Lolo. La diversité des techniques de réduction observée sur le terrain permet de dire que plusieurs groupes de population ou plusieurs générations sont impliqués dans le travail du fer. Aussi, s'il est vrai que les Kumatè ont travaillé le fer comme l'indiquent les traditions orales à Kantoro, il est probable qu'ils seraient parmi les acteurs du site de Lolo. En effet, selon les traditions orales recueillies sur le terrain, la mise en place de cette population à Igoua, site situé près de Lolo serait antérieure à celle des Mokolé. Toutefois, ces hypothèses restent à vérifier. A cet effet, il est envisageable que les enquêtes orales soient étendues dans les villages environnants de Lolo et même dans la région de Kandi pour identifier avec précision les acteurs de ce site.

. La datation de l'activité sidérurgique à lolo

La datation de l'activité métallurgique à Lolo est l'un des objectifs fixés par cette étude. Elle vise à situer dans le temps le travail du fer et à en connaître la durée, ce qui permettra de reconstituer l'histoire d'une activité abandonnée depuis des siècles. Malheureusement, aucune datation absolue n'a été effectuée. Aussi, les sources orales ne permettent pas pour l'instant de caler chronologiquement cette activité puisque le site est déconnecté complètement des mémoires actuelles. En l'absence de datations absolues et de sources orales concernant le travail du fer à Lolo, il est souhaitable de jeter un regard sur les dates obtenues sur les sites des régions voisines de notre secteur d'étude afin d'avancer quelques hypothèses. De ce point de vue, les récentes datations radiocarbone réalisées sur les sites métallurgiques du pays Dendi par C. Robion-Brunner en 2015 restent la seule référence.

En effet, deux dates obtenues à Kompa Moussékoubou situent l'activité métallurgique entre le X^e et le XI^e siècle de notre ère. Les sources orales recueillies sur le terrain et les rares documents écrits indiquent que la mise en place des populations Mokolé à Lolo serait autour du XIV^e et XV^e siècle de notre ère. Or, ces populations ignorent complètement cette activité. Ce qui veut dire que le site serait abandonné plusieurs années avant sa réoccupation par les Mokolé. De ce fait, on peut raisonnablement situer le travail du fer à Lolo à une époque antérieure au XIV^e siècle. Le volume de la production et une riche diversité des techniques observées sur le site permet de rendre compte de l'ampleur l'activité métallurgique. Ce qui permet d'envisager que l'activité métallurgique à peut-être duré plusieurs siècle sur ce site. En examinant le volume des déchets produits et la diversité des techniques employées pour la réduction du minerai, on se rend compte que plusieurs populations et plusieurs générations sont impliquées dans l'activité métallurgique sur ce site. Il est donc envisageable que les travaux futurs soient consacrés sur la fouille de fourneaux afin de mieux caler la chronologie du site.

. La relation du site de lolo avec les autres sites de la région

Le site sidérurgique de Lolo peut être considéré comme un site complet, qui offre tous les types de structures liées au travail du fer dans une aire géographique limitée. On y trouve en effet des zones d'extraction du minerai, des zones de réduction, des zones de forge et des zones d'habitation. Chacune des zones se caractérise par des vestiges spécifiques. L'examen des méthodes de production du fer a permis de distinguer différentes techniques de réduction⁷. La diversité des variantes technologiques s'observe dans les styles de construction des fourneaux et les déchets produits. L'étude des déchets métallurgiques a permis de caractériser les différents types et catégories des scories du site. Les deux grands types de scories trouvées sur le site sont ceux coulées internes et externes. Chaque type est constitué de plusieurs catégories. Les mêmes types de vestiges ont été observés sur les sites métallurgiques du pays Dendi, à Kantoro notamment (C. Robion-Brunner 2014 : 7). Outre les vestiges métallurgiques, le minerai de fer employé sur le site de Lolo est de même nature que celui employé à Pékinga. Cependant, ces sites sont établis dans deux zones culturellement et linguistiquement différentes. Aussi la distance entre Lolo et les sites de pays Dendi est relativement considérable (60 km environ), ce qui ne nous permet pas pour l'instant d'établir le lien entre ces sites et celui de Lolo. D'autres sites ont été répertoriés et mentionnés dans le Borgou, mais nous n'avons pas eu le temps de les

⁷ Les variantes archéologiques observées sont les différentes catégories des scories, les différentes techniques de construction des bas fourneaux et les tuyères.

visiter. Aussi, les chercheurs qui ont étudié ces sites n'ont pas accordé une attention particulière à la catégorisation des déchets. Aujourd'hui, nous ne détenons pas assez d'informations pour établir le lien qu'il y a entre les autres sites de la région et celui de Lolo.

Conclusion et perspectives

A l'étape actuelle de cette étude, nous ne pouvons pas encore parler d'une conclusion puisqu'il reste encore des aspects non résolus de la question. Une simple prospection ne saurait en effet conduire à un travail de recherche exhaustif. Il s'agit plutôt d'un bilan de premières observations.

Notre ambition à travers cette étude est d'apporter une contribution à l'histoire du travail du fer dans la région de Kandi. L'objectif visé par cette recherche était de dresser le plan du site métallurgique de Lolo, d'étudier son organisation spatiale, de quantifier les déchets métallurgiques du site et d'identifier les techniques de réduction employées et les acteurs de cette activité. Pour atteindre ces objectifs, une démarche méthodologique a été adoptée sur le terrain et au laboratoire.

Sur le terrain, la démarche adoptée a pris en compte les enquêtes orales, la prospection et les investigations archéologiques.

Au laboratoire, l'étude a porté sur l'observation macroscopique des matières premières utilisées pour obtenir le fer et des déchets métallurgiques issus de la réduction du minerai.

Ainsi, à travers cette étude, nous avons inventorié et étudié l'architecture des puits de mine, les amas de scories et les bases de fourneaux. Nous avons également identifié les différents types d'organisation et les différents types de construction des structures de réduction. L'étendue du site et des différentes zones d'activité a été évaluée et les déchets métallurgiques de quelques zones ont également été quantifiés. L'observation macroscopique des échantillons de minerai nous a permis d'identifier la nature des minerais employés pour obtenir le fer. L'observation et la description des scories nous ont permis de distinguer les types et les catégories des scories présentes sur le site. À travers les types de scories identifiées, nous avons avancé quelques hypothèses sur le type d'évacuation adopté. Les types des scories présentes sur le site de Lolo sont les scories coulées internes et les scories coulées externes. Une observation macroscopique nous a permis de distinguer à l'intérieure de ces types de scories plusieurs catégories.

Par ailleurs, nous sommes conscients que certains objectifs fixés par cette étude ne sont pas atteints. Par exemple la question de l'identité des métallurgistes reste encore non résolue. La question de quantité des déchets métallurgiques reste incomplète car nous nous sommes limités seulement à trois zones. Etant donné que l'étude a consisté en une reconnaissance, aucune fouille n'a été menée. La question de la chronologie (absolue) demeure capitale mais elle reste

également non résolue. Nous sommes donc en face d'une défaillance méthodologique qui affecte l'argumentaire des liens historiques et chronologiques du site.

Au terme de cette étude, il nous paraît opportun de faire des suggestions sur les investigations futures à mener. Des recherches ultérieures doivent viser à chercher les acteurs de ce site. Pour mieux élucider cette question, il est souhaitable de poursuivre les enquêtes orales. Elles doivent couvrir toute la région de Kandi voire les régions voisines.

Les recherches ultérieures doivent également viser à établir la chronologie du site. Pour dater le site, il est souhaitable de fouiller quelques amas et fourneaux. La fouille des fourreaux permettra également d'identifier les éléments fonctionnels de ces structures. Il est également envisageable de continuer avec la quantification des déchets du reste des zones pour avoir une meilleure quantification de la production métallurgique du site. Nous envisageons également de faire des relevés topographiques à différentes échelles et des sondages stratigraphiques. Les relevés et les sondages permettront de mesurer de l'épaisseur des amas de scories et la masse de scories par unité de volume. Il est également envisageable de faire des analyses anthracologiques pour connaître les essences végétales utilisées et voir l'impact de la métallurgie sur l'environnement.

En ce qui concerne les scories, il est important de faire les analyses minéralogiques et chimiques. Ces analyses permettront d'apporter des informations supplémentaires sur les conditions physico-chimiques (températures, etc.) des opérations et permettront de calculer le bilan chimique et la quantité de fer produite.

Bibliographie

Adandé, A. B. (1981). « Un exemple de recherche archéologique : une enquête réalisée par les élèves de l'école publique de Bensèkou » *in recherche, pédagogie et Culture*, N° 55 Sept. Déc., Vol. IX pp. 81-82

Alidou, S. (1983). *Etude géologique du bassin paléomésozoïque de Kandi (Nord-Est du Bénin, Afrique de l'ouest)*, Thèse de doctorat Es-sciences Cotonou, UNB-Université de Dijon, 328 p.

Arifari Bako, N. (1989). *La question du peuplement Dendi dans la partie septentrionale de la République du Bénin : cas de Borgou*, mémoire de maîtrise d'Histoire, FLASH, UNB, 231 p.

Ayouba, G. (1993). *Contribution à l'histoire du peuplement Tchanga de la rive droite du fleuve Niger*, mémoire de maîtrise d'Histoire, FLASH, UNB, pp. 48-50.

Banni-Guene, O. (1993). *Histoire et traditions technologiques dans le Bargu (Borgou) : cas de la métallurgie du fer autour de Ségbana-Kaiama et Bensèkou*, mémoire de maîtrise d'Archéologie, FLASH, UNB, 263 p.

Bocoum, H. (2001). Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique de l'ouest. *In* : descœurdres, J.-P. ; Huysecom, E. ; Serneels, V. ; Zimmermann, J.-L., (Eds), *Aux origines de la métallurgie du fer. Table ronde internationale d'archéologie : l'Afrique et le bassin méditerranéen (1 ; 4-7 juin 1999 ; Genève)*. Sydney : université of Sydney, pp.235-246.

Bocoum, H. (2002). *Aux origines de la métallurgie ancienne du fer en Afrique : une ancienneté méconnue Afrique de l'Ouest et Afrique centrale*, UNESCO, 239 p.

Cherif, A. A. (2011). *Evaluation ethnobotanique et étude de la variabilité morpho-écologique du *Balanites aegyptiaca* (L.) Del au Bénin*, mémoire de DEA en Agronomie, FSA, UAC, 69 p.

Clist, B. (2012). Vers une réduction des préjugés et de la fonte des antagonismes : un bilan de l'expansion de la métallurgie du fer en Afrique Sub-saharienne, *in* : *journal of Africa archeology* V.10, 84 p.

Codjia, V. (2001). « *Contribution à l'analyse coût /bénéfice des scénarios de lutte contre les mouches tsé-tsé et les trypanosomiases Afrique de l'ouest (données sur la zone d'étude au Bénin)* » Rapport de consultation 52 p.

- Diop, M. (1968). *Métallurgie traditionnelle et âge du fer en Afrique*. In : bulletin de l'IFAN, tome XXX, série B. p. 27
- Echard, N. (1983). Scories et symbole, Remarque sur la métallurgie Haussa du fer au Niger. In : Echard, N., (Ed.) *Métallurgies africaines. Nouvelles contributions*. Paris : Mémoires des Sociétés Africanistes, 9 p.
- Echard, N. (1983). *Métallurgies africaines. Nouvelles contributions*. Paris : Société des Africanistes, 339 p.
- Essomba J.-M. (2002). Bilan de l'archéologie de l'Âge du fer au Cameroun méridionale. In : Bocoum, H., (Ed.) *Aux origines de la métallurgie ancienne du fer en Afrique – une ancienneté méconnue*. Paris : Editions de l'UNESCO, (Mémoires des peuples), pp. 133-146.
- Hahn, H. P. (1997). Techniques de la métallurgie au nord-Togo, in *collection patrimoine N°6*, presses de l'UB, Lomé, 193 p.
- Haour, A. (2011). *Prospection archéologique dans la zone de Karimama, Borgou-Alibori (14-28 février 2011)* : rapport préliminaire de la mission 2011, 6 p.
- Haour, A. (2012). *Campagne de recherche archéologique dans la vallée du Niger, république du Bénin (19 janvier-22 février 2012)* : rapport préliminaire de la mission 2012, 23 p.
- Haour, A. (2013). *Campagne de recherche archéologique dans la vallée du Niger, république du Bénin (9 janvier-17 février 2013)* : rapport préliminaire de la mission 2013, 23 p.
- Iroko, A. F. (1987). « Autour des restes d'une ancienne industrie d'extraction du fer à Lélékpota dans la région d'Agonlin », in *carrefour de la recherche*, 1^{er} semestre, N°1, CBRST, Cotonou, pp. 30-43
- Iroko, A. F. (1990). « Les vestiges du travail du fer dans le royaume d'Adja-Wèrè », in *forum du séminaire N° 21* du 05 au 11 septembre 1990, p. 9
- Kienon-Kabore, H. T. (2003). La métallurgie ancienne du fer au Burkina-Faso : province de Bulkiemdé. *Approche ethnologique, historique, archéologique et métallographique* Paris : éditions harmattan, 325 p.

Kiéthéga, J.-B. (1988). « *Etat des recherches sur la production traditionnelle du fer au Burkina-Faso* », communication au séminaire sur l'histoire du Bénin, Cotonou, DHA, FLASH, UNB pp. 12-13.

Kiéthéga, J.-B. (2009). *La métallurgie lourde du fer au Burkina-Faso*. Paris : Editions Karthala, 504 p.

Ki-Zerbo, J. (1978). *Histoire de l'Afrique noire d'hier à demain*, Paris, Hatier, 731 p.

Labiyyi, N. (2008). *Reconnaissance archéologique en Pays Sàbè: contribution à l'histoire du peuplement ancien et précolonial*, mémoire de DEA, FLASH, UAC, 114 p.

Le Carlier De Veslud, C. (2011). La sidérurgie ancienne en Bretagne. Recherche des ateliers de production-filiation minéraux/objets. *Bulletin de la Société d'Archéologie et d'Histoire du Pays de Lorient*, n ° 39, 38 p.

Leroy, M. (1997). La sidérurgie en Lorraine avant le haut fourneau. *L'utilisation du minerai de fer oolithique en réduction directe*, paris, 301 p.

Mangin, M. (2004). *Le fer*. Paris : Editions Errances, 240 p.

Martinelli, B. (1993). Fonderies ouest-africaines. Classement comparatif et tendances. *Techniques et cultures*, 21, pp. 195-221.

Martinelli, B. (1995). « Carrefour centrafricain » de la métallurgie du fer en Afrique, *in Revue Centrafricaine d'Anthropologie n°1*, 7 p.

Martinelli, B. (2000). Le choix de la contribution lente-Mutation technique et mutation sociale au Yatenga, Burkina-Faso. *In* : Pétrequin, P. ; Fluzin, P. ; Thitriot, J. ; Benoît, P., (Eds) *arts du feu et productions artisanales*. Antibes : Editions APDCA, (XX rencontre internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes), pp. 123-142.

Martinelli, B. (2002). Au seuil de la métallurgie intensive – Le choix de la contribution lente dans la boucle du Niger (Burkina-Faso et Mali). *In* : Bocoum, H., (Ed) *Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique – une ancienneté méconnue*. Paris : Editions de l'UNESCO, (Mémoires des peuples), pp. 165-188

Mauny, R. (1970). *Les siècles obscurs de l'Afrique Noire*. Histoire et archéologie, paris, fayard, p. 62.

- Ndanga, A. J.-P. (2004). La chaîne opératoire des ateliers paléométallurgiques de Pendèrè-Senguè (République Centrafricaine), in : *Revue Centrafricaine d'Anthropologie* n°6, 62 p.
- N'Dah, D. (2009). *Sites Archéologiques et peuplement de la région de l'Atakora (Nord-Ouest du Bénin)*, Thèse de doctorat unique (archéologie africaine), Université de Ouagadougou, 521 p.
- Orou, M. I. (2000). *Contribution à la connaissance du potentiel archéologique du Borgou : cas des sites archéo-métallurgiques et des buttes anthropiques de la sous-préfecture de Ségbana, Nord-Est du Bénin*, mémoire de DEA, FLASH, UAC, 84 p.
- Perret, S. (2002). *Etude quantitative et technologique des vestiges sidérurgiques d'une forge d'époque romaine à Etagières (Vaud)*, mémoire d'archéologie, Université de Genève, 85 p.
- Philipson, D. W. (1980). « Les débuts de l'âge du fer en Afrique méridionale » in *Histoire Générale de l'Afrique, Afrique ancienne*, T. II, UNESCO, pp. 729-749.
- Posnansky, M. (1980). « Les sociétés de l'Afrique sub-saharienne au premier âge du fer » in *Histoire Générale de l'Afrique, Afrique Ancienne*, T. II UNESCO, pp. 779-794.
- Quéchon, G. (2001). Les datations de la métallurgie du fer à Termit (Niger) : leur fiabilité. leur signification. In : descœurdres, J.-P. ; Huysecom, E. ; Serneels, V. ; Zimmermann, J.-L., (Eds), *Aux origines de la métallurgie du fer. Table ronde internationale d'archéologie : l'Afrique et le bassin méditerranéen (1 ; 4-7 juin 1999 ; Genève)*. Sydney : université of Sydney, (Mediterranean archeology), 14, pp. 247-254.
- Quéchon, G. (2002). Les datations de la métallurgie du fer à Termit (Niger) : leur fiabilité. leur signification in : Bocoum, H., (Ed.) *Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique – une ancienneté méconnue*. Paris : Editions de l'UNESCO, (Mémoire des peuples), pp. 105-114.
- Randsborg, K.; Merkyte, I. (2009). *Bénin archaeology. The ancient kingdoms*. Oxford 260 p.
- Robion-Brunner, C. (2008). *Vers une histoire de la production du fer sur le plateau de Bandiagara (pays dogon, Mali) durant les empires précoloniaux : peuplement des forgerons et tradition sidérurgiques*, thèse de doctorat, Université de Genève, 423 p.
- Robion-Brunner, C. (2010). *Peuplements des forgerons et traditions sidérurgiques : Vers une histoire de la production du fer sur le plateau de Bandiagara (pays dogon, Mali) durant les*

empires précoloniaux. Monographie du programme Paléoenvironnement et peuplement humain en Afrique de l'Ouest, Africa Magna Verlag, Francfort, 167 p.

Robion-Brunner, C. (2013). *Les opérations paléométallurgiques au Dendi (nord du Bénin)* : rapport préliminaire de la mission 2013. Toulouse : Université de Toulouse II le Mirail, 21 p.

Robion-Brunner, C. (2014). *Les opérations paléométallurgiques au Dendi (nord du Bénin)* : rapport préliminaire de la mission 2014. Toulouse : Université de Toulouse II le Mirail, 33 p.

Robion-Brunner, C. ; Haour, A. ; Coustures, M.-P. ; Champion, L. ; Béziat, D. (2015). Iron Production in Northern Benin: Excavations at Kompa Moussékoubou. *In: journal of African archaeology Vol. 13 (1)2015*, pp. 8-13

Sabi-Monra, S. (1990). *Tradition orale et archéologie : enquête sur la métallurgie ancienne du fer dans le Borgou oriental*, mémoire de maîtrise d'archéologie, FLASH, UNB, 205 p.

Serneels, V. (1993). *Archéométrie des scories de fer. Recherches sur la sidérurgie ancienne en ancienne en Suisse occidentale*. Lausanne : in Cahier d'archéologie romande, 61, 240 p.

Serneels, V. ; Fluzin, P. ; Ploquin, A. (2000). *Archéométrie des déchets de production sidérurgiques. Moyens et méthodes d'identification des différents éléments de la chaîne opératoire directe*. *In : Gallia*, 57, 121 p.

Serneels, V. ; Robion-Brunner, C. ; Perret, S. (2006). La sidérurgie en pays Dogon : problématique, premiers résultats et perspectives. *Etudes maliennes*, n° spécial : programme de recherche international « *peuplement humain et évolution paléoclimatique en Afrique de l'Ouest* », 26 p.

Serneels, V.; Kiénon-Kaboré, H.T.; Koté, L.; Kouassi, S.K.; Ramseyer, D.; Simporé, L. (2012). Origine et développement de la métallurgie du fer au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire. Premiers résultats sur le site sidérurgique de Korsimoro (Sanmatenga, Burkina Faso). *Jahresbericht 2011 der Schweizerisch-Liechtensteinische Stiftung für Archäologische Forschungen im Ausland (SLSA)*, Zurich & Vaduz, pp. 23-54.

Serneels, V.; Kienon-Kabore, H.T.; Kote, L.; Kouassi, S.K.; Mauvilly, M., Ramseyer, D.; Simporé; L. (2013). Origine et développement de la métallurgie du fer au Burkina Faso et en Côte d'Ivoire. Avancement des recherches en 2013 et quantification des vestiges de Korsimoro (Burkina-Faso). *Jahresbericht 2012 der Schweizerisch Liechtensteinische Stiftung für Archäologische Forschungen im Ausland (SLSA)*, Zurich & Vaduz, pp. 113-143.

Liste des figures

Figure 1 : Carte des zones d'étude, Source Anne Haour, 2011.....	9
Figure 2 : Situation de la zone d'études.....	10
Figure 3 : Mesures des hauteurs des amas.....	22
Figure 4 : Cubage implanté sur le secteur 2 de la zone 2.....	22
Figure 5 : Localisation générale des différentes zones d'activité.....	25
Figure 6 : Répartition des zones d'extraction.....	26
Figure 7 : Puits de mine.....	27
Figure 8 : Excavations et déblais; A, B : zone 1 ; C, D : zone 2.....	28
Figure 9 : Disposition des zones de réduction et d'habitats.....	28
Figure 10 et 11: Répartition des vestiges métallurgiques dans les zones 1 et 7.....	29
Figure 12, 13 et 14 : Répartition des vestiges métallurgiques dans des zones 2, 3 et 4.....	30
Figure 15 et 16: Répartition des vestiges métallurgiques dans les zones 5 et 6.....	32
Figure 17: Zone de forge marquée par des scories et des tessons de poterie.....	34
Figure 18 : Concentration des tessons de céramique et autres vestiges archéologiques dans la, première zone d'habitat.....	35
Figure 19, 20 et 21 : Disposition des amas et des bases de fourneau dans les zones 2, 3 et 4.....	36-37
Figure 22 : Répartition de type des structures sur le site.....	41
Figure 23: Répartition de type des structures dans les différentes zones.....	42
Figure 24 : Légende commune au dessin des bases de fourneaux.....	43
Figure 25 : Bases de fourneau de la première technique de construction.....	43
Figure 26 : Bases de fourneaux de la deuxième technique.....	44
Figure 27 : Bases de fourneaux de la troisième technique de construction.....	45
Figure 28 et 29 : Bases de fourneaux de la quatrième technique de construction.....	46
Figure 30 et 31: Localisation des amas 1 et 12.....	50
Figure 32: Cubage réalisé sur l'amas de la zone 4.....	56
Figure 33 : Cubage implanté sur l'amas de la zone.....	60
Figure 34 : Puits de mine matérialisé par les encoches parallèles et équidistantes.....	63
Figure 35 : Encroûtement dans le puits de mine résultant d'une altération météorique.....	61

Figure 36 : Microphotographie du minerai oolithique échantillonné à Pékinga. Oolite ancienne en goethite (gris) avec des cristaux de quartz interstitiels (gris foncé) et le rutile (blanc) cimentés par de la goethite (gris clair) (Robion-Brunner et <i>al.</i> , 2015).....	64
Figure 37 : Echantillons de minerai de Lolo. Le minerai est formé d'un agglomérat d'éléments arrondis visibles à l'œil nu.....	65
Figure 38 : Légende commune aux dessins de scories.....	65
Figure 39 : Scories coulées externe en plaque et en éventail.....	66
Figure 40 : Scories coulées à cordons fins et superposés.....	66
Figure 41 : Caractéristiques des scories de la zone 6. <i>Figure 42 : scorie coulée externe à cordons large</i>	67
Figure 42 : Scorie coulée externe à cordons large.....	68
Figure 43 : Scories internes grises denses.....	69
Figure 44: Scories coulées internes argilo-sableuses.....	70
Figure 45 : Scories coulées internes à petites coulures (cordons individualisés).....	71
Figure 46 : Scories oxydées.....	72
Figure 47 : Scories remplie dans la tuyère.....	73
Figure 48 : Scories remplie dans la tuyère.....	73
Figure 49 : Les fragments de tuyères dont seul le nez est conservé.....	75
Figure 50 : Répartition de types et catégories des scories.....	78
Figure 51 et 52 : Coupe d'un fourneau de Type Mūga (exemple de fourneau à tirage naturel d'air) et Fufuna (ventilation artificielle) Source : O. Banni Guéné.....	82

Liste des tableaux

Tableau 1 : Localisation des zones d'extraction et inventaire des puits de mine.....	27
Tableau 2: Localisation et description des différentes zones	31
Tableau 3: Localisation et description des différentes zones d'habitats	35
Tableau 4: Les similitudes et les différences d'organisation spatiale des amas	36
Tableau 5: Inventaire et dimension des fourneaux du site.....	41
Tableau 6: Type d'organisations spatiales et caractéristiques des déchets et des structures de réduction	48
Tableau 7: L'étendue des différentes zones d'activité.....	48
Tableau 8: Quantité des déchets métallurgiques du secteur 3, zone 2.....	51
Tableau 9: Quantité des déchets métallurgiques de la zone 3	51
Tableau 10: Quantité des déchets métallurgiques de la zone 4	52
Tableau 11: Tonnage par zones et secteurs.....	52
Tableau 12: Cubage 1, évaluation de la proportion des déchets métallurgiques.....	55
Tableau 13: Cubage 1, évaluation de la proportion des déchets métallurgiques.....	59
Tableau 14: Localisation, profondeurs et dimensions des puits de mine.....	62
Tableau 15: Inventaire des tuyères.....	76
Tableau 16: Répartition des déchets métallurgiques et localisation de types d'évacuation de scories	79
Tableau 17: Diamètres et épaisseurs des parois de fourneau du secteur 1, zone 3.....	81
Tableau 18: Evaluation de la production métallurgique	84