

La métallurgie du cuivre dans la région de l’Inchiri, en Mauritanie au cours de l’Holocène récent. Etat de la recherche à la lumière des nouvelles recherches menées par le projet franco-mauritanien CUPRUM

Antoine Courcier (1), Ethmane Essaid (2), Mohamed Abdoullah Ould Bagga (3), Angela Celauro (4), Alexander Maass (5)

- 1- Co-directeur du projet CUPRUM, archéologue-chercheur spécialiste des métallurgies des non-ferreux, membre associé au laboratoire TRACES CNRS/UMR 5608, Toulouse.
- 2- Co-directeur du projet CUPRUM, archéologue-chercheur, Institut Mauritanien de Recherche et de Formation en matière de Patrimoine (IMRFP), Nouakchott.
- 3- Géologue, département développement ressources, Mauritanian Copper Mine (MCM), Nouakchott.
- 4- Archéomètre, University Sapienza of Rome, DICEA, Rome, Italie
- 5- Archéologue minier, Niedersächsische Landesamt für Denkmalpflege, Aussenstelle Montanarchäologie, Goslar, Allemagne

Parmi les premiers métaux travaillés par l’homme figure le cuivre. De nombreux travaux ont mis en évidence et étudié des foyers métallurgiques anciens en Iran, Mésopotamie, Turquie, au Caucase et en Europe Centrale, datés entre le 10^e et le 5^e millénaires avant notre ère (Moorey 1994, Pigott 1999, Schoop 1999, Hauptmann 2000, Yener 2000, Stöllner 2005, Yalçin 2008, Radivojevic et al. 2010, Courcier et al. 2016). Par contre, la question des débuts de la métallurgie du cuivre en Afrique fait toujours débat.

En Afrique subsaharienne, la métallurgie du cuivre apparaît 1500 ans après celle du fer, dont les débuts se situent aux alentours du 1^{er} millénaire de notre ère (Anciaux de Faveau *et al.*, 1984 ; Alpern 2005 ; Clist, 2012 ; Killick, 2015). Par contre, au nord du 15^e parallèle N., dans certains pays de l’aire Saharo-Sahélienne, la métallurgie du cuivre apparaît quatre millénaires avant celle du fer. Mais paradoxalement, les gisements cuprifères sont moins nombreux et moins importants au nord du 15^e parallèle N., comparativement aux nombreux indices de cuivre connus en Afrique subsaharienne (Milesi *et al.*, 2004)

L’état actuel des connaissances ne permet pas de déterminer si le développement de la métallurgie dans la zone saharo-sahélienne répond à une influence extérieure ou à un choix culturel dont les raisons nous échappent encore (Holl 2000, Bison 2000, Killik 2005 et 2015, Bokbot, 2005, Robion-Brunner, 2018)

Avec le Maroc et le Niger, la Mauritanie est l’un des pays où furent découverts les témoins les plus anciens de la métallurgie (**Fig. 1**).

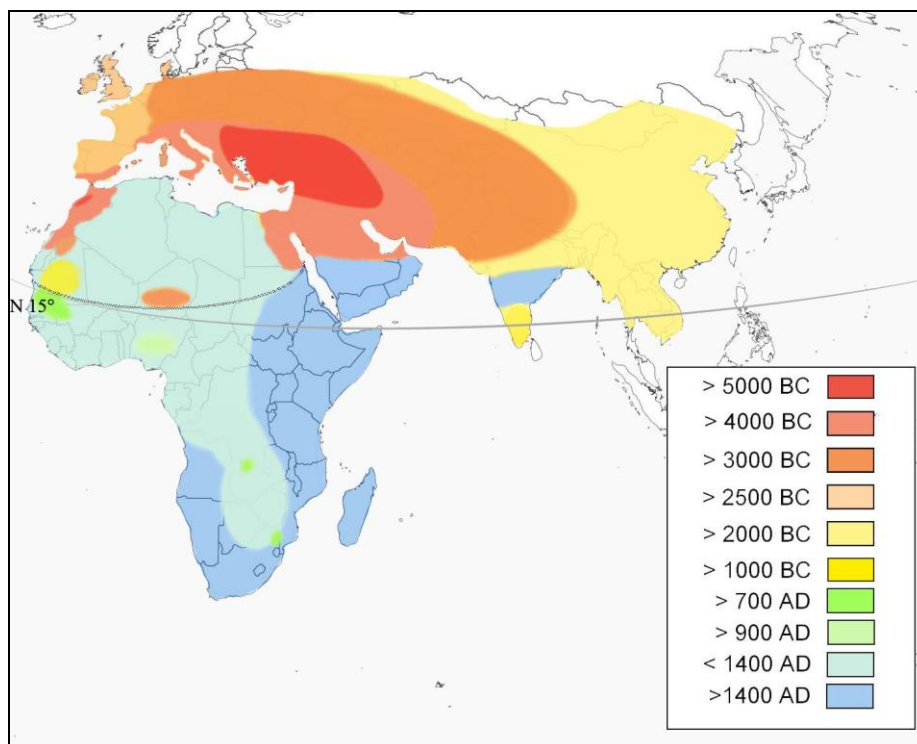


Fig. 1 : carte de diffusion du principe technologique de réduction des minerais de cuivre. La ligne entre le Sud de la Mauritanie et le Nord du Soudan délimite le développement diachronique de la métallurgie du cuivre. Au nord de la ligne : Néolithique → métallurgie du cuivre → métallurgie du fer ; au Sud de la ligne : Néolithique → métallurgie du fer → métallurgie du cuivre (Courcier d'après Grebenart, 1988, Bison, 2000, Bokbot, 2005, Killik 2005 & 2014, Roberts et al., 2010, Nikis, 2013 & 2014 et Bandama et al., 2014

Au Maroc, aucun indice de production métallurgique n'a encore été découvert. La métallurgie du cuivre, qui remonterait au 4^e millénaire, n'est à ce jour connue qu'au travers d'objets dont l'origine semble septentrionale (Bokbot, 2005).

Au Niger, la métallurgie du cuivre apparaît au 1^{er} millénaire (« Cuivre II »), voire dès le 3^e millénaire (« Cuivre I ») mais cette date reste débattue. La période du « Cuivre II » est contemporaine au développement de la métallurgie du cuivre en Mauritanie. Des relations semblent avoir existé entre ces deux pays, ainsi qu'avec le Nord du Sénégal (Grebenart, 1983 à 1996). La métallurgie du cuivre est également contemporaine de celle du fer, qui se développe au Sud du pays en contact avec des populations sahéliennes. Mais aucune transmission des procédés métallurgiques entre ces deux métallurgies ne semble s'être opérée.

La métallurgie du cuivre en Mauritanie est principalement illustrée par les découvertes dans la région de l'Inchiri, près de la ville d'Akjoujt, mais des indices découverts dans la région du Tigirit et plus au Nord du Pays, dans le Tiris-Zemmour, suggèrent également son développement dans plusieurs foyers métallurgiques, encore mal compris (Lambert 1965 à 1983, Bathily, 1992).

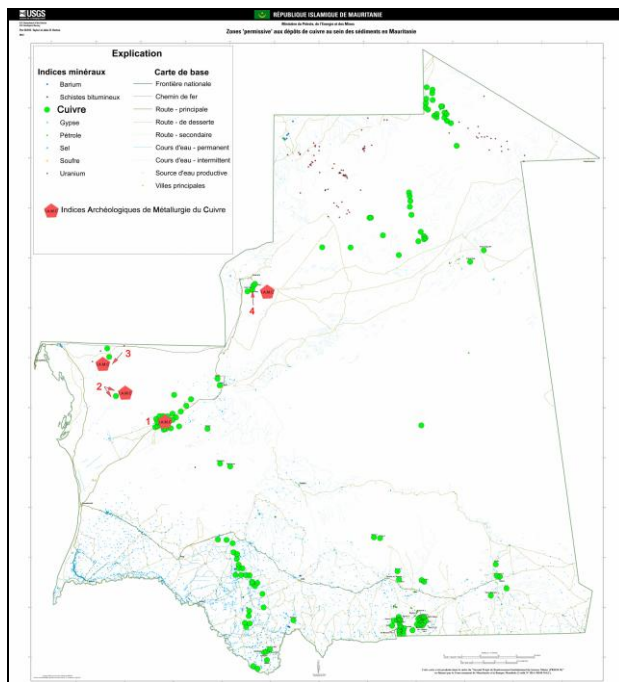


Fig. 2 : Carte de la Mauritanie précisant la localisation des gisements de cuivre (Taylor et al., 2012a et 2012b) et celle des Indices Archéologiques de Métallurgie du Cuivre (IAMC) connus. Région de l’Inchiri : 1- secteur d’Akjoujt (Lambert, 1965 à 1983, Vernet, 2012, Courcier et al., à paraître), 2- secteur du Tigrit (Bathily, 1992), 3- secteur de Tasiast (communication personnelle de Y. Dedi et S.-M. Salem, 2019, ©IMRFP), région du Tiris-Zemmour : 4- Dechra (Lambert, 1983 et 1989).

Après un siècle, la question des origines et du développement de la métallurgie du cuivre en Mauritanie reste entière.

Sur la base des travaux archéologiques menés il y a près de 50 ans dans l’Inchiri, près d’Akjoujt, le projet franco-mauritanien CUPRUM – *CUivre : PRoduction et Usages en Mauritanie à l’Holocène* – a été amorcé en 2016. Ce programme de recherche quadriennal est financé par le Ministère de l’Europe et des Affaires Etrangères français. Soucieux de préserver et de valoriser le patrimoine archéologique et historique de la région de l’Inchiri, le groupe minier *First Quantum Mineral* et sa filiale, la compagnie *Mauritanian Copper Mine* (MCM), apportent un soutien en moyens humains et logistiques lors des missions de terrain.

Les recherches menées dans le cadre de ce projet, ont permis de découvrir 270 sites archéologiques, qui semblent pour la plus part remonter à l’holocène récentⁱ.

1- La métallurgie dans l’Inchiri au cours de l’Holocène récent : état de l’art

Les travaux précédent ont permis de découvrir des indices qui situent l’apparition de la métallurgie du cuivre au cours de la seconde moitié du 2^e millénaire avant notre èreⁱⁱ, et confirment ainsi l’existence d’un âge du cuivre en Mauritanie, suggéré par les travaux de B. Crova (1912).

1.1 Les quelques mines anciennes connues

Au nord-ouest du pays, dans la région de l’Inchiri, une mine ancienne sur le Guelb Moghreïn occidental fut signalée en 1947 par A Blanchot. A la fin des années 1950, J. Hallemans découvre d’autres mines et en informe R. Mauny qui les visite en 1957 (Mauny, 1957, Mauny et al. 1957). Face à la menace de destruction par la compagnie minière MICUMA, l’une d’entre elle, nommée « la grotte aux chauves souris », fut fouillée par N. Lambert à partir des années 1960 (Lambert 1965 à 1975) (**Fig. 3**). Ses travaux, sur le Guelb Moghreïn occidental, ont démontré l’extraction au pic de malachite et de chrysocolle et des activités de traitement (concassage, broyage, grillageⁱⁱⁱ). Les datations situent l’exploitation de cette mine entre $2776 \pm 126 \text{ BP}^{\text{iv}}$ et $2350 \pm 110 \text{ BP}^{\text{v}}$, soit entre 1305 et 197 cal. BC.

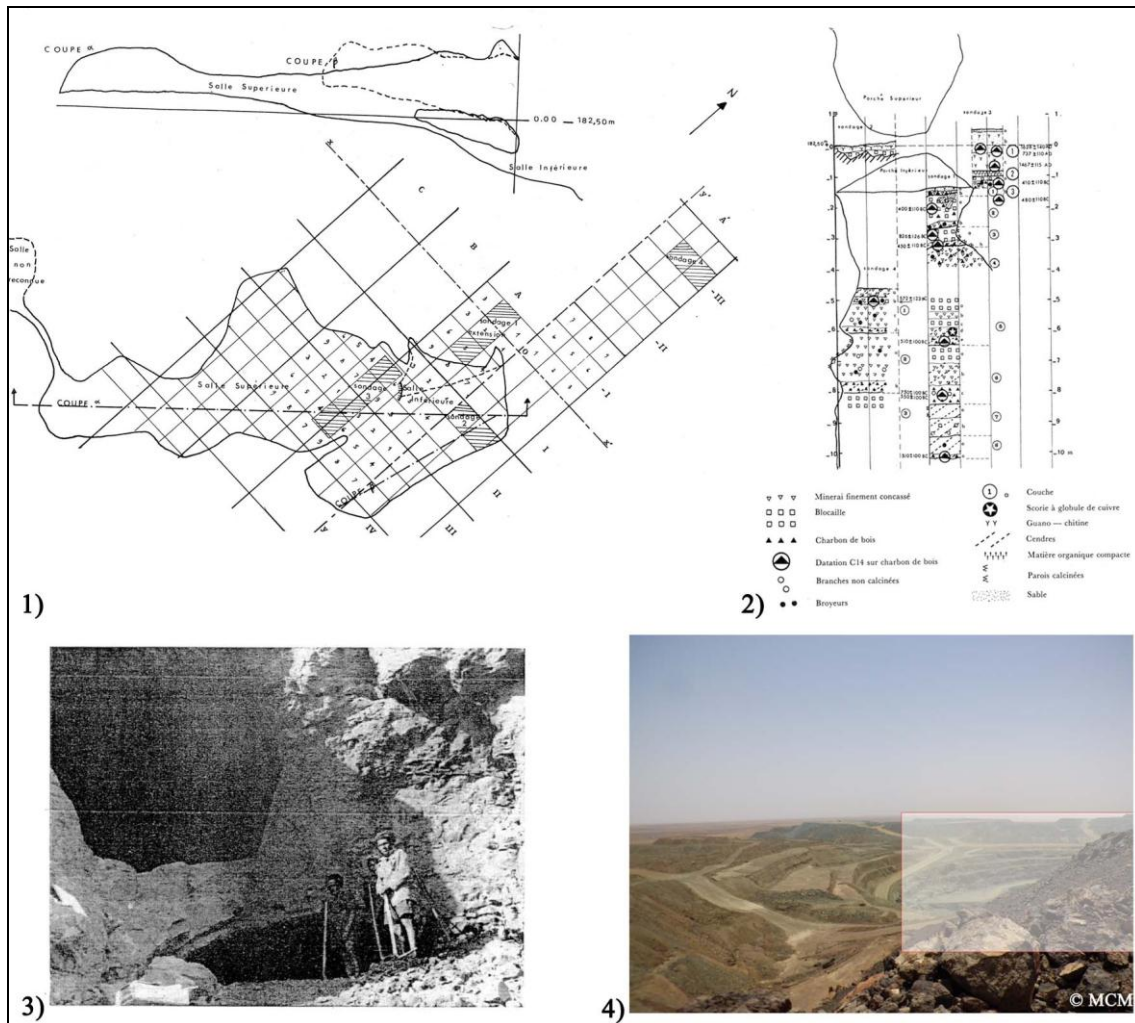


Fig. 3 : Mine ancienne « grotte aux chauves-souris », fouillée par Nicole Lambert au niveau du Guelb Moghreïn occidental : 1) plan et coupe des fouilles (Lambert 1975), 3) photo de l'entrée de la mine ancienne (Lambert, 1965), 4) vue actuelle de la position de la mine ancienne détruite par les travaux moderne de la société minière MICUMA (© MCM)

Ce site n'est probablement pas l'unique mine ancienne de la zone. Suite à la découverte d'une hache-pic au niveau de l'affleurement de cuivre de « Sainte Barbe », dans le massif d'Irarchène, R. Mauny suppose l'existence d'exploitation minière au niveau de l'ensemble des gisements cuprifères de la région (Mauny et al. 1957). H. Bessac rapporte également la découverte de fragments de malachite, d'outils de concassage/broyage et d'une hache-pic en pierre au niveau de sites néolithiques au nord-est d'Akjoujt, dans le draa Malichigdane (Bessac, 1958), à moins de 10 km du massif d'Irarchène. Néanmoins aucune étude archéologique n'a été menée afin de vérifier l'hypothèse d'autres mines anciennes dans la région d'Akjoujt.

1.2 Les quelques sites métallurgiques découverts

R. Mauny signale dans son carnet de terrain des scories à proximité d'une mine ancienne sur le Guelb Moghreïn (Mauny, 1957). Ces indices suggérant un atelier de réduction n'ont toutefois pas fait l'objet de recherche.

A 40-70 km au Sud de la « grotte aux chauve-souris », le long des cordons dunaires de la Dkhaina et d'Amatlich, des ateliers métallurgiques furent identifiés à Lemdena, Touzigt, Medinet Jleit et Lemguerinat. Des fragments de minerais, des amas de scories et des foyers métallurgiques furent mis au jour (Lambert 1969a, 1975, 1983, Vernet 2012). Seuls quelques foyers à Lemguerinat et à Lemdena ont été fouillés.

A Lemgueririnat, à 110 km au sud-ouest d'Akjoujt, une quinzaine de foyers furent découverts (**Fig. 4**). Ils se composent d'une cuvette creusée dans le sable, d'un diamètre de l'ordre de 0,8 m, de tuyères et de parois en céramique (Vernet 2012). La datation de l'un d'entre eux situe leur utilisation vers 2470 ± 100 BP^{vi}, soit 850-406 cal. BC. Ils seraient contemporains de la mine ancienne du Guelb Moghrein.

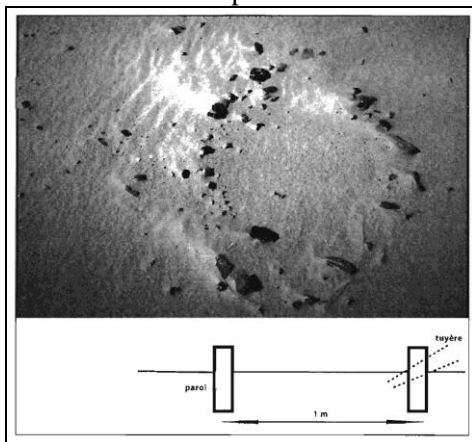


Fig. 4 : Four métallurgique découvert à Lemgueririnat, contemporain de l'exploitation de la mine « grotte aux chauves-souris » (Vernet, 2012)

A Lemdena, à 60 km au Sud d'Akjoujt, sept foyers furent découverts (**Fig. 5**). Ils se caractérisent également par une cuvette creusée dans le sol, des tuyères et des parois en céramique. Ils sont supposés contemporains de la mine ancienne (Lambert 1975), mais la datation de l'un des foyers, 1760 ± 110 BP^{vii}, soit 28 à 537 cal. AD, démontre qu'il est plus récent et pose le problème de la chronologie de l'occupation anthropique et celui du développement diachronique de la métallurgie dans la région d'Akjoujt.

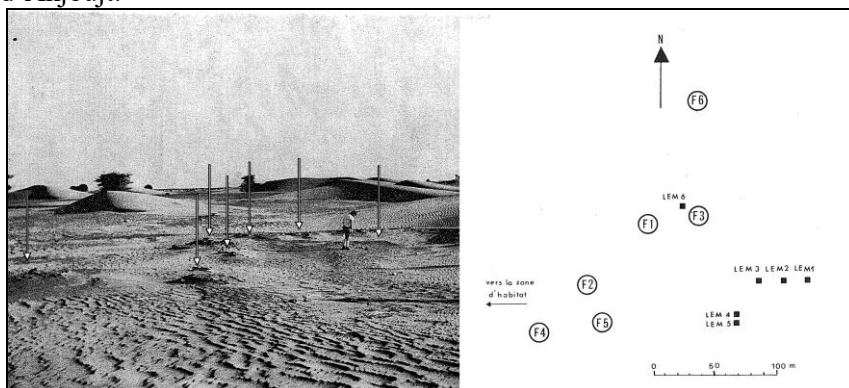


Fig. 5 : Batterie de four métallurgiques découvert au sud-est du site de Lemdena (Lambert, 1975)

Les sites métallurgiques ne sont pas uniquement localisés dans les cordons dunaires méridionaux.

A 95 km au nord-ouest d'Akjoujt, en bordure du cordon dunaire de l'Akchar, un atelier métallurgique fut découvert à proximité d'un site néolithique, sur le reg du Tijirit à l'Est de Châmi, au Nord du Khatt El 'Ogol (**Fig. 2**). Il comportait des scories, la base d'un foyer métallurgique et une tuyère (Bathily 1992, Grébénart et al. 1994). L'occupation anthropique est datée entre 3520 ± 60 BP et 3070 ± 110 , soit 1983 à 1011 cal BC^{viii} (Bathily 1992). Ces découvertes confirment l'existence de sites liés à la métallurgie dans les cordons dunaires septentrionaux d'Akjoujt. Nos prospections en 2016 ont également apporté des éléments qui étayent cette hypothèse.

Plus au Nord, dans la région du Tiris-Zemmour, au Sud d'Assabet el Medahia, à l'Est près du village de Dechra, une zone d'activités métallurgiques d'une superficie de 10m^2 a été identifiée sur un site d'habitat Néolithique (Lambert 1983, 1989) (**Fig. 2**). Des scories et des objets en cuivre furent découverts. Les recherches n'ont pas permis de repérer de foyer métallurgique. Les datations réalisées sur des foyers culinaires du site d'habitat situent son occupation entre 2590 ± 100 et 2500 ± 100 BP^{ix}, soit entre 922 et 399 cal. BC. Cet atelier métallurgique est à 30 km à l'Est d'une zone de minéralisation cuprifère^x comprenant plusieurs gisements^{xi} (Taylor et al. 2012a).

1.3 La région d'Akjoujt au cœur d'un réseau d'échanges liés au métal

La métallurgie dans la région d'Akjoujt est connue également au travers des quelques lingots et des nombreux objets en métal découverts dans l'Inchiri (Lambert, 1971, 1972, 1981, 1983). Une grande partie de ces objets fut analysée ; Ils sont en cuivre, certains faiblement alliés à l'arsenic. Les traces d'or, de nickel et de fer amènent à supposer qu'une partie d'entre eux ont été produits dans la région d'Akjoujt (Bourhis, 1983). Les interprétations et les hypothèses relatives à la provenance des minerais restent toutefois limitées car seuls les minerais du Guelb-Moghrein furent analysés. La composition de ces objets n'a pas encore été confrontée aux données géochimiques de l'ensemble des gisements cuprifères de la région d'Akjoujt et plus généralement de ceux de la Mauritanie. L'analyse des éléments traces et de la signature isotopique permettrait d'apporter des éléments de réponse sur la provenance des matières premières.

La région d'Akjoujt apparaît au centre d'un réseau d'échanges lié au métal allant de la Mauritanie (Vernet, 1983, 2012, 2014) au Niger (Grébénart 1988, 1995), voire même jusqu'au Nord du Sénégal. Des objets en cuivre furent découverts sur le site de Walaldé, dans les niveaux de la seconde phase d'occupation datée entre 550 et 200 cal. BC, qui se caractérise également par une métallurgie du fer. La composition de ces objets en cuivre est proche de celle des minerais de la région d'Akjoujt. Des contacts liés à la métallurgie semblent donc établis entre le Nord du Sénégal et la Mauritanie (Deme et al., 2006).

En Mauritanie, comme au Niger, des échanges et des interactions semblent également avoir eu lieu entre les populations sahariennes et sahéliennes. Aucune évolution ou transmission des procédés métallurgiques, de la réduction du cuivre à celle du fer, n'est connue (Robion-Brunner, 2018).

1.4 La question de la métallurgie du fer

L'absence d'indices liés à la métallurgie du fer dans la région d'Akjoujt est étonnante au regard des contacts avec le Niger et le Nord du Sénégal, où cette métallurgie apparaît au 1^{er} millénaire avant notre ère.

Les teneurs élevées en fer contenues dans les minerais de type IOCG^{xii}, et la présence de latérites dans la région d'Akjoujt seraient propices à la production de fer (Strickland et al. 2001, Lahondère 2003, Thiéblemont et al. 2004, Alpern 2005, Fernette 2012, Taylor et al. 2012a & 2012b).

Au nord-ouest d'Akjoujt, plusieurs indices suggèrent l'existence d'une métallurgie du fer au cours de l'Holocène. Dans la région du Tijirit, au Sud du khatt El 'Ogol, près de Lemhäider, une perle et un bracelet en fer furent mis au jour dans une tombe datant du Néolithique^{xiii} (Bathily 1992, Amblard et al. 1990). Un site métallurgique de réduction de fer, associé à une installation néolithique, fut également découvert au Nord de l'Azefal, près du massif de Imkebdène, à proximité du khatt Ataoui (Hebrard 1978, Bathily 1992). Ce site est situé non loin d'une cuirasse de latérite (Hebrard 1978).

A ce jour, aucune recherche n'a encore été menée sur les sites liés à la métallurgie du fer dans cette région de l'Inchiri

2- Le projet franco-mauritanien CUPRUM

2.1 Problématique et axes de recherches

Ce projet vise à mieux comprendre l'origine et le développement de la métallurgie en Mauritanie au cours de l'Holocène récent. Il s'agit de repositionner, recentrer et redéfinir la place et le rôle de la Mauritanie dans le développement de la métallurgie dans l'aire Saharo-Sahélienne.

Deux axes principaux de recherche sont suivis : former à l'archéologie des étudiants mauritaniens et caractériser la métallurgie du cuivre selon les points de vue technologique, culturel et chronologique.

2.2 Aire de recherche

Les recherches de terrain, d'une durée de six à huit semaines, se déroulent dans un rayon de 80 km autour de la ville d'Akjoujt.

La région d'Akjoujt est caractérisée, au centre, par de grands regs plats et des massifs précambriens, composés de plusieurs formations et pitons rocheux (*guelb*), formant un paysage en inselberg. Les regs sont traversés par des dépressions alluviales (*khatt*) et des oueds. De puissants cordons dunaires, allongés dans la direction des vents dominants, s'étendent au nord-ouest et sud-est de la zone.

La région d'Akjoujt est l'une des zones cuprifères de la Mauritanie. Ce district métallifère se situe au Nord de la ceinture volcano-sédimentaire des Mauritanides. Il se caractérise par des minéralisations de cuivre et d'or, considérés de type IOCG^{xiv} voire VMS^{xv}, hébergées dans des metabasaltes, des schistes, des formations de fer rubané et des roches métavolcaniques felsiques (Strickland *et al.*, 2001 ; Meyer *et al.*, 2006 ; Taylor *et al.*, 2012a & 2012b ; Fernette, 2012 ; Bradley *et al.*, 2015).

Une dizaine d'occurrences cuprifères sont connues dans la région (Fernette, 2012 fig.3) (**Fig. 6**). Le cuivre, associé à l'or et au cobalt, est minéralisé sous plusieurs formes : petites poches, lentilles, stockwerks et veines (Strickland *et al.*, 2001 ; Martyn *et al.*, 2004).

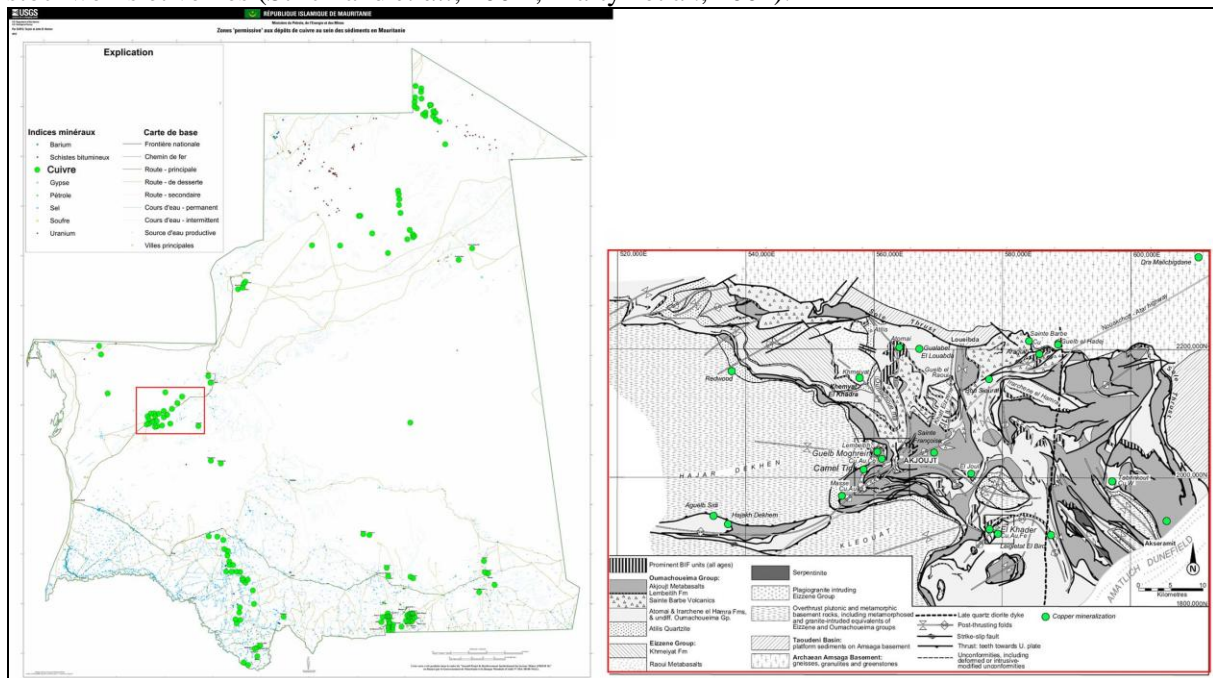


Fig. 6 : carte de localisation des gisements de cuivre en Mauritanie et focus sur le district métallifère d'Akjoujt (Strickland *et al.*, 2001 ; Meyer *et al.*, 2006 ; Taylor *et al.*, 2012a & 2012b ; Fernette, 2012 ; Bradley *et al.*, 2015)

Au niveau de la zone supergène, les minéralisations cuprifères sont sous la forme de minéralisations de malachite, azurite, chrysocolle, cuprite et plus rarement de covellite ; Des formations d'hématite et de goethite sont également fréquentes au niveau du gossan. La zone de transition comprend de la sidérite, magnétite, chalcoppyrite, cuivre natif, pyrrhotite, cubanite et arsénopyrite. En profondeur, la zone sulfurée se caractérise par des minéralisations de chalcoppyrite, pyrrhotite, cubanite, arsénopyrite et cobaltite (Strickland *et al.*, 2001).

2.3 Démarche

Le projet s'appuie sur un solide réseau d'institutions mauritaniennes et françaises : Ministère de la culture et de l'artisanat, Institut mauritanien de recherche et de formation en matière de Patrimoine (IMRFP), Université de Nouakchott, l'Office national des musées mauritaniens (ONM), la compagnie minière privée MCM, le CNRS, le laboratoire Archéologie des Sociétés Méditerranéennes (UMR 5140), le laboratoire TRACES (UMR 5608), les universités de Toulouse 2 Jean-Jaurès et celle de Montpellier 3 Paul Valéry.

Le caractère novateur du projet résulte de la volonté de mettre en synergie plusieurs disciplines, archéologie, géologie, métallogénie, industrie minière et sciences du laboratoire, pour répondre à la problématique centrale.

Des prospections à visée exploratoire ont été menées au niveau des massifs rocheux, des regs et des cordons dunaires compris dans la zone de recherche de 80 km autour de la ville d'Akjoujt. L'aire de

recherche a été subdivisée en neuf zones (**Fig. 7**) : Guelb Moghreïn oriental et occidental (zone 1), Atomaye (zone 2), Irarchène et Araguib (zone 3), Gleibât es Sehb et Gleibat Oulet Akchâr (zone 4), Kediet Tabrinkoût (zone 5), Leigletat el Khader (zone 6), cordons dunaires du draa Malichigdane, draa Oummât El Beid et de l'Akchar (zone 7), cordons dunaires de la Dkhaina et Amatlich (zone 8), Khatts Inchiri es Sahili, Chouâyel, el Kleijât et er Ragg el Abeid (zone 9).

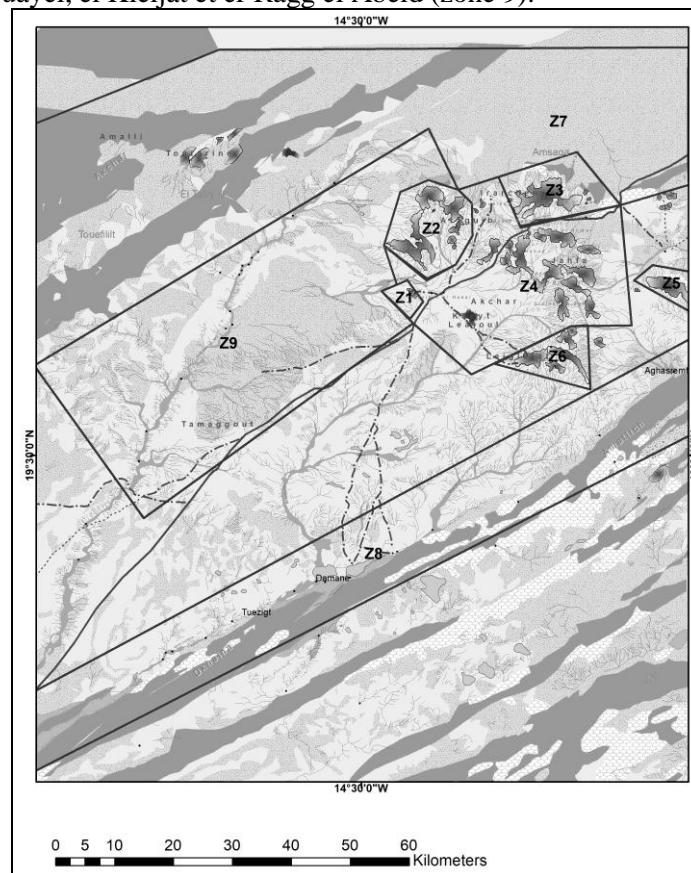


Fig. 7 : Aire de recherche du projet CUPRUM (80 km autour d'Akjoujt) subdivisée en 9 zones.

Ces prospections se sont appuyées sur les travaux archéologiques précédents et sur les rapports géologiques relatifs aux minéralisations métallifères. Lors de ces prospections pédestres, chaque site a été géoréférencé et renseigné en détail.

Des sondages ponctuels furent réalisés au niveau de certains sites d'extraction minière présentant un potentiel important afin de mieux comprendre la structure et de prélever des fragments de minerais et indices pour la datation. Au niveau des sites métallurgiques, des sondages ponctuels ont également été menés. Il s'agit de prélever des indices pour la datation ainsi que des artefacts métallurgiques à des fins d'analyses en laboratoire.

Des fouilles ont été menées sur quelques mines et sites métallurgiques présentant un potentiel archéologique important. Les fouilles des mines ont été menées par un archéologue minier. Elles consistent à vider leur comblement, à établir les dimensions de la structure et à étudier les phases et les types d'exploitation au travers des marques d'extraction sur les parois.

Dans les regs, les sites sont généralement fortement érodés par la dynamique hydrologique. Dans de rares cas, des fouilles avec une étude stratigraphique ont pu être menées au niveau des foyers métallurgiques ou des amas de scories préservés par les alluvions qui ont scellés ces structures.

Les sites métallurgiques implantés sur les cordons dunaires se caractérisent par un « voile archéologique ». En raison d'une érosion intense, les artefacts affleurent en surface et/ou à quelques centimètres de celle-ci. La stratigraphie n'est généralement pas conservée ; dans de rares cas, un litage persiste sur 5 cm de profondeur. Les fouilles de ces sites se sont concentrées sur une partie de la zone d'activités métallurgiques. L'objectif consiste à saisir les caractéristiques des processus métallurgiques employés dans les différents sites, souvent diachroniques, afin de les comparer et tenter de comprendre la logique d'évolution dans le temps. Les fouilles consistent à établir un carré de 10 m×10 m subdivisé

par un quadrillage de 2 m×2 m. Un ramassage exhaustif est mené. Il est complété par un tamisage du sable sur 15 cm de profondeur à l'aide de tamis d'un maillage de 0,2 mm. Pour chaque carré, on reporte les résultats du comptage de chacun des types d'objet dans une fiche d'enregistrement. L'ensemble de ces fiches est saisi dans un tableau récapitulatif. L'objectif est d'établir un plan de densité pour chaque type d'artefact. Ces projections permettent de saisir l'organisation et les caractéristiques des secteurs métallurgiques.

Une étude paléoenvironnementale exploratoire a été menée en 2018. Il s'agit des premières recherches de ce type dans cette région de la Mauritanie. Huit sondages par carottage ont été menés au niveau de zones humides (paléo-chenal, dépression, affleurement lacustre) situées à proximité de zones d'activités métallurgiques dans des sites ou des camps. L'analyse des échantillons prélevés devrait permettre de dater ces zones humide et de confirmer ou non leur contemporanéité avec les activités métallurgiques. Cette première étude paléoenvironnementale apportera également des éléments de réponse au sujet du couvert végétal et du paléo-climat de cette région.

Les trois campagnes du programme CUPRUM ont permis le prélèvement d'échantillons de minerais et d'artefacts métallurgiques (scories, creusets, billes et objets en métal). Quelques uns ont fait l'objet d'analyses chimiques XRF et pétrographiques au laboratoire de la compagnie minière MCM. En complément à ces premières études, des analyses minéralogiques (XRD, EDS, lame mince, métallographie), chimiques (ICP-MS) et isotopiques (MC-ICP-MS) seront réalisées sur les artefacts métallurgiques. Ces analyses permettront de caractériser les types de minerais et de scories, de renseigner la microstructure des objets, de déterminer les éléments majeurs et traces du métal employé et d'attribuer une signature isotopique aux matériaux. Une série d'analyses chimiques et isotopiques sur 50 échantillons provenant de la fouille du site d'El-Jemel-Lebyad (Z7cps45) est planifiée pour la fin d'année 2019. Ces analyses seront réalisées sous la direction de T. Fenn et A. Courcier au laboratoire du département d'anthropologie de l'Université d'Oklahoma

3- La métallurgie dans l'Inchiri au cours de l'Holocène récent : au regard des résultats du projet

3.1 Les sites d'exploitation miniers et les activités connexes

3.1.a - les mines anciennes découvertes

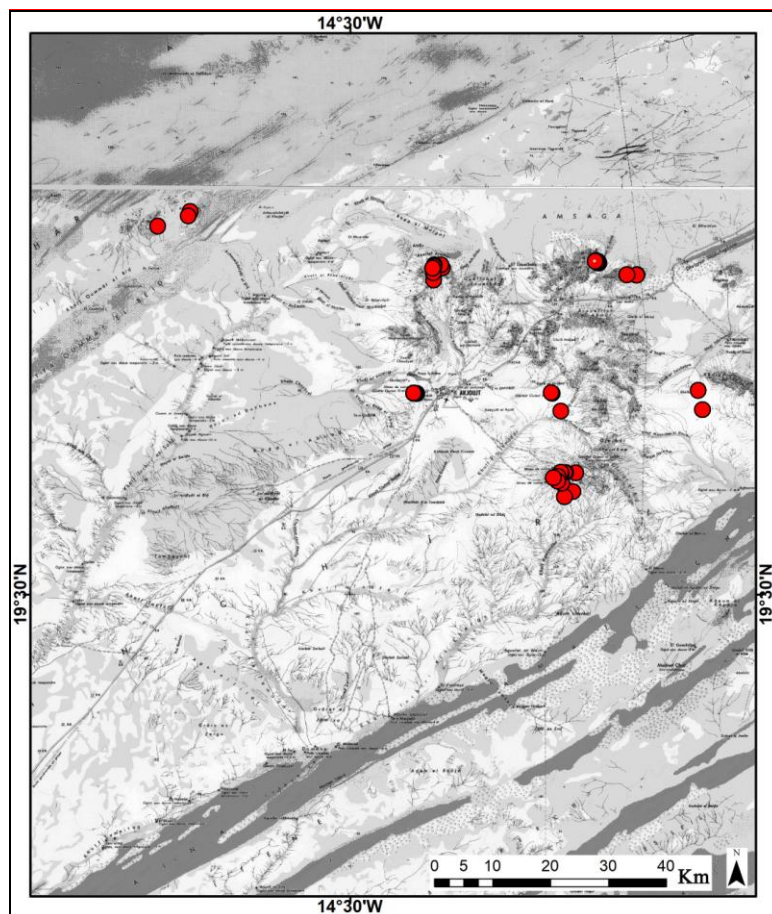


Fig. 8 : localisation de l'ensemble des 55 mines anciennes découvertes lors des 3 missions du programme franco-mauritanien CUPRUM

Nos recherches de terrain ont permis d'identifier sept districts miniers anciens, au niveau des massifs rocheux et à proximité des occurrences de cuivre. Chaque district comprend entre 5 à 16 sites d'extraction miniers soit un total de 55 mines anciennes dans la région d'Akjoujt (**Fig. 8**)

- Le Guelb Moghreïn oriental (Zone 1)

Ce massif est à 375 m à l'Est du Guelb occidental, où fut découverte la mine « *grotte aux chauve-souris* ». A l'exception du versant Sud qui a connu des perturbations par des sociétés minières modernes de la MICUMA et SOMIMA, le Guelb Moghreïn oriental présentait encore jusqu'en 2018 des vestiges d'extraction anciens qui sont principalement situés sur les versants Nord, nord-ouest et nord-est. Ce massif fait aujourd'hui l'objet d'une exploitation à ciel ouvert par la MCM. Une grande partie des mines anciennes découvertes sont désormais détruites. Seul le versant Est reste préservé et ne sera pas exploité par la MCM.

On distingue deux types d'extraction : les fronts de taille et les mines souterraines. Les techniques utilisées sont l'abattage au feu et au maillet. L'abattage au feu consiste à faire éclater la roche par un choc thermique. La roche est chauffée par l'action d'un feu puis brutalement refroidie par aspersion d'eau ; Cette combinaison conduit à étonner la roche qui se fracture. L'action de percuteurs lithiques permet ensuite de séparer les blocs de roches contenant du minerai. Cette technique d'abattage conduit à la formation de structures alvéolaires caractéristiques au niveau des parois

Deux fronts de taille ont été identifiés sur le versant Nord (**Fig. 9**). Leur exploitation en gradin suit l'orientation de la minéralisation de cuivre (malachite et chrysocole). Les parois des gradins présentent des formes alvéolaires caractéristiques de l'abattage au feu. En contrebas de ces sites, quelques percuteurs et molettes en rhyolithe et en basalte ont été découverts.

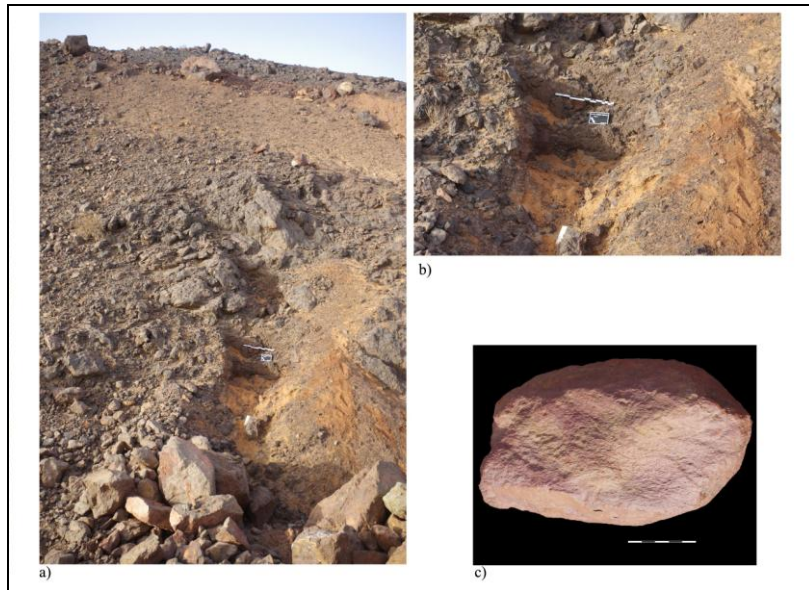


Fig. 9 : front de taille d'extraction minière en gradins au niveau du Guelb Mogrein oriental : a) vue générale en direction du Sud et se prolongeant sur 15 m vers le sommet, b) vue de détail des gradins, c) percuteur en rhyolithe découvert en contrebas.

Un troisième front de taille a été découvert sur le versant Est (**Fig. 10**). Cette exploitation serait destinée à l'extraction d'hématite et de goéthite. Un niveau charbonneux et les traces sur les parois suggèrent l'usage d'abattage au feu. La présence de traces de rubéfaction sur le sol et sur les blocs d'hématite va également dans ce sens. Dans l'état actuel des connaissances on ignore la raison de l'exploitation d'hématite et de goéthite. Il pourrait s'agir de l'extraction de pigments, de minerais voire de fondant utilisés pour la réduction de minerais de cuivre.

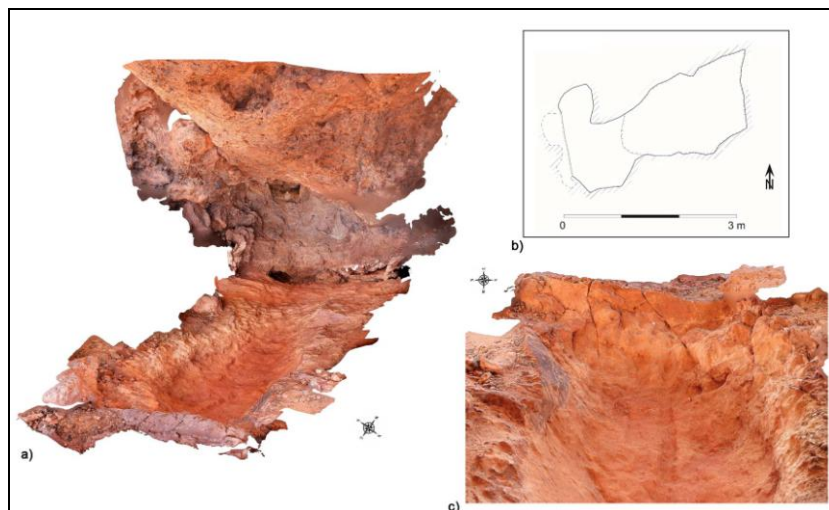


Fig. 10 : Front de taille exploitant la goéthite et l'hématite au niveau du versant Est du Guelb Moghreïn oriental. a) photogrammétrie de la structure en tranchée, b) planimétrie de la mine, c) photogrammétrie de détail de la face Est présentant des traces d'impact d'extraction au maillet.

L'essentiel des sites d'extraction découverts au niveau de ce massif sont des mines souterraines, formant des cavités. 14 sites de ce type ont été identifiés. Sur les versants Nord et nord-ouest, il s'agit de petites structures. Sur les versants nord-est, les dimensions structures d'extraction sont plus importantes. Leur taille et leur nombre témoignent d'une exploitation intensive de ce secteur. Cette hypothèse est confirmée par la découverte d'une centaine de fragments de percuteurs en basalte dont une hache pic, en contrebas des structures d'extraction.

L'une des mines souterraines du versant nord-est, la mine *El bwama*, se distingue des autres par ses vastes dimensions (**Fig. 11**). Des fouilles ont été effectuées en 2017 et 2018 afin de vider son comblement, estimer ses dimensions et les techniques d'extraction. Il s'agit d'une vaste mine d'exploitation de cuivre qui a probablement connu deux phases d'exploitation : la principale à l'époque préhistorique et une seconde, plus courte, à l'époque médiévale. Cette structure d'extraction comprend plusieurs niveaux. La partie supérieure se caractérise par une galerie longue de 5,80 m et large d'environ 1 m. A 3 m, un puits donne accès au second niveau ainsi qu'à une plateforme comportant deux alvéoles d'abattage. Dans l'état actuel des fouilles, la chambre fait 6 m de long pour 4 m de large. La vaste cavité se prolonge à l'Ouest et au Sud, voire même au Nord. L'étude des traces au niveau des parois suggère une exploitation par abattage au feu. Un sondage a été entrepris afin d'atteindre le sol du second niveau. A 2 m de profondeur, celui-ci a été atteint et un fragment de charbon^{xvi} a été découvert sous un niveau d'effondrement qui a scellé le niveau d'exploitation préhistorique. Au regard des dimensions importantes de la mine et du volume de son comblement, la fouille totale de cette mine nécessite des moyens logistiques et humains dépassant les capacités du programme en cours. Cette opération est planifiée dans le cadre d'un nouveau projet plus ambitieux.

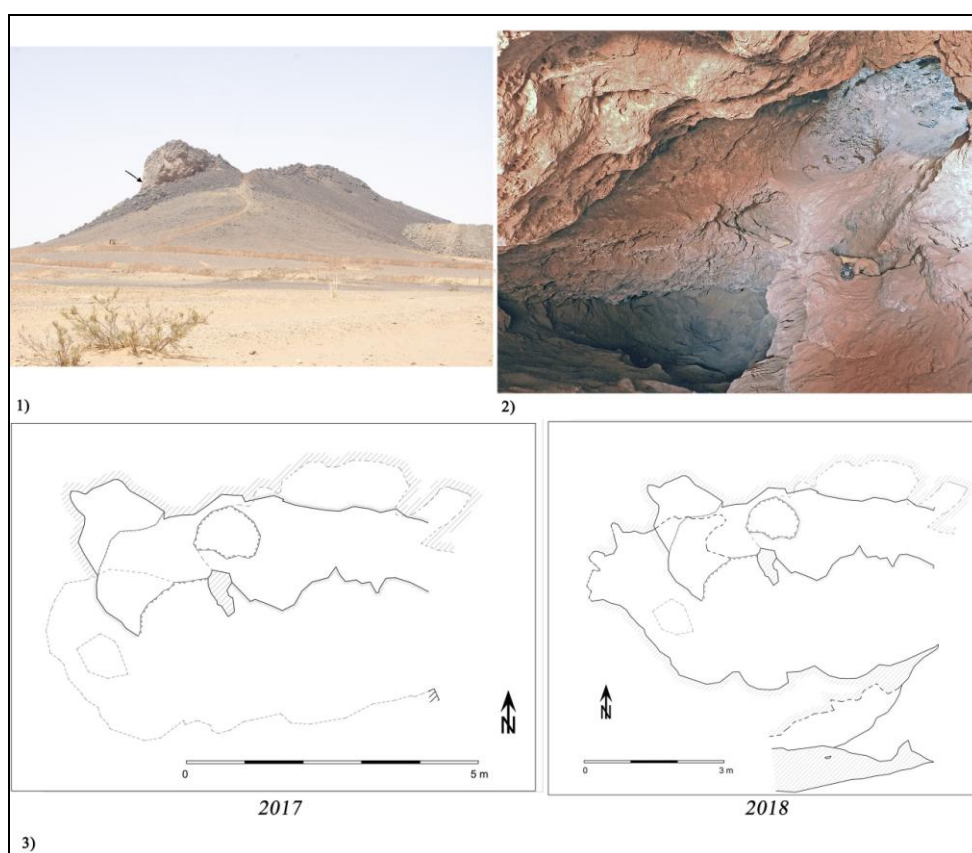


Fig. 11 : Mine souterraine préhistorique *El bwama* découverte en 2016 et fouillée en 2017 et 2018. 1) vue générale du Guelb Moghreïn oriental et localisation de la mine ; 2) vue de l'intérieur de la cavité caractérisée par un puits d'accès, une première plateforme (en haut à droite), une seconde plateforme (à droite), et une galerie (en bas à gauche) ; 3) planimétrie de la mine après les fouilles en 2017-2018.

- Atomaye (Zone 2)

Le secteur d'Atomaye n'avait jamais été prospecté, seuls deux sites funéraires étaient connus sur le versant sud-ouest (Lambert, 1969 ; Salihy, 2008). Nos recherches se sont appuyées sur la localisation d'une occurrence de cuivre au Nord du massif, signalée dans un rapport d'ingénieur (Blanchot, 1975). A proximité immédiate de cette minéralisation, un premier secteur comprenant une quinzaine de structures d'extraction minières fut identifié. Ces mines souterraines, situées sur l'escarpement rocheux de part et d'autre du talweg, sont orientées Sud-Nord suivant la minéralisation de cuivre de type stockwerk et hébergées dans une formation de fer rubanée associée à du schiste.

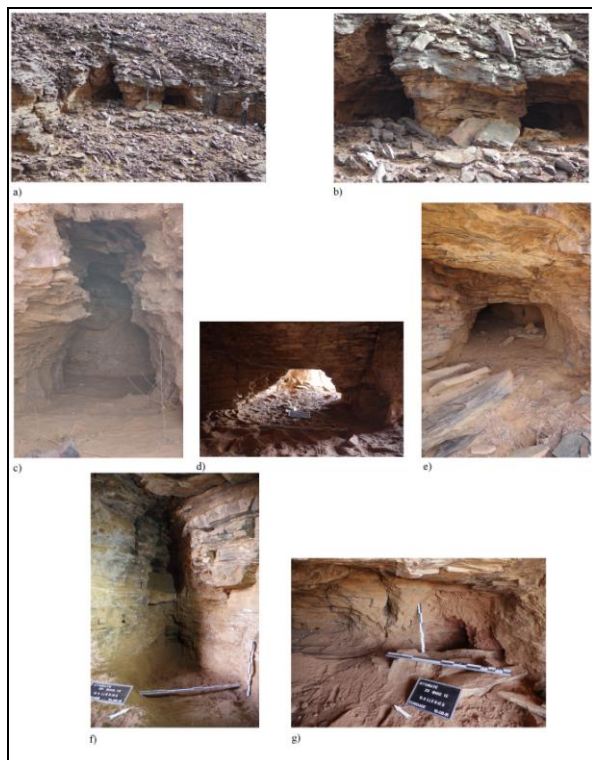


Fig. 12 : Mine souterraine Z2m1E datée entre 346 et 659 cal. BC. a) vue de la structure au niveau de l'escarpement rocheux, b) vue de détail des deux galeries orientées Sud-Nord, c) vue de détail de la galerie 1, d) vue de détail de la chatière qui relie les deux galerie, e) vue de détail de la galerie 2, f) sondage le long de la paroi au fond de la galerie 1, g) sondage le long de la paroi au fond de la galerie 2.

Une vaste mine de ce premier secteur a fait l'objet d'un sondage au fond de la structure (**Fig. 12**). Des petits fragments de charbon ont été récoltés à 15 cm sous la surface, dans un comblement de sable. Deux dates ont été obtenues : 1630 ± 30 BP et 1425 ± 30 BP^{xviii} soit 346-546 cal. AD et 575-659 cal. AD. Cette mine est donc contemporaine de la dernière phase d'exploitation de la mine « grotte aux chauves-souris » et du foyer de Lemdena (Lambert, 1975) (**Figs. 39 et 40**). La datation de cette mine dans le massif d'Atomaye confirme une occupation anthropique remontant à l'époque médiévale dans la région d'Akjoujt

Deux autres secteurs, l'un au niveau du col, l'autre sur le versant Ouest du massif, ont été identifiés. Ils comportent entre 10 et 15 mines souterraines exploitées par abattage au feu. En contrebas, des percuteurs en basalte ont été découverts.

- Irarchène et Araguib (Zone 3)

La zone est mentionnée par Raymond Mauny, Henry Bessac et Nicole Lambert (Mauny et al. 1957 ; Bessac, 1958, Lambert 1971), mais elle n'a pas fait l'objet d'une prospection systématique. Nos travaux ont permis d'identifier deux secteurs d'extraction minière.

A l'Est du massif d'Irarchène, une zone d'une dizaine de structures d'abattage au feu a été repérée de part et d'autre du talweg. Trois structures accessibles ont été étudiées. En contrebas de l'une des structures, un fragment de malachite, des pierres à cupule, percuteurs, mortiers et molettes ont été découverts.

Au nord-ouest, au niveau du gossan caractérisé par des minéralisations d'hydroxydes et de carbonates de cuivre (malachite, azurite), la mine moderne de « Sainte Barbe », exploitée dans les années 1960-70 par les français, coupe des exploitations plus anciennes. Le travers-banc de la mine de « Sainte Barbe » coupe au Sud une première mine souterraine présentant des traces d'abattage au pic ; La dernière exploitation ancienne pourrait remonter à l'époque médiévale. L'exploitation moderne coupe également au Nord une seconde mine partiellement comblée et présentant des traces d'abattage au feu au niveau des parois. Au sud-est de la mine moderne de Sainte Barbe, une dizaine de mine exploitée par abattage au feu et une trentaine de fragments de percuteur lithiques témoignent de l'exploitation de filons de malachite et de chrysocole. Au sommet, à 100 m au sud-ouest de la mine de « Sainte

Barbe », un front de taille d'extraction de cuivre fut également découvert. Il comporte des fragments de minerais et des outils lithiques d'extraction.

A 5 km au sud-est du massif d'Irarchène, au niveau du Guelb El Hadej, huit mines ont été identifiées. Il s'agit de petites structures formant des cavités. Elles sont également exploitées par abattage au feu et au maillet.

- *Gleibât es Sehb et Gleibat Oulet Akchâr (Zone 4)*

Dans le secteur de Gleibât es Sehb, seuls quelques monuments funéraires étaient connus (Salihy, 2008). Nous avons en premier lieu prospecté les massifs d'Irarchène El Hamra, Guelb Habad, Argou Lacfer, Achouema et Bou Zegrâra. Aucun site n'a été repéré au niveau de ces massifs. Toutefois, selon un géologue de la MCM, une cavité est connue sur le versant Sud d'Irarchène El Hamra. Nos recherches ne sont pas parvenues à la localiser précisément.



Fig. 13 : Front de taille et mine souterraine à l'Ouest de Gleibât es Sehb : a) vue générale en direction du sud-ouest de la mine souterraine (à gauche) et du front de taille (à droite), b) vue de détail de la mine souterraine et du boyau orienté sud-est/nord-ouest suivant la minéralisation de cuivre, c) vue de détail du reliquat de front de taille, qui originalement était relié à la cavité ; au centre du front de taille la veine de cuivre d'une puissance de 20 cm, orientée sud-nord selon un pendage de 42°, a complètement été exploitée.

Au niveau d'un affleurement de cuivre à l'Ouest de Gleibât es Sehb, une mine souterraine au feu et un front de taille ont été repérés. La mine et le front de taille ne formaient qu'une seule et même structure mais leur exploitation a conduit à l'effondrement de la partie Sud du front de taille (**Fig. 13**).

A 2,6 km au nord-est de ces mines, un second affleurement de cuivre présentant des indices anciens d'extraction minière a été identifié au niveau du Gleibat Oulet Akchâr. Il s'agit de mines souterraines exploitées par abattage au feu. Au sommet de l'affleurement, une structure se distingue des autres. Il s'agit d'un travers-banc se poursuivant par un boyau d'extraction, orienté nord-sud. A 2 m, un second boyau part vers l'Est. Les deux entrées, au Nord et à l'Est, sont obstruées par des blocs provenant de la partie supérieure. Certains blocs sont caractérisés par des cupules creusées dans la dalle. Ces structures semblent être destinées à des activités de concassage/broyage.

- *Kediet Tabrinkoût (Zone 5)*

Seuls des sites funéraires étaient connus dans cette zone (Salihy, 2008). Sur la base d'indications métallogéniques, nos recherches ont permis de localiser des anciennes structures d'extraction à proximité des occurrences de cuivre.

A l'exception d'une mine souterraine exploitée par abattage au feu, les indices d'extraction minière correspondent à deux fronts de taille. La découverte d'un fragment de percuteur *in situ* à proximité immédiate de l'un des fronts de taille suggère une exploitation ancienne du gisement.

- *Leigletat el Khader (Zone 6)*

Ce massif, dont la minéralisation principale est le fer, a connu des études géologiques, mais peu de travaux modernes, à l'exception d'une amorce d'exploitation par la compagnie Boumine.

Le potentiel de cette zone avait été mis en évidence lors de la mission préliminaire en septembre 2015. Les recherches de terrain menées en 2017 ont confirmé l'exploitation minière intensive du massif. Six secteurs miniers, comptant chacun une dizaine de structures d'extraction anciennes, ont été identifiés.

Les exploitations se concentrent sur la partie nord-ouest du massif. Cette localisation est cohérente avec l'emplacement des gîtes cuprifères connus dans ce massif (Strickland et al., 2001).



Fig. 14 : percuteur en quartzite découvert en contrebas d'une mine souterraine préhistorique, vue de profil et photomontage pour la proposition d'emmanchement.

Les sites d'extraction correspondent à des mines souterraines formant de petites cavités. Elles ont été exploitées par abattage au feu et au maillet (**Fig. 14**). Au niveau du cinquième secteur, le site *Menjem el Assifa* se distingue des autres (**Fig. 15**). A proximité du sommet, au niveau du gossan, elle se caractérise par une large entrée de 3,25 m avec deux ouvertures séparées par un pilier central. Le volume de cette cavité partiellement ensablée est estimé à plus de 4 m³. A l'intérieur, la cavité se prolonge par deux boyaux d'extraction, l'un orienté vers l'Ouest et l'autre vers l'Est. Face à l'entrée, au niveau de la large plateforme longue de 11,25 m et large de 4,7 m, de nombreux tessons témoignent d'une activité anthropique aux abords de la structure d'extraction. En contrebas de la plateforme, des fragments de percuteurs et des molettes ont également été découverts. Cette mine sera fouillée en 2020

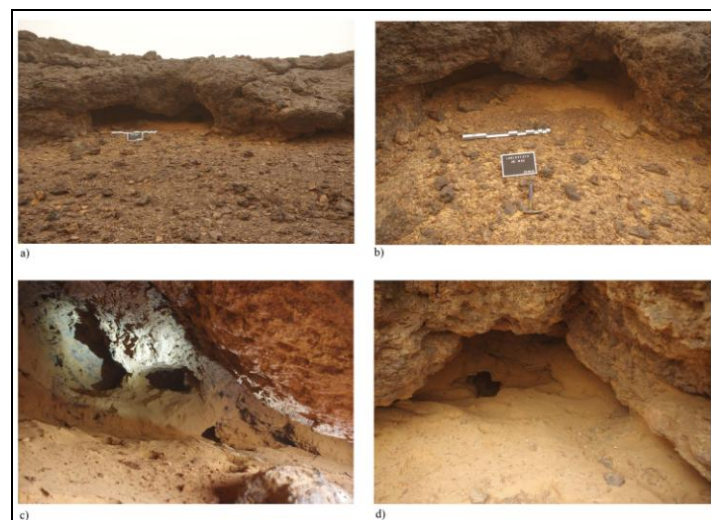


Fig. 15 : mine souterraine préhistorique dans le secteur 6 de Leigletat el Khader : a) vue générale en direction du Nord avec au premier plan la large plateforme, au second plan l'entrée avec les deux ouvertures séparée par l'amorce du pilier central de soutènement, c) vue de l'intérieur de la cavité (côté Ouest) et du boyau orienté est-ouest, d) vue de l'intérieur de la cavité (côté Est) et du boyau orienté ouest-est.

- Tourarine (Zone 7)

A 42 km au nord-ouest d'Akjoujt, trois secteurs présentant des indices anciens d'extraction minière furent découverts au niveau des monts composant le massif de Tourarine. Selon les données géologiques et métallogéniques, aucune minéralisation métallifère n'est connue dans cette zone. Des indices d'extraction ont été repérés, mais on ignore dans l'état actuel des recherches le type de roche ou de minerais extraits.

Sur le versant Est de la montagne, au centre de cet ensemble, une mine souterraine de plus de 9 m³ a été découverte. Le litage en dalle du granite n'a pas permis d'identifier des traces d'abattage. A 2,5 m au Sud des entrées de la cavité, une seconde zone d'extraction fut découverte. Elle est marquée par des petites alvéoles d'abattage au feu.

Deux autres secteurs présentent des indices anciens d'extraction minière sont localisés sur le versant Nord du mont au sud-est du massif de Tourarine. Le long d'une falaise plusieurs alvéoles et des fronts de taille ont été identifiés au niveau du second secteur. Les traces de petites dépressions suggèrent une exploitation par abattage au feu et maillet. Plusieurs percuteurs en basalte ont été découverts en contrebas de ces structures d'exploitation. Un petit pendentif en coquillage fut découvert à l'intérieur d'une des alvéoles d'abattage au feu. Le troisième secteur se situe à 500 m au nord-est du second. Les traces d'exploitation ont été observées sur une falaise au niveau d'une longue dépression de 5 à 10 m de large sur 30 m de long. La (ou les) matière(s) première(s) extraite(s) est (sont) comprise(s) dans un encaissant de quartzite avec des veines de quartz. Cette dépression semble correspondre à une ancienne mine à ciel ouvert, aujourd'hui partiellement comblée par du sable. Au niveau du secteur Sud de cette zone d'exploitation, des traces d'abattage au pic et/ou de ciseau en fer ont été observées. Ce mode d'exploitation suggère une datation médiévale. En contrebas de la falaise, plusieurs structures semblables à des haldes ont été identifiées.

3.1.b - la question des gisements alluviaux : une autre source d'approvisionnement en minerais ?

Nos recherches ont mis au jour, au Nord d'Akjoujt, des minerais d'une autre nature que ceux découverts en contexte minier dans les massifs rocheux.

En 2016, des petits fragments de minerais de cuivre d'aspect différent ont été découverts sur plusieurs sites. Contrairement aux minerais primaires provenant des mines, pour lesquels la minéralisation est associée à un encaissant, ces fragments correspondent à de la malachite érodée peut-être suite à un transport fluvial. Il pourrait s'agir de minerais issus d'une minéralisation secondaire d'origine alluvionnaire. Il est possible qu'ils proviennent du lessivage et de la désagrégation des gisements cuprifères, situés en amont, conduisant à la dissolution des éléments métallifères ; ceux-ci seraient transportés jusqu'aux rivières dans lesquelles ils s'accumuleraient sous la forme de gîtes détritiques (placers).

Ces minerais ont été découverts à proximité d'un atelier de concassage/broyage au niveau de sites sur le draa Malichigdane, sur le versant Sud de l'Akchar et celui du draa Oummât El Beid. Contrairement aux minerais provenant des mines, caractérisés par une minéralisation primaire et des arrêtes angulaires, ces minerais correspondent à une minéralisation secondaire de malachite et présentent des bords arrondis.

En 2018, les fouilles de la zone métallurgique au niveau du site d'*El-Jemel-Lebyad*, sur les pentes du draa Oummât El Beid, ont permis de mettre au jour une trentaine de petits fragments de minerais de cuivre similaires à ceux découverts en 2016.

L'ensemble des minerais secondaires découverts proviennent de sites au Nord d'Akjoujt. Il est probable que les sources d'approvisionnement soient localisées dans cette zone septentrionale.

Ces indices suggèrent l'exploitation de placers de cuivre en parallèle à celle des gisements primaires de cuivre identifiées au niveau des massifs rocheux de la zone. A l'ensemble des mines découvertes, il convient désormais de prendre en compte des sites d'extraction au niveau de gîtes détritiques, dont on ignore actuellement le nombre et leur localisation précise. Des études géomorphologiques vont être mises en place afin de localiser ces ressources métallifères et mieux comprendre leur exploitation.

3.1.c - les activités connexes à l'exploitation minière

Nos recherches de terrain ont permis d'identifier des activités anthropiques à proximité des mines, certaines connexes à l'extraction des minerais. Des carrières et des ateliers de concassage/broyage ont été découverts.

- Les carrières et les minières de silex

Au cours des prospections, plusieurs carrières ont été localisées au niveau d'affleurements de quartz dans le massif d'Irarchène-Araguib, à proximité du khatt Inchiri es Sahli, et sur les versants des cordons dunaires du draa Oummât el Beid et de la Dkhaina. Les affleurements présentent des traces d'extraction de blocs. Des éclats, des nucleus et des ébauches d'outils ont été découverts à proximité des fronts de taille. Ces carrières étaient probablement destinées à la production de percuteurs et de macro-outils de concassage/broyage. La présence d'éclats de taille et de blocs retouchés suggère également la production de microlithiques.

Deux carrières de basalte ont été découvertes à une dizaine de mètres des mines sur les versants des massifs du Guelb Moghreïn oriental et d'Irarchène-Araguib. Ces carrières étaient destinées à la production de macro-outils pour l'extraction, comme le suggèrent les blocs taillés et les ébauches d'outils mis au jour à proximité.

Près des sites d'extraction de minerais de cuivre, nous avons également identifié plusieurs minières de silex. Au niveau du massif de Leigletat el Khader, au niveau des mines du secteur 4, un affleurement de silex brun et blond présente des traces d'exploitation. Plusieurs nucleus et des éclats de débitage ont été découverts à proximité.

Une minière exploitant un affleurement de silex blond a été identifiée au niveau du massif d'Irarchène, à proximité du mine du secteur 3. Des éclats de débitage, des retoucheurs et des nucleus sont concentrés dans cette zone. Sur le versant est du Guelb-Moghrein oriental, en connexion avec l'une des mine sur le versant nord-est, un filon de silex brun a été exploité.

- Les ateliers de concassage/broyage : première étape de la préparation des minerais

Des concentrations de macro-outils de concassage/broyage ont été découvertes à proximité des sites d'extraction de minerais au niveau de plusieurs massifs rocheux.

Plusieurs types de macro-outils lithiques caractérisent ces ateliers de concassage/broyage : maillets, marteaux à gorge, enclume, pierres à cupule, molettes, pilons, mortiers et meules (actives et dormantes). Les matières premières de ces macro-outils sont : la rhyolithe, le quartz, la quartzite, le gabbro, le granite, l'amphibolite, la dolérite, le gneiss et le grès. Il s'agit de roches locales connues dans la région d'Akjoujt (Bradley et al., 2015). Ces ateliers sont destinés au concassage/broyage des matières premières métallifères minéralisées. Il s'agit de la première séparation entre le minerai et la gangue minérale stérile.

A deux kilomètres au Sud des mines du Guelb Moghreïn oriental, au pied du massif Gleibat el Hassi, le long d'un affluent du khatt el Kleijât, un atelier de concassage/broyage, comportant des molettes, des meules et des pierres à cupule, a été identifié. La proximité de cet atelier avec une zone humide peut s'expliquer par la nécessité d'une seconde séparation. Cette phase d'enrichissement consiste à placer le broyat dans un récipient fortement évasé. Dans le lit du cours d'eau, les mouvements circulaires répétitifs vont permettre de séparer par gravité, avec l'aide d'une dynamique hydraulique, le minerai de la partie minérale stérile. Cette dernière, moins dense, est évacuée par la force centrifuge. Au terme de cette seconde phase de séparation, on obtient une poudre de minerai concentré.

Au niveau d'une terrasse alluviale, à 800 m en contrebas des mines du massif d'Irarchène-Araguib, plus d'un millier de macro-outils de concassage/broyage témoignent d'un vaste atelier de préparation des minerais sur près de 2 km². La proximité immédiate avec l'oued El'Jenné permet la pratique de l'enrichissement des minerais broyés.

Un second atelier de concassage/broyage a été découvert dans le secteur du massif d'Irarchène-Araguib. Au sud-est du Guelb El Hadej, à moins de 600 m des mines, surplombant une zone de confluence de plusieurs petits cours d'eau, des fragments de pilons, mortiers, meules et quelques pierres à cupules ont été découverts au niveau d'une terrasse alluviale (**Fig. 16**)



Fig.16 : outils macro-lithiques découverts sur la plateforme surplombant l'Oued Jenné : percuteurs, hache-pic, pierre à cupule, hache plate (quartzite, dolérite, granite, quartz, diorite)

Entre les mines à l'Ouest Gleibât es Sehb et celles du Gleibat Oulet Akchâr, un vaste atelier de concassage/broyage de 4,4 km² a été découvert à proximité de la confluence de l'oued Oumm Khamlé et des khatts Khayyata et E'n Temâddi. Il se caractérise par de nombreux macro-outils de concassage/broyage. De nouveau, le secteur présente des possibilités pour des activités d'enrichissement.

A deux mètres à l'Est des mines du Gleibat Oulet Akchâr, des fragments de percuteurs et de meules ont été découverts sur une vaste plateforme. Il s'agit d'un atelier de concassage/broyage. Des dizaines de cupules ont été creusées dans les dalles de schistes. Elles confirment la pratique d'activités de concassage/broyage des minerais de cuivre extraits.

Deux ateliers ont été découverts dans le massif de Leigletat el Khader. Le premier, se situe dans le secteur 6, à 20 m en contrebas des mines, sur une plateforme surplombant un talweg. Des fragments de maillets, de molettes et de meules ainsi que des éclats de minerais de malachite témoignent d'activités de concassage/broyage. Au sud-ouest du massif de Leigletat el Khader, au niveau d'une plaine alluviale, à proximité de l'un des affluents du khatt Agoueïdîm, un second atelier de concassage/broyage fut découvert en 2016. Il se caractérise par de nombreux fragments de meules et molettes en dolérite et en granite et la présence d'un maillet massif en rhyolithe (35 kg).

3.2 Les sites métallurgiques

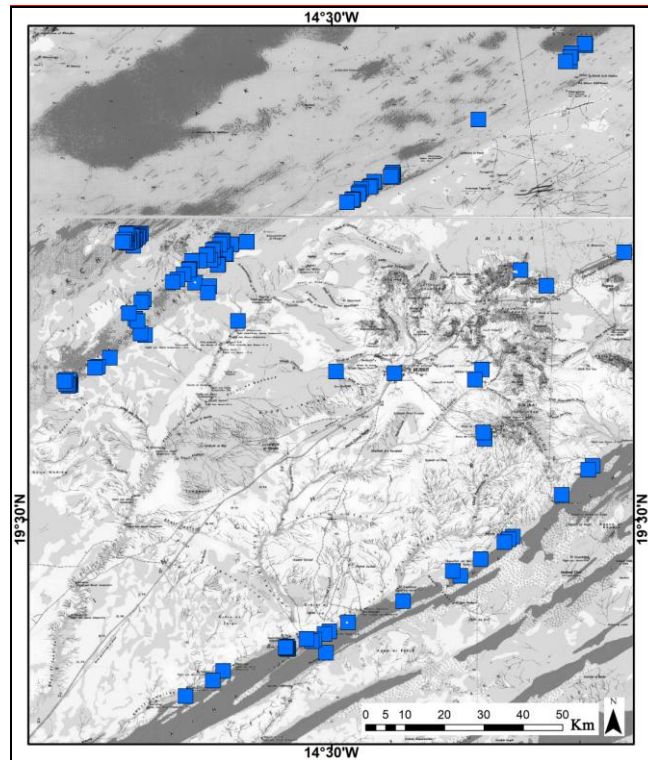


Fig. 17 : localisation des 108 sites préhistoriques découverts lors des trois missions de terrain du programme franco-mauritanien CUPRUM

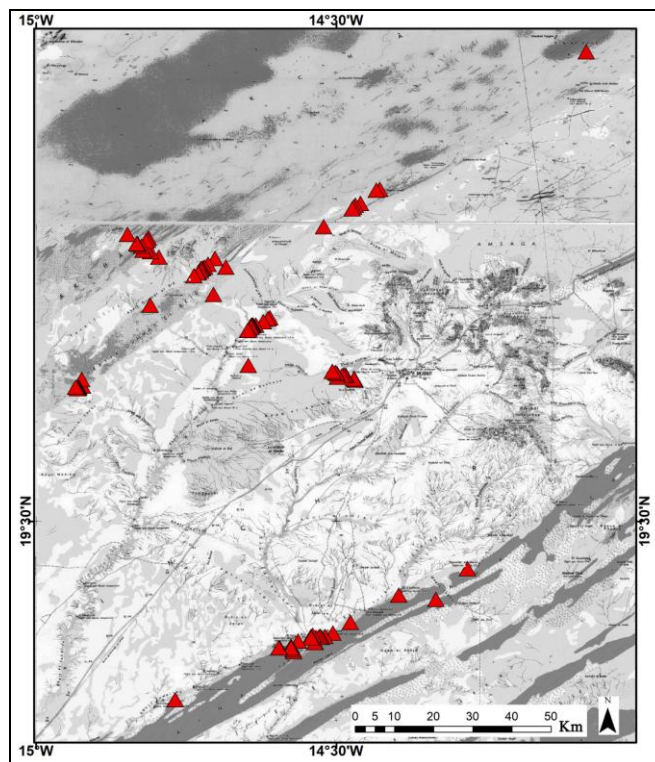


Fig. 18 : localisation des 92 sites métallurgiques préhistoriques découverts lors des trois missions de terrain du programme franco-mauritanien CUPRUM

Les trois campagnes de terrain du programme CUPRUM ont permis de localiser précisément une dizaine de sites connus et de découvrir par prospection plus de 200 nouveaux sites sur l'ensemble de la zone de recherche, 80 km autour d'Akjoujt (**Figs 17 et 18**). Un peu plus de 90 sites comportent des

indices témoignant de pratiques d'activités métallurgiques (**Fig. 18**). Nous proposons ici de présenter ces sites métallurgiques.

Dans la zone de recherche de notre programme, 80 km autour de la ville d'Akjoujt, les occupations anthropiques se répartissent au niveau de cinq secteurs localisés sur trois zones de recherches (zones 7 à 9) : le cordon dunaire du draa Malichigdan (zone 7), les cordons dunaires du draa Oummât El Beid (zone 7) et de l'Akchar (zone 7) et ceux de la Dkhaina et de l'Amatlich (zone 8), la confluence des khatts Chouâyel, el Kleijât et er Ragg el Abeid (zone 9) et le khatt Inchiri es Sahili (zone 9)

Trois sites ont fait l'objet de fouilles en raison du nombre et de la diversité des artefacts métallurgiques repérés lors de la prospection : deux sont localisés au niveau du cordon dunaire de la Dkhaina (Lemdena et le site de Moukhayam El Bouhayra) et le troisième site se situe sur le draa Oummât El Beid (site *d'El-Jemel-Lebyad*). Les fouilles furent menées au niveau d'une partie de la zone d'activités métallurgiques.

3.2.a - Cordon dunaire du draa Malichigdan (zone 7)

Ce secteur, situé à l'Est d'Akjoujt, le long de l'axe routier Akjoujt-Atar, comporte de nombreux sites caractérisés par une importante industrie lithique, interprété comme des sites d'habitat (Mauny et al., 1957 ; Vernet, 1983). L'occupation anthropique du draa Malichigdan semble avoir perduré sur une longue période. Trois dates radiocarbone situent en effet cette occupation entre 4850 et 2030 ±100 BP, soit entre 3940 cal. BC et 214 cal. AD (Carbonnel et al., 1972).

Au niveau d'un site, à proximité d'un atelier de concassage/broyage comportant des macro-outils dont des pierres à cupules, des fragments de malachite ont été découverts. Il pourrait s'agir de minerais secondaires d'origine alluviale. Ces indices alimentent l'hypothèse de l'exploitation de gîtes détritiques locaux comme source d'approvisionnement en matière première pour la métallurgie. Cet atelier témoigne de l'intérêt porté aux minerais cuprifères et à leur transformation. Bien qu'il s'agisse de témoins indirects de métallurgie, nous inférons l'existence de foyers métallurgiques à proximité.

Proposition d'une chaîne opératoire de la métallurgie.

3.2.b - Cordons dunaires du draa Oummât El Beid et de l'Akchar (zone 7)

Ces cordons dunaires, orientés nord-est/sud-ouest, sont à 40 km au Nord d'Akjoujt. Le cordon du draa Oummât El Beid est séparé de celui de l'Akchar par le reg du Touefililt et le massif de Tourarine.

Peu d'études archéologiques ont été menées dans ce secteur difficile d'accès. Au cours de prospection, Mauny a découvert un site acheuléen à Sbekhat et une pointe de flèche en cuivre au niveau du site néolithique de Kediat El Salhi (Mauny, 1955). Lambert signale la présence d'une hache polie sur le site paléolithique de Tiberguint (Lambert, 1969b). Un récent rapport, dressant la synthèse du patrimoine culturel dans la région d'Akjoujt, signale deux sites néolithiques, Mednet Emmagtae et Oum Elbeid Ettllia au niveau du draa Oummât El Beid (Salihi, 2008).

Nous avons mené deux prospections. La première, nord-est/sud-ouest, sur 110 km du Sud du Khatt Oummât el Beid jusqu'à Tibergent. La seconde, sud-nord, sur 16 km de El Talliyé, au sud-ouest de Tourarine, jusqu'au massif d'Amallî. 130 occupations anthropiques, dont 42 sites présentant des activités métallurgiques, ont été découvertes. A ces prospections s'ajoutent la fouille site *d'El-Jemel-Lebyad*. Ces fouilles ont été menées au Nord du site, au niveau de la zone d'activités métallurgiques.

- Les sites métallurgiques

42 sites comportent non seulement des ateliers de broyage/concassage et de taille microlithique, mais également une zone d'activités métallurgiques. Ces sites particuliers sont toujours installés à proximité de zones paléo-humides. Ils semblent requérir un accès à des ressources en eau et en bois. Ces ressources sont également favorables à des activités de subsistances, dont il ne reste aucun vestige.

Les indices d'activités métallurgiques correspondent généralement à des scories, des fragments de minerais ou de creusets. Certains sites comportent des indices métallurgiques moins fréquents.

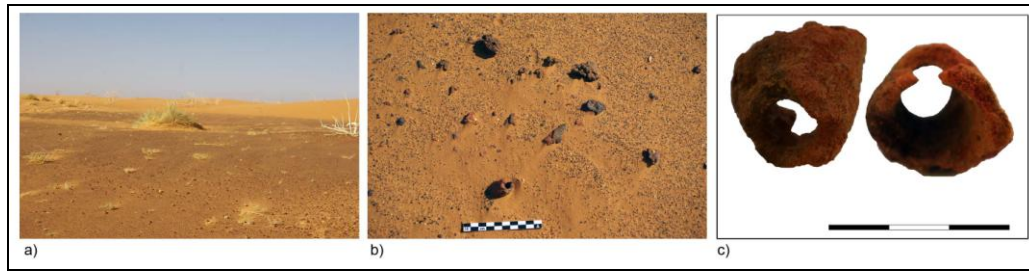


Fig. 19 : site métallurgique découvert au niveau du Draa Oummât el Beit. Plusieurs indices métallurgiques découverts : scories, tuyères, four. a) vue en direction du Sud du site, macro-outils de concassage/broyage (premier plan), zone de scories de réduction et fragments de tuyères (second plan), b) vue de l'une des zones de concentration de fragments de tuyères, c) vue de détail de l'extrémité d'une tuyère découverte.

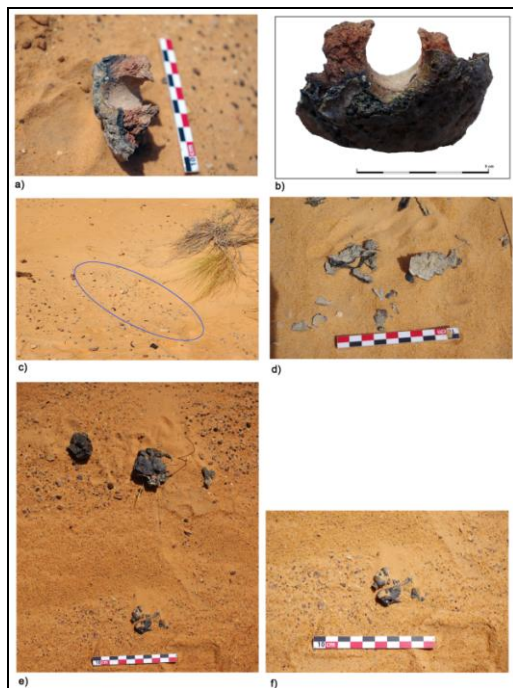


Fig. 20 : indices métallurgiques mis en évidence dans des sites au niveau de l'Akchar ; a) vue in situ de l'extrémité de tuyère, b) vue de détail du fragment de tuyère, c) vue de zone de concentration des scories vitrifiées sur le camp, d) détail des scories vitrifiées, e) scories et nodules métalliques, f) vue de détail de l'un des fonds de creuset découvert.

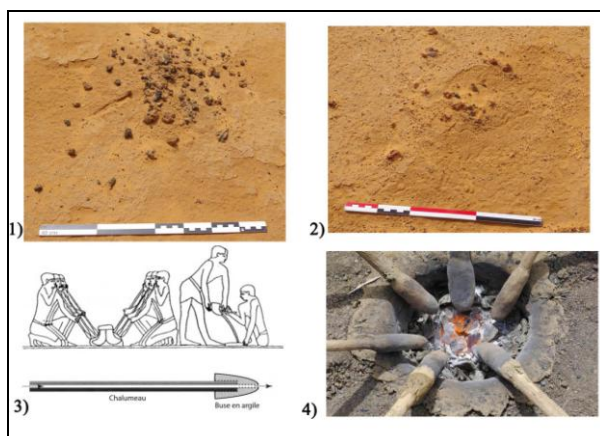


Fig. 21 : 1et 2) fours métallurgiques, découverts au niveau du Draa Oummât El Beit, comportant des fragments de buses de chalumeau à souffler ; 3) schéma du chalumeau à souffler - « *blow-pipe* » - (Rehder, 1994), métallurgistes égyptiens pratiquant (à gauche) la réduction de minerais avec l'usage de chalumeau pour souffler (« *blow-pipe* ») et (à droite) la fonte de métal à partir d'un creuset (Davey, 1988), 4) expérimentation de la réduction de minerais de cuivre à l'aide de chalumeau à souffler - « *blow-pipe* » (Martinon-Torres M., 2004)

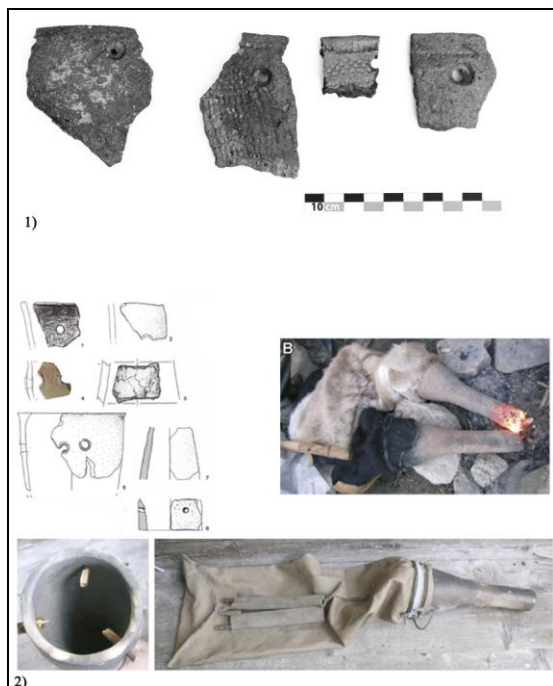


Fig. 22 : Pots à souffler (*pot-bellows*). 1) fragments de céramique découvert sur des sites métallurgiques au niveau du Draa Oummât el Beit et de l’Akchar. Ils sont interprétés comme des tessons de pots à soufflet - « *pot-bellows* ». 2) fragments de *pot-bellows* découverts dans un site de l’âge du bronze en Autriche et reconstitutions expérimentale de la production et du fonctionnement du *pot-bellows* (Töchterle U. et al., 2013)

Ainsi, des éléments de foyers métallurgiques (fonds, culots, parois) ont été découverts dans quelques sites. De même, des indices de ventilation forcée (tuyères, pot-à-soufflet^{xviii}, buses de chalumeau^{xix}) furent mis au jour au niveau de cinq autres sites (**Figs.19 à 22**). L’usage de tuyère est connu à Lemguerinat et Lemdena, au Sud d’Akjoujt au niveau du cordon dunaire de la Dkhaina (Lambert, 1971 ; Vernet, 2012) ; Nos travaux confirment ce type de ventilation forcée sur plusieurs autres sites de ce secteur (voir ci-après). Par contre, les découvertes de fragments de pot-à-soufflet et de buses de chalumeaux constituent la première attestation de l’usage de ce type ventilation forcée pour la métallurgie en Mauritanie.

- La fouille du site d’El-Jemel-Lebyad

Les fouilles d’une partie de la zone métallurgique au niveau du site d’El-Jemel-Lebyad apportent des éléments complémentaires pour la compréhension de la métallurgie du cuivre dans la région d’Akjoujt.

Découvert en 2017, il se situe sur le versant Nord du draa Oummât el Beid. La datation radiocarbone réalisée sur des charbons collectés au niveau de la base d’un foyer métallurgique, situe l’occupation du site autour de 3280±40 BP soit 1645-1453 cal. BC^{xx} (**Figs. 39 et 40**). Il s’agit de la datation la plus ancienne d’une structure métallurgique. Cette date est également antérieure à celles des mines de la région.

Le site se caractérise par une occupation anthropique répartie du sommet des dunes du draa Oummât el Beid jusqu’à la dépression humide (khatt) en contrebas. Les ateliers de taille et de concassage/broyage sont installés sur la pente. Les activités métallurgiques sont principalement concentrées du milieu de la pente de la dune jusqu’à la bordure du khatt qui correspond au début de la zone humide. La superficie de cette zone d’activités métallurgiques est de 150 m² (**Fig. 23**)

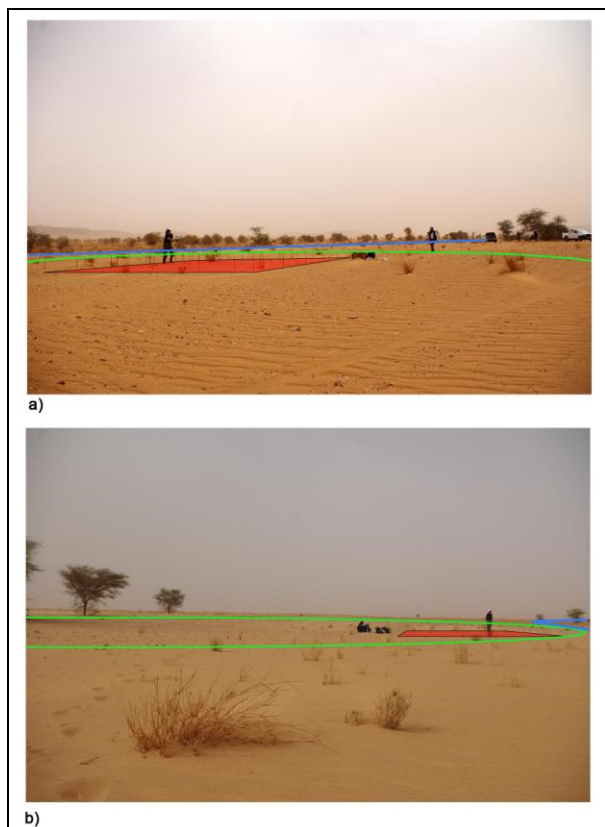


Fig. 23 : Site métallurgique d'El-Jemel-Lebyad et zone de fouilles (carré rouge) : a) vue en direction de l'Est de la partie Nord qui concentre les activités métallurgiques (au premier plan, jusqu'à la ligne verte), au bord de la zone humide (au second plan, au delà de la ligne bleu), b) vue en direction de l'Ouest de la zone d'activités métallurgique (à l'intérieur de l'ellipse verte) qui tangente la zone humide (au troisième plan, à droite de la ligne bleu).

La zone d'activités métallurgiques se caractérise par des scories (brutes et concassées), des fragments de minerais, des fragments de creusets, des fonds de culot métalliques et plusieurs foyers dont il ne subsiste, en surface, que les parois.

Les fouilles se sont déroulées au Nord de la zone d'activité métallurgique du site (**Fig. 24**)

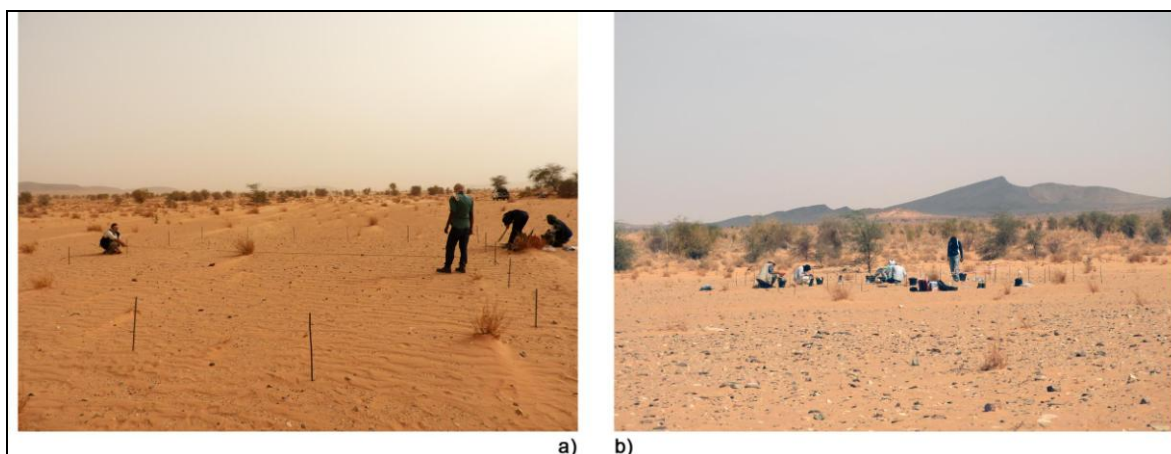


Fig. 24 : Vues de la zone de fouille du site d'El-Jemel-Lebyad, carrés de fouille (10m × 10m) et avec un quadrillage (2m × 2m). a) vue en direction de l'Est lors de l'installation du quadrillage, b) vue en direction du Nord de lors de la fouille de la zone.

Une zone de concentration de scories est particulièrement visible au Nord du secteur. Il pourrait s'agir d'amoncellement de scories brutes. La distinction du format de ces scories permet de mettre en évidence un concassage à proximité immédiate de ces amoncellements ; en effet, les zones de concentration de scories de petites tailles (concassées) se juxtaposent avec celle des scories brutes (scories massives). Un tri semble avoir été opéré comme l'illustre la concentration des scories riches en métal située légèrement au Sud des amoncellements de scories brutes et concassées. Le secteur sud-ouest est particulièrement marqué par une concentration de billes et billettes de métal, située de part et

d'autre des deux foyers métallurgiques en B2 (**Fig. 23**). Il pourrait s'agir d'une zone de rassemblement de métal après le concassage des scories. La découverte, dans ce secteur sud-ouest, de deux objets en métal cassé, peut-être destinés à être recyclés, confirmerai la fonction de cette zone. La fonte semble être pratiquée à l'Est du secteur. Au niveau du carré D2, de nombreux fragments de creusets suggèrent la pratique de cette étape (**Fig. 25**).

Les foyers en D2, B2, B5 et E5 seraient plutôt en lien avec la réduction de minerais. La concentration de fragments de malachite et de chrysocole est particulièrement importante à proximité de ces structures (**Fig. 25**).

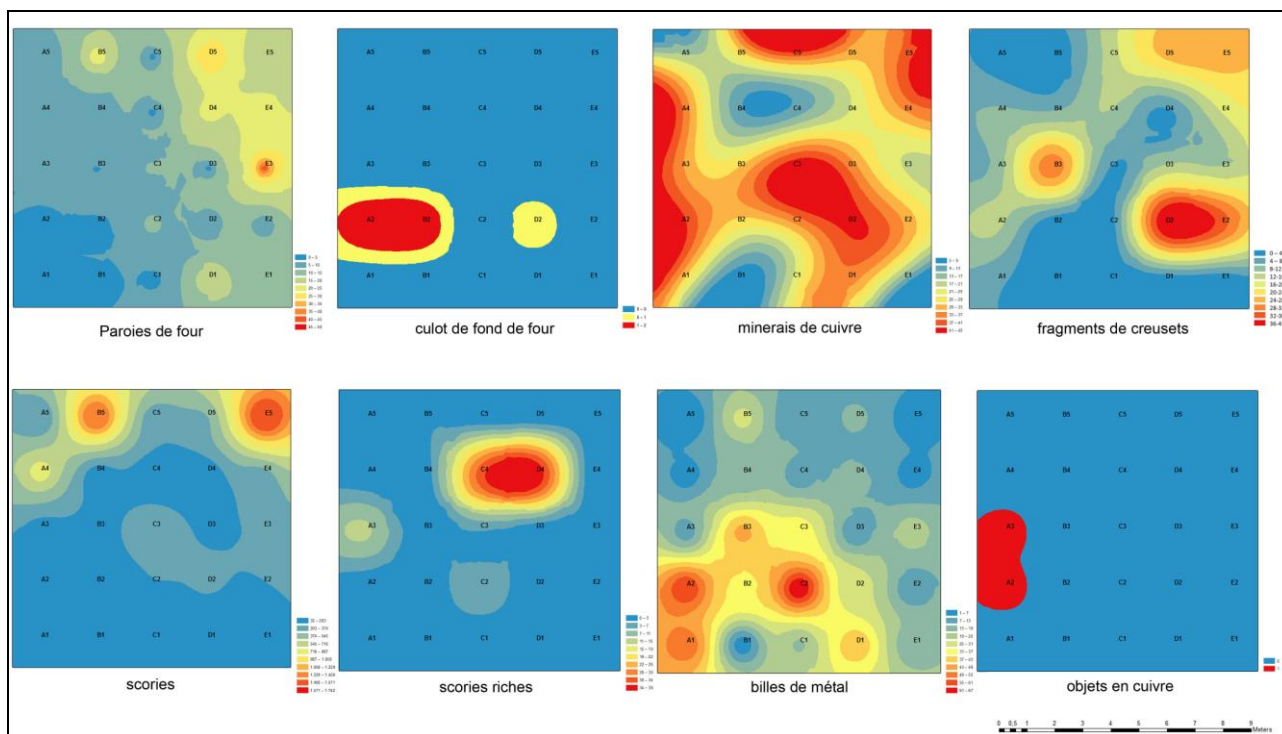


Fig. 23 : plans de densités des indices métallurgiques mis au jour lors de la fouille du site métallurgique d'El-Jemel-Lebyad.

Outre le nombre plus important d'indices liés à la métallurgie, de nouveaux types ont été découverts. Il s'agit de fragment de tube en céramique et des culots de fond de foyer. Ces derniers ont été retrouvés sous trois formes : complet, fragment en blocs massif et concassés.



Fig. 24 : culot massif de fond de four (88,12 g.) découvert dans le carré B2 lors de la fouille du site métallurgique d'El-Jemel-Lebyad.

Ces culots témoignent de problème lors de la réduction des minerais de cuivre : le métal ne s'est pas séparé mais est resté piégé dans la partie stérile (**Fig. 24**). La section de l'un de ces blocs le démontre parfaitement. Deux zones sont clairement visibles (**Fig. 25**). La partie A correspond à un agglomérat de scories, de gangue minérale et de minerais semi-réduits/semi-liquéfiés. La zone B regroupe le métal fondu sous la forme de billettes et de billes de cuivre piégées dans une matrice scoriacée non-complètement liquéfiée.

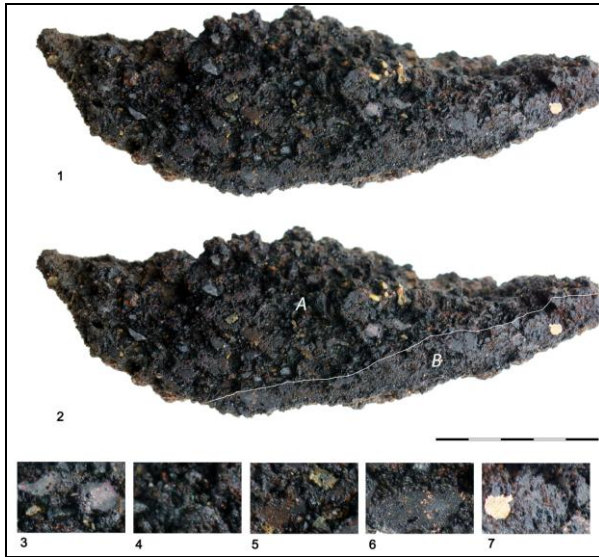


Fig. 25 : coupe de l'un des culots de fond de four. 1- vue de section ; 2- hétérogénéité du culot : A- zone d'agglomérat de scories gangue minérale et minerais semi-réduits/semi-liquéfiés, B- zone de concentration de métal (cuivre) complètement fondu piégé dans la matrice scoriacée non totalement liquéfiée ; 3- vue de détail de scories semi-liquéfiée dans la partie A, 4- vue de détail de minerais (malachite) semi-réduite dans la partie A ; 5- vue de détail de la gangue minérale semi-réduite dans la partie A ; 6- vue de détail de billettes de cuivre fondues dans la partie B ; 7- vue de détail d'une bille massive de cuivre fondu dans la partie B

Les fouilles ont également permis de mettre au jour de nombreuses billettes, billes et nodules de métal (**Fig. 26**). Les billes sont issues du concassage des scories dans lesquelles elles sont piégées lors de la réduction.

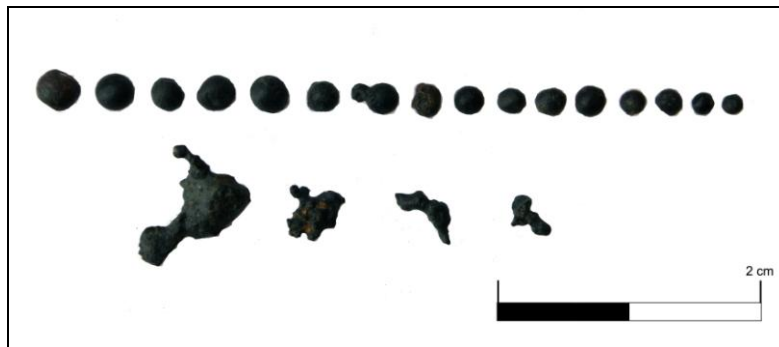


Fig. 26 : une partie des billes, billettes et nodules de cuivre découverts lors de la fouille du site métallurgique d'El-Jemel-Lebyad.

L'une des billes découverte présente une forme caractéristique de martelage. Elle pourrait illustrer la pratique d'un test de déformation afin de vérifier si le métal produit peut subir un martelage de mise en forme.

Un objet en cuivre fragmentaire, probablement une pointe de flèche dont il ne subsiste que la soie, fut mis au jour. La concordance entre ce type d'objet cassé et des activités de fonte, déjà observée au niveau d'un autre site dans le draa Ommât el Beit, pourrait permettre d'envisager la pratique du recyclage.

Nous avons également mis au jour trois fragments d'objets en fer dans la zone métallurgique du site d'El-Jemel-Lebyad. Il est possible qu'il s'agisse de témoins d'échanges avec des sites produisant ce type de métal. Dans le cas de cette hypothèse, ces objets suggéreraient une contemporanéité des métallurgies du cuivre et du fer dans la région d'Akjoujt.

La fouille du site d'El-Jemel-Lebyad a permis de mettre au jour une métallurgie du cuivre daté de la fin de la première moitié du 2^e millénaire. Nos recherches ont également permis d'identifier

l'utilisation de minerais secondaires qui pourraient provenir de gîtes détritiques. Cette hypothèse amène à reconsidérer la provenance des minerais. Elle ne se limiterait pas uniquement aux gisements métallifères dans les massifs autour d'Akjoujt, mais incluerait également l'exploitation de placers cuprifères dont la location précise n'a pas encore été déterminée. Des études géomorphologiques sont planifiées dès 2020 afin d'identifier les paléochenaux dans lesquels se sont formés ces gîtes détritiques.

3.2.c - Cordons dunaires de la Dkhaina et Amatlich (zone 8)

Ces cordons dunaires, orientés nord-est/sud-ouest, sont à 40 km au Sud d'Akjoujt. Le cordon dunaire de la Dkhaina fait place à celui de l'Amatlich au niveau de Ej J'ainniyè.

En comparaison avec les cordons dunaires du draa Oummât El Beid et de l'Akchar, ce secteur est mieux connu. Plusieurs missions archéologiques furent menées par R. Mauny, H. Bessac, N. Lambert, M. S. Bathily et R. Vernet (Mauny et al., 1957 ; Mauny, 1974 ; Bessac, 1958 ; Lambert, 1965, 1969, 1970, 1971, 1972, 1974, 1981, 1983 ; Bathily *et al.*, 1993 ; Vernet, 1983, 2012 et 2014). Parmi ces nombreux travaux, il convient de souligner la fouille par N. Lambert d'une partie du site de Lemdena, qui fut découvert par H. Bessac. N. Lambert a également fouillé et étudié le site de Medinet Sbat. Le site du Khatt Lemaiteg fut fouillé par une équipe franco-mauritanienne dirigée par M. S. Bathily et R. Vernet. Ce dernier a également fouillé un foyer métallurgique à Lemguerinat. N. Lambert signale également la découverte de plusieurs objets en cuivre dans la zone au niveau de : Iriji, Tabrinkout, Fom Tizegui, Raseremt, Gleibat El Found, Touhehine, Kaouat el Amba, Grara Maloueva, Naje, Adam Leu Fkarine, Adam-el-Bouj, Alguelt et Guechire (Lambert, 1972).

Les fouilles, menées il y a plusieurs années, ont permis d'apporter des éléments de datation. L'occupation de cette zone remonterait au début du 3^e millénaire avant notre ère. Un site au Sud de Touezigt^{xxi} daterait de 3607±272 BP, soit 2864-1319 cal. BC (Vernet, 1983). Dans l'état actuel des connaissances, aucun indice permettant d'illustrer des pratiques métallurgiques et remontant à cette période n'a encore découvert. L'occupation du secteur se poursuit au cours du 2^e millénaire avant notre ère. Les premiers indices d'une métallurgie du cuivre apparaissent à cette période. Les fouilles du site du Khatt Lemaiteg ont permis de dater son occupation entre 3350±130 et 2830±60BP, soit entre 1921 et 837 cal. BC (Bathily et al., 1993). Le foyer métallurgique de Lemguerinat, contemporain de la première phase d'exploitation de la mine « grotte aux chauves-souris », date de 2470±110 BP, 806-392 cal. BC (Vernet, 2012). A ce jour, il n'existe cependant aucune preuve de lien entre Lemguerinat et cette mine. L'occupation anthropique semble disparaître à la fin du 1^{er} millénaire avant notre ère. Après un hiatus, la zone est réoccupée entre le premier et le sixième siècle de notre ère. La datation d'un foyer métallurgique à Lemdena va dans ce sens : 1760±110 BP, soit 28-537 AD (Lambert cité par Grébénart, 1988).

Nous avons mené des prospections sur 93 km, du sud-ouest au nord-est, depuis le Khatt Lemaiteg jusqu'à Aghasremt. En complément à ces recherches, des fouilles ont été réalisées au niveau des zones d'activités métallurgiques sur le site de *Moukhayam El Bouhayra*^{xxiii} (Z8cps15) et à Lemdena (Z8s04)

- Les sites métallurgiques

Nos recherches ont permis de confirmer la présence d'activités métallurgiques sur les sites de Touezigt et de Jariné, découverts il y a plusieurs années (Lambert, 1972 ; Vernet, 2012). Nos travaux ont mis au jour des scories et des fragments de malachite et chrysocolle dans ces deux sites. De nombreux indices d'activités métallurgiques ont également été identifiés sur le site de Medinet Titarik, signalé par Th. Monod (Monod et al., 1953) et redécouvert en 2017 au Sud de Lemdena. Il s'agit de fragments de malachite et chrysocolle, scories, fragments de creusets et sept foyers métallurgiques dont cinq en batterie, d'un diamètre de 0,28 à 0,31 m. L'ensemble de ces indices se concentre sur une zone de 10 m² située le long de la zone humide du khatt Lakhraïza. Des ateliers de concassage/broyage et un atelier de taille microlithique ont aussi été découverts. Ce site se caractérise également par une tombe dont les dimensions et la forme se rapproche des tombes construites identifiées sur le site du khatt Lematèg (Bathily et al., 1993 : 176-177).

Nos travaux ont permis de confirmer l'existence d'activités métallurgiques à Damâne et Lemdena (au sujet de Lemdena, voir ci-après). Lambert signalait plusieurs objets en cuivre à Damâne (Lambert

1971, 1972). Des scories et des fragments de minerais de cuivre (malachite et chrysocolle) ont également été découverts sur ce site lors de nos prospections. Ces indices suggèrent la pratique d'activités de réduction de minerais et la production de cuivre à Damâne. Nos travaux ont permis de mettre au jour des scories et des fragments de malachite et chrysocolle sur le site du khatt Lemätég. Des activités métallurgiques de réduction ont probablement été pratiquées sur ce site. Certains objets mis au jour lors des fouilles semblent confirmer cette hypothèse. La découverte d'une « pipe » que l'on interprète plutôt comme une tuyère coudée va dans ce sens (Bathily et al., 1993 : 144, fig. 79). De même, les cuillers en céramique sont probablement des creusets (ibidem, 143, fig. 78).

Parmi les 50 nouveaux sites, 24 présentent des activités métallurgiques. Les indices correspondent à des fragments de minerais, scories, parois de foyers, creusets et culots métalliques. Ces indices témoignent d'activités centrées sur la réduction de minerais cuprifères, le concassage de scories et la production de métal. A l'exception de Lemdena (voir ci-après), aucun objet en cuivre n'a été découvert dans ces sites. Ces 24 sites métallurgiques sont tous localisés à proximité d'une ancienne zone humide, caractérisée soit par un affleurement lacustre interdunaire soit par un paléo-chenal.

Deux sites à 600 m au Sud de Lemdena se distinguent des autres par leur matériel. Ils ne comportent aucun fragment de céramique, ni macro-outils, ni microlithique. Ils se caractérisent par de vastes étendues, 40-50m², de scories concassées. Au niveau de l'un de ces deux sites, trois foyers métallurgiques ont été découverts. Ils se caractérisent par des fragments de parois scoriacées et par des cuvettes d'un diamètre de 0,42, 0,47 et 0,51 m et profondes de 0,14 à 0,21 m. A 15 m au Nord du second foyer, un amas de scories, comparable à un crassier, a été identifié. Contrairement aux scories découvertes dans les autres camps de la région, celles-ci sont massives et très denses. Elles semblent être issues d'un processus métallurgique différent. Au regard des caractéristiques de ces deux camps, nous supposons qu'ils sont plus récents que les autres occupations néolithiques identifiées dans ce secteur. Ils pourraient dater de l'époque médiévale et sont peut-être contemporains de la seconde phase d'occupation identifiée à Lemdena, 5^e-6^e siècles de notre ère (voir ci-dessous).

- Les fouilles à Lemdena (Z8s05)

Ce site, à 52 au sud-ouest d'Akjoujt, est implanté au niveau de dunes et de cuvettes datées de l'Ogolien. Il fut découvert par H. Bessac à la fin des années 1950 et partiellement fouillé par R. Moreau et N. Lambert de 1968 à 1970 (Bessac, 1958 ; Moreau, 1970 ; Lambert, 1969a, 1971, 1972 et 1975). Ces travaux se sont focalisés au sud-est du site.

Les objets retrouvés sur le sommet et la pente de l'une des dunes témoignent d'une industrie microlithique et d'activités de concassage/broyage. De nombreux tessons de céramiques témoignent d'une occupation de longue durée. Sept foyers métallurgiques, dont six étudiés par N. Lambert furent découverts. Leur diamètre est entre 30 et 60 cm. Ils sont alimentés par une ventilation forcée par le biais de tuyères (Bessac 1958, Lambert, 1975). Outre plusieurs scories, quatre objets en métal furent également découverts en surface : une pointe de flèche ogivale, deux alènes et deux petits lingots (Lambert, 1972, 1975). Contrairement aux hypothèses de N. Lambert (Lambert, 1975), ce site n'est pas contemporain de la mine « grotte aux chauve souris »^{xxiii}. Nos datations radiocarbones^{xxiv} encadrent celle de N. Lambert ; Le site semble avoir connu une occupation à la fin du 1^{er} millénaire avant notre ère, et il est réoccupé au 5^e-6^e siècles de notre ère.

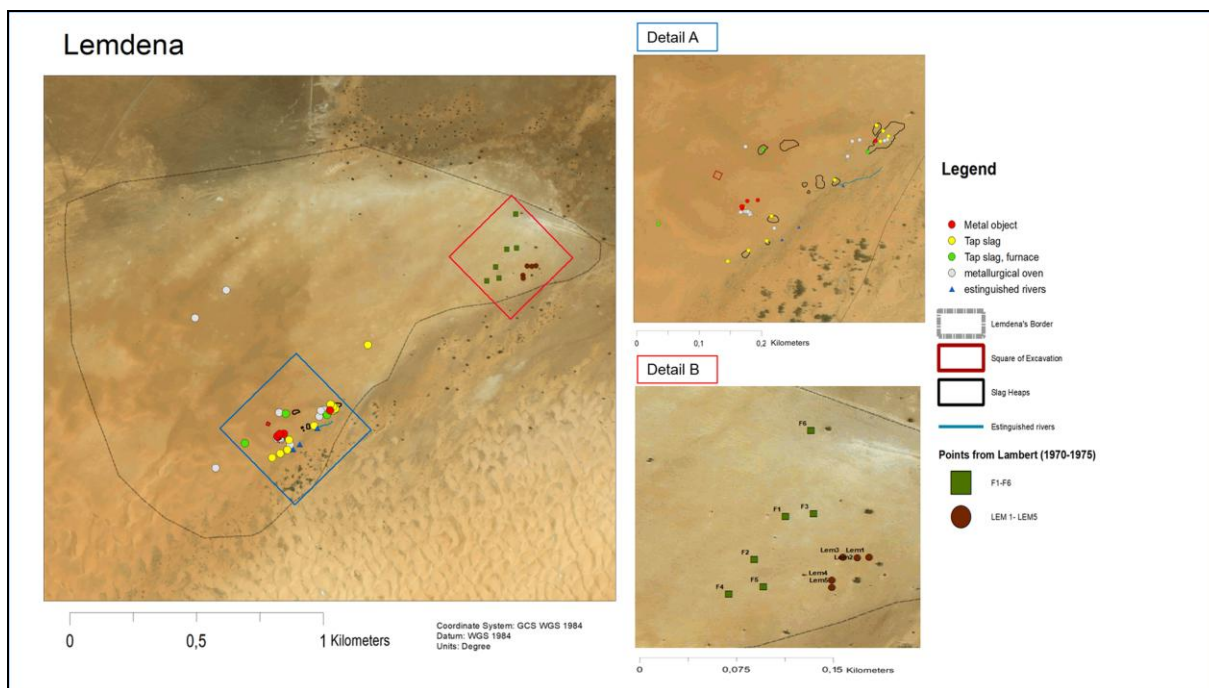


Fig. 27 : plan du site de Lemdena précisant la zone de recherche de N. Lambert (carré rouge) et les fouilles menées en 2017 (carré bleu)

La mission exploratoire menée en 2016 a permis de situer les limites Ouest, Nord et Est du site. Une dizaine de tombes avaient été identifiées au Nord. Ces tombes sont similaires à celles connues à Medinet Titarik et dans le site du khatt Lematæg.

Une première zone métallurgique a été découverte en 2016 au centre du site, au débouché de l'Oued Zeïlouf. Plusieurs indices en témoignent : des scories, des fragments de minerais, de creusets et un foyer métallurgique. Ce foyer a été fouillé. En surface, un fragment de creuset et des parois scoriacées ont été découverts. Sous 3 cm de sable éolien, une structure ovoïde^{xxv}, de couleur gris foncé, a été identifiée. Elle comprenait un remplissage de sable rubéfié et paillettes de charbon, entouré d'une bande rouge de sable rubéfié. La structure gris foncée correspond à une petite cuvette, profonde de 3,4 cm. Ce foyer est daté de 1530 ± 30 BP, soit 428-599 cal. AD. Il témoigne de la seconde phase d'occupation du site (**Figs. 39 et 40**).

En 2017, nous nous sommes concentrés sur le secteur Sud du site, dont seul le secteur sud-est avait été étudié par les précédents travaux de N. Lambert (**Fig. 27**). Nous avons délimité l'ensemble de la partie méridionale de Lemdena. Cette délimitation permet d'estimer la superficie totale du site à 2 km^2 . La partie Sud, se caractérise par une concentration d'activités métallurgiques. Ce secteur est tangent, du côté nord, à une zone humide alimentée par le khatt Inchiri ech Ehergui et l'Oued Zeïlouf, et du côté sud à une seconde zone humide marquée par le khatt Lakhraïza.

Cette zone de concentration d'activités métallurgiques de 60 m^2 se caractérise par 13 crassiers de scories et 21 structures de chauffe métallurgiques dont certaines en batterie. De ces foyers, il ne subsiste en surface que les parois scoriacées. Leur positionnement permet de supposer le diamètre de la structure métallurgique. Il est estimé entre 0,28 m et 0,37 m (**Fig. 28**). Les crassiers correspondent à des concentrations et amas de scories, d'un diamètre de 3,72 à 7,65 m (**Fig. 29**).

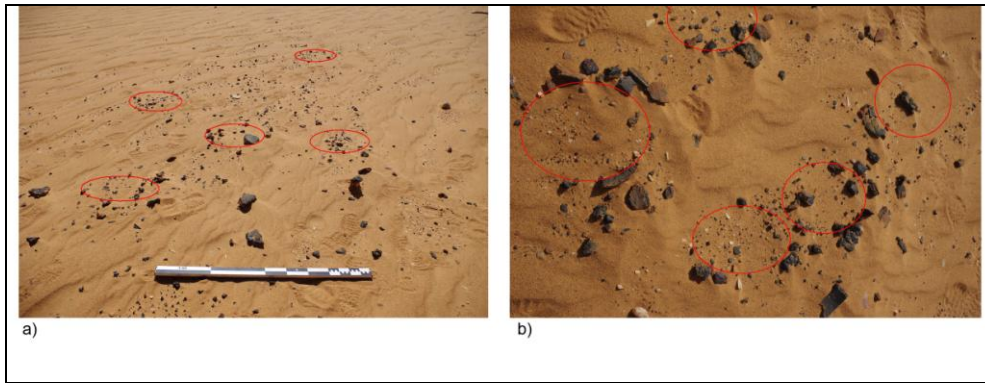


Fig. 28 : structures de chauffe métallurgiques découvertes au Sud de Lemdena. a) vue générale d'une zone de concentration de fragments de parois scoriacées permettant de supposer l'emplacement et le diamètre des fours, b) vue de détail de fragments de parois scoriacées suggérant une installation en batterie des fours.



Fig. 29 : crassiers de scories brutes découverts dans la zone de concentration d'activités métallurgique au Sud de Lemdena. a) et b) vues générales des crassiers, c) vue de l'une des zones de concentration de scories, d) vue de détail des scories composant ces crassiers.

2- Résultats préliminaires

Au sud-ouest de la zone de concentration d'activités métallurgiques de Lemdena, un secteur de production d'objet en métal a été identifié. Sept objets en métal y furent découverts en surface : un lingot, une hache plate, une alène, une aiguille, une pointe de flèche et un anneau (Figs 30 à 34). Ces objets sont similaires à ceux découverts dans la région d'Akjoujt (Lambert, 1970 à 1983). Il convient de souligner la découverte du lingot de cuivre^{xxvi} de 72 g. Onze autres lingots furent découverts dans la région d'Akjoujt^{xxvii}. Ce lingot découvert en 2017 à Lemdena constitue la masse de cuivre la plus importante par rapport aux autres demi produits découverts dans la région d'Akjoujt.



Fig. 30 : hache plate (11,8 g) découverte en 2016 au niveau de l'atelier de production d'objets en métal identifié en 2017 au sud-ouest de la zone de concentration d'activités métallurgiques à Lemdena.



Fig. 31 : Lingot (72 g) en cuivre (93,3% Cu, 2,83% Mn, 2,71% Fe) découvert en 2017 au niveau du secteur de production d'objets en métal à Lemdena. a) face supérieure en contact avec le sable lors de la fonte (grains de silice vitrifiés piégés dans le métal), b) face inférieure en contact avec l'air (microstructure caractéristique d'un refroidissement rapide).

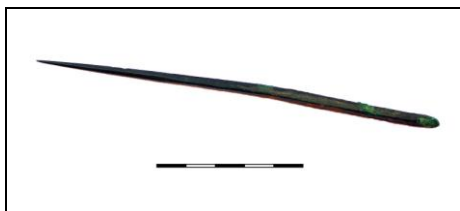


Fig. 32 : alène (10,2 g) découverte en 2017 au niveau du secteur de production d'objets en métal à Lemdena.



Fig. 33 : aiguille à tête ogivale bombée (7,3 g) découverte en 2017 au niveau du secteur de production d'objets en métal à Lemdena.



Fig. 33 : pointe de flèche ogivale à ailerons saillants (1,5 g) découverte en 2017 au niveau du secteur de production d'objets en métal à Lemdena.



Fig. 34 : anneau en fer (2,8 g) découvert en 2017 au niveau du secteur de production d'objets en métal à Lemdena

2- Résultats préliminaires

La découverte d'un anneau en fer pose la question d'une métallurgie locale de production de fer ou l'importation (échanges ?) d'objets en fer produits par d'autres cultures.

Les fouilles ont révélé la présence d'objets archéologiques sur une profondeur de 7,3 cm et l'absence de stratigraphie. Elles ont confirmé l'existence d'activités métallurgiques dans cette zone. De nombreux indices furent découverts : 509 scories, 179 fragments de minerais, 150 parois et/ou éléments de foyers métallurgiques, 140 billes de métal, 35 fragments de creusets et deux objet semi-finis.

Les minerais correspondent à des fragments de malachite et chrysocolle dans un encaissant de metabasalte ou métacarbonate. Certains fragments de parois de foyers présentent des applications successives d'argile ; Il semble qu'il s'agisse de réfection, ce qui suggère un entretien de la structure au cours de ses usages. Une partie d'un large récipient conique en céramique fut mis au jour à proximité de la zone humide. Il pourrait s'agir d'une batée destinée à l'enrichissement des minerais broyés. Les scories sont de plusieurs types : scories brutes issues de coulée ou de la réduction, scories partiellement concassées et scories concassées. L'étude du ratio poids/longueur des scories met en évidence différents types de scories et une homogénéité des scories concassées. En 2016, l'observation microscopique d'une section de scorie découverte à Lemdena avait permis d'identifier des petites billes de métal piégées.

Certains fragments de creusets comportent également des billes de métal piégées dans la céramique. La taille des billes de métal va de 0,15 à 1,25 cm et leurs poids est compris entre 0,09 et 1,78 g. Deux demi-produits furent également découverts. Il s'agit de fragments de métal issus d'une fonte et d'un second martelé.

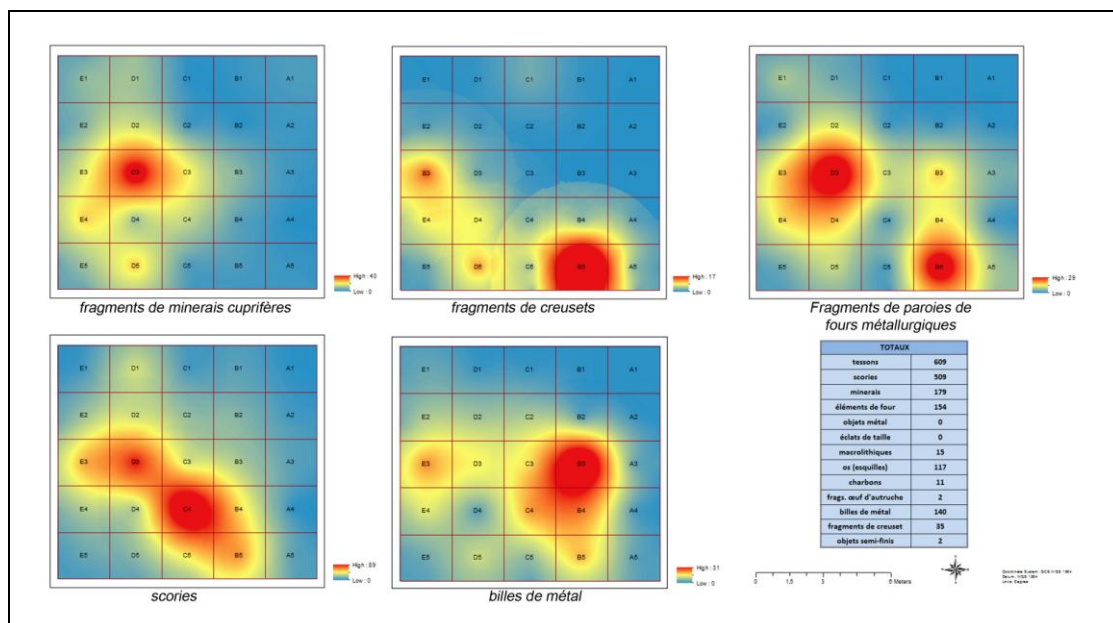


Fig. 35 : plans de densité des artefacts métallurgiques découverts dans le secteur de fouilles à Lemdena.

L'étude de la répartition spatiale des éléments et parois scoriacées suggère la présence de deux foyers au niveau des carrés B5 et D3 (**Fig. 35**). A proximité immédiate du second foyer (carré D3), on observe une concentration de matière première (minerais cuprifères) réduits dans des creusets dont la localisation est identique à celle des deux foyers. La densité de fragments de creusets est toutefois plus importante à proximité du premier foyer (carré B3). Il s'agit de nombreux fragments de creusets concassés. Les concentrations de scories (brutes et concassées) sont situées entre les deux foyers, au niveau d'une zone probable de vidange. Une aire de concentration de billes de métal a été identifiée au nord-est des zones de scories (carrés B3 et B4).

Les fouilles menées en 2017 ont permis de collecter de nouveaux échantillons de charbons au niveau des foyers métallurgiques.

- Les fouilles du site de Moukhayam El Bouhayra (Z8cps15)

2- Résultats préliminaires

Il est situé à 2,1 km au nord-ouest de Lemdena. Il a été découvert en 2017. Le nombre et la diversité des indices métallurgiques découverts nous a conduit à réaliser des fouilles au niveau d'une partie de la zone d'activités métallurgiques.

Ce site se caractérise par la présence en surface de nombreux macro-outils et des éclats de débitage lamellaires illustrant des activités de concassage/broyage et une production microlithique.

Une zone d'activités métallurgiques, d'une superficie de 50 m², a été découverte au Sud du site à proximité d'une zone humide caractérisée par deux dépôts lacustres (**Fig. 36**). De nombreux indices témoignent de ces activités : deux aires de concassage de minerais, des scories, des fragments de creusets et une dizaine de foyers métallurgiques.

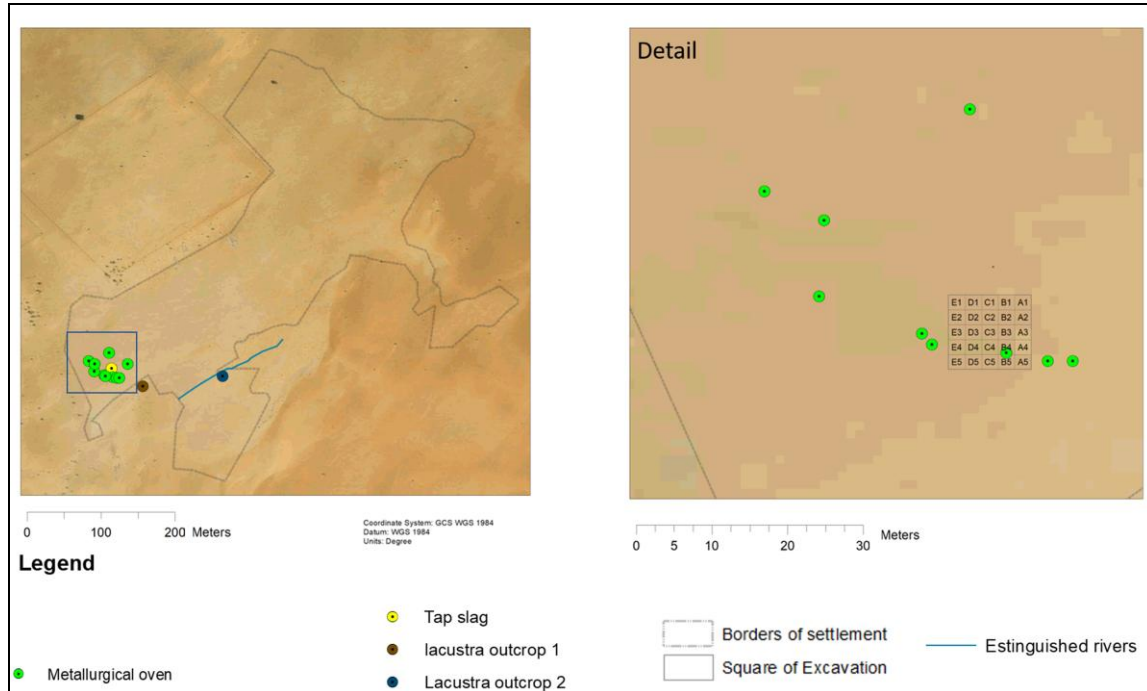


Fig. 36 : plan du site de Moukhayam El Bouhayra précisant ses limites, l'ensemble des indices métallurgiques découverts et le secteur fouillé.

Les minerais sont du même type que ceux découverts à Lemdena. Il s'agit de petits filons de malachite et chrysocolle contenus dans un encaissant de métacarbonates ou metabasaltes. L'un des fragments de paroi de foyer présente une courbure et un bord suggérant une ouverture d'un diamètre estimé à 75 cm. Il pourrait s'agir de l'orifice supérieur d'un foyer métallurgique similaire à celui découvert à la fin, des années 1950 par H. Bessac (Bessac, 1958 : 350, pl. 13, n°14).

La fouille menée au sud-ouest de la zone métallurgique a permis de mettre au jour 957 scories, 828 parois de foyer, 194 billes de métal, 147 fragments de minerais et 24 fragments de creuset. Deux petits fragments de plaque de métal et une pointe de flèche furent également mis au jour. De nombreux projectiles similaires furent découverts dans la région (Lambert, 1970, 1971 et 1972).

Parmi les fragments de parois de foyer, la moitié de l'extrémité d'une tuyère fut découverte. Elle suggère l'usage de ventilation forcée et confirme les parallèles avec le foyer découvert par H. Bessac. Selon l'étude du ratio poids/longueur, trois types de scories peuvent être distingués : scories brutes issues de la réduction ou de coulée, scories partiellement concassées et des scories concassées. Les scories et les creusets comportent des billes de métal piégées. Scories et creusets ont été concassés afin de les extraire.

2- Résultats préliminaires

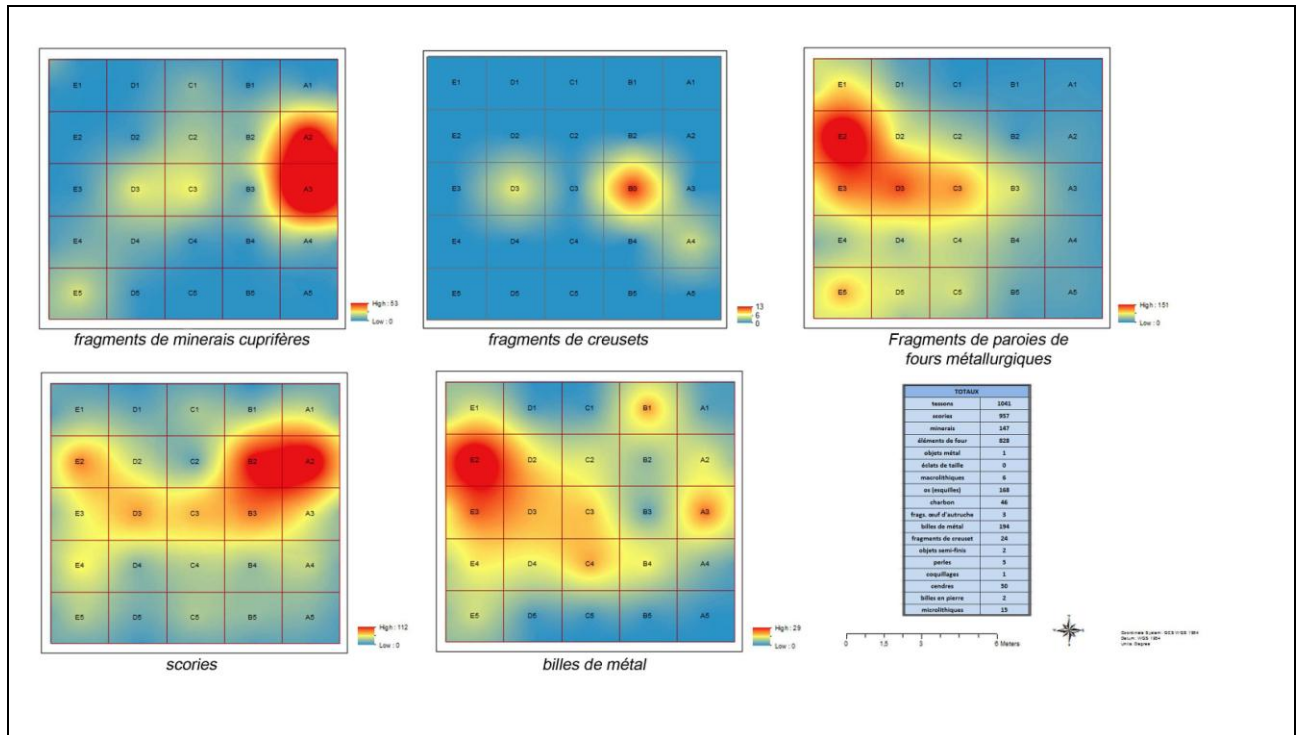


Fig. 37 : plans de densité des artefacts métallurgiques découverts dans le secteur de fouilles du site de Moukhayam El Bouhayra

Selon les plans de densité, un foyer métallurgique semble avoir existé au nord-ouest de la zone de fouille (carrée E2) (**Fig. 37**). Les parois de foyer sont concentrées dans ce secteur. Toutefois la densité de scories est faible. La majorité de scories fut découverte dans les carrés B2, A2 et B3. La fouille a permis de mettre en évidence des lentilles charbonneuses en C1, B2 et des couches de cendre en C1 et C2. Il est ainsi fort probable qu'une deuxième structure pyrométallurgique ai été présente au nord du secteur de fouilles (carrés C1/B2) mais dont il ne subsiste en surface aucun indice. La présence à proximité de minerais, dans les carrés A2 et A3 va dans le sens de cette hypothèse. De même, les fragments de creusets sont concentrés en B3. La densité de billes de métal est importante dans les carrés E2 et E3. Cette concentration qui se surimpose à celle des parois de foyer est étonnante. Elle suppose que les minerais aient été directement réduits, sans creuset, dans le foyer métallurgiques et que le métal, sous la forme de billes, ait migré par gravité au fond de la structure

3.2.d - la confluence des Khatts Chouâyel, el Kleijât et er Ragg el Abeid (zone 9)

Ce secteur, à 5 km à l'Ouest d'Akjoujt, correspond à la confluence de trois dépressions (khatt) dans lesquelles l'eau persiste, formant ainsi des zones humides.

Douze sites ont été découverts dans ce secteur. A l'exception d'un site comportant uniquement un atelier de concassage/broyage, il s'agit d'occupations caractérisées par des activités métallurgiques. De nombreux indices témoignent de cette activité : des fragments de minerais (malachite et chrysocolle), des scories, des creusets et des culots métalliques. Des macro-outils (percuteurs, molettes, meules, pierres à cupules) sont également présents dans ces camps. Ils sont associés à la préparation du minerai et/ou au concassage des scories. Une aire de concassage de scories fut découverte sur l'un des sites. Le site comportant uniquement un atelier de concassage/broyage se caractérise par la présence de pierres à cupules, de pilons et des meules. Ces macro-outils pourrait être indirectement lié aux activités métallurgiques identifiées dans les camps à proximité.

Des fragments de parois scoriacées et des foyers érodés ont également été découverts dans ces sites métallurgiques. Un seul foyer complet a été identifié au niveau de l'un des sites. Cette structure a fait l'objet de fouilles. Le foyer se caractérise par une cuvette d'un diamètre de 32 cm et 13,3 cm de profondeur. Cette structure semble avoir été détruite après son usage. Le comblement correspond à un

2- Résultats préliminaires

remplissage hétérogène de fragments de parois de foyer, de charbons et de scories. La fouille a permis découvrir au fond de la cuvette, quatre lourdes scories riches en métal. Il est surprenant qu'une telle masse de métal, 53g, ait été laissée au fond du foyer (**Fig. 38**). Le processus de réduction semble avoir été incomplet et l'ensemble de la charge partiellement réduite a été abandonnée. Nous avons réalisé une section des quatre lourdes scories. Cette coupe révèle la présence de métal (cuivre) fondu et piégé dans la matrice stérile partiellement réduite. Cette étude préliminaire va dans le sens d'un problème de réduction.



Fig. 38 : Scories riches en métal, pesant au total 53g, découvertes au fond du four de réduction du camp

Une analyse ED-XRF a été réalisée au laboratoire de la MCM sur l'une des scories. Le taux important de fer (66%) et les faibles teneurs en silicate et aluminium (9.7% Si et 1% Al) soulignent le problème de réduction du minerai de cuivre utilisé et celui de l'extraction du fer contenu dans cette matière première. Il apparaît une insuffisance dans la quantité de fondant utilisé et/ou des températures trop basses pour liquéfier suffisamment la scorie et séparer la gangue stérile du métal. Les taux des éléments traces et particulièrement ceux du manganèse et du nickel suggèrent l'utilisation de minerais du Guelb Moghreïn.

L'ensemble des indices métallurgiques découverts au niveau de ces sites, à la confluence des Khatts Chouâyel, el Kleijât et er Ragg el Abeid, illustrent la pratique d'activités de métallurgie extractrice, c'est à dire la transformation des minerais de cuivre, préalablement broyé finement en poudre, par réduction pour obtenir du métal.

Le foyer découvert au niveau du site métallurgique Z9cps18 date de 2710 ± 30 BP, soit 910-809 cal. BC^{xxviii}. Cette structure destinée à la réduction de minerais de cuivre est contemporaine des premières phases d'exploitation de la mine de la « grotte aux chauves-souris » (Lambert, 1971, 1975) (**Figs. 39 et 40**). Ce site, à 5 km des mines anciennes du Guelb Moghreïn, témoigne donc de la pratique d'activités de métallurgie extractive utilisant des minerais locaux. Les autres camps métallurgiques dans ce secteur pourraient également dater du début du 1^{er} millénaire avant notre ère.

Une pointe de lance en fer à double ailerons a été mise au jour dans un contexte néolithique au niveau de l'un des sites. Cet objet en fer pose la question d'une production locale ou d'échanges et celle du développement contemporain des métallurgies du cuivre et du fer.

A 900m à l'Est, quatre autres objets en fer ont été découverts. Ces deux aiguilles, anneau et pointe de flèche en fer mis au jour semblent plus tardifs au regard de la typologie et pourraient remonter à l'époque médiévale. L'ensemble de ces cinq objets en fer pourraient témoigner de la réoccupation de la région à cette période.

3.2.e - Khatt Inchiri es Sahili (zone 9)

La longue dépression au Nord-Nord/Ouest d'Akjoujt, le khatt Inchiri es Sahili, draine les eaux temporaires collectées par les affluents des deux versants du reg Inchiri au Nord d'Akjoujt. Nos prospections ont couvert la zone le long du khatt Inchiri es Sahili depuis le Ragg el Melgat, au nord du massif d'Atomaye, jusqu'à N'Der, au Sud du massif de Tamâgôût.

2- Résultats préliminaires

La dynamique de ce bassin hydrologique changeante et les crues ont fortement lessivé le secteur et arasé en grande partie les niveaux archéologiques. Seules quelques occupations anthropiques demeurent entre le khatt er Rkheimiyât et le khatt er Roûmda.

Une dizaine de sites caractérisés par des activités métallurgiques ont été découverts dans cette zone. Un site en particulier présente de nombreux indices métallurgiques : minerais, scories, culots métalliques de creusets, parois de foyers, et une aire de concassage/broyage de scories avec des macro-outils. Les autres camps métallurgiques découverts se caractérisent pas des scories voire également des fragments de minerais. L'ensemble de ces sites métallurgiques dans le secteur du khatt Inchiri es Sahili est associé à des activités de réduction de minerais de cuivre. Les mines anciennes les plus proches sont à 24 km à l'Est, dans le massif d'Atomaye.

Un autre site se caractérise par un vaste atelier de production de macro-outils de concassage/broyage en quartz, granite et gabbro. Il semble avoir produit les outils lithiques destinés aux sites métallurgiques à proximité

3.3 Une chaîne opératoire de la métallurgie du cuivre ?

Dans l'état actuel des connaissances, une chaîne opératoire peut être proposée.

Les minerais cuprifères, malachite et chrysocolle, sont extraits par abattage au feu et au maillet au niveau de mines souterraines et fronts de taille situés dans les massifs montagneux de la région. Il est également possible que des placers cuprifères aient été exploités. Cette hypothèse sera à confirmer lors de la poursuite des travaux. Des ateliers de broyage/concassage sont situés à proximité immédiate des lieux d'extraction. Ils sont destinés à réaliser une première séparation entre le minerai et le stérile.

La matière première est transportée jusqu'à des sites installés à proximité et proches d'un accès à l'eau. Les minerais sont de nouveau concassés, broyés et réduits en poudre. Le broyat est ensuite concentré. Des mouvements circulaires répétitifs permettent de séparer par gravité, avec l'aide d'une dynamique hydraulique, le minerai de la partie minérale stérile. Cette dernière, moins dense, est évacuée par la force centrifuge. Au terme de cette seconde phase de séparation, on obtient une poudre de minerai concentré.

Ce concentré est placé dans un creuset à l'intérieur d'un four de réduction alimenté par une ventilation forcée (pot à souffler « *pot-bellows* », chalumeaux, « *blow-pipe* » ou tuyère). Nous ignorons actuellement les dimensions de ces structures de réduction et les températures atteintes. Un fondant est nécessaire afin de faciliter la liquéfaction des résidus stériles sous la forme de scories et la séparation avec le métal. Nous ignorons actuellement la nature de ce fondant et s'il est volontairement ajouté ou naturellement présent dans la gangue restante. Le minerai malachite ne pose pas de problème de réduction, par contre la chrysocolle, qui est un silicate, est plus complexe à réduire. L'hématite extrait dans la mine Z1m12C, pourrait sous la forme de poudre permettre de fixer les silicates au niveau de la scorie et faciliterai la formation de métal. Cette hypothèse sera vérifiée par des analyses. Le processus de réduction permet de séparer le métal et le stérile, qui est évacué sous la forme de scories. Le métal obtenu est sous la forme de nodules et de billettes de cuivre piégées dans la scorie. Des amas de scories brutes sont fréquemment découverts à proximité des fours métallurgiques de réduction.

Plusieurs artefacts (culots de fond de four, scories denses) illustrent des difficultés lors de cette étape de réduction. Ils semblent traduire des conditions de températures insuffisantes et/ou un manque d'apport de fondant siliceux. Nous n'excluons pas des tentatives de réduction de minerais cuprifères complexes à base de sulfures.

Les scories sont ensuite visiblement concassées afin de récupérer le métal piégé dans cette gangue stérile. Ces scories concassées correspondent à de petits fragments à bords irréguliers. Cette activité se caractérise par des macro-outils (meules passives et actives, percuteurs) et une zone d'épandage de scories concassées. Certains sites, comme Lemdena, présentent de vastes aires de scories concassées.

L'ensemble du métal obtenu (billes, nodules) est rassemblé et fondu probablement dans un creuset de fonte. Dans l'état actuel des recherches, aucun fragment ce type de creuset n'a encore été découvert. La mise au jour d'un lingot à Lemdena pourrait illustrer une des pratiques de fonte. La présence de grains de silice vitrifiés et piégés dans le métal sur l'une des faces de lingot suggère qu'il a été fondu dans du sable. Le métal fondu serait coulé dans un petit sillon creusé dans le sable.

2- Résultats préliminaires

Dans l'état actuel des connaissances, nous ne disposons d'aucun indice permettant de connaître les étapes de mises en forme des objets, qui sont probablement fabriqués dans les sites métallurgiques. Les objets en métal finis sont rarement découverts dans ces sites métallurgiques ; Les cinq objets et le lingot mis au jour à Lemdena font exception. Il est par contre plus fréquent de découvrir des objets en métal cassés à proximité des zones métallurgiques dans les sites. Ils pourraient illustrer la pratique du recyclage.

Les objets finis et les demi-produits (lingots) sont probablement ensuite destinés aux échanges.

Cette chaîne opératoire sera amenée à être reconsidérée au regard des nouvelles datations et des découvertes futures

3.4 Une organisation autour de la métallurgie du cuivre ?

Sur la base de nos travaux, nous détaillons une proposition d'explication. La distribution spatiale des sites semble liée à la métallurgie. Ils se répartissent selon les nécessités d'accès aux matières premières et ressources naturelles et selon la chaîne opératoire de la métallurgie du cuivre (voir ci-dessus). Les mines souterraines et les fronts de taille pour l'extraction des minerais sont installés au niveau des filons métallifères. A leur proximité, des carrières, positionnées sur les affleurements rocheux, les approvisionnent probablement en macro-outils lithique. Non loin des mines, des petits ateliers de broyage/concassage sont installés et destinés à une première séparation du stérile et du minerais. En contrebas des massifs, à proximité de zones humides des sites de broyage/concassage réalisent l'enrichissement et pourvoient en bois les mines dont l'exploitation se fait par abattage au feu. Cette opération est réalisée dans des sites spécifiques disposant ateliers de à broyage/concassage dédiés l'enrichissement, comme celui au niveau du l'Oued El'Jenné. On constate la également la pratique broyage/concassage pour l'enrichissement dans des sites à multiple activités métallurgiques^{xxix}, comme sur le site d'*El-Jemel-Lebyad*.

Non loin des sites disposant broyage/concassage réalisant l'enrichissement, et toujours à proximité de zones paléo-humides, on constate la présence de sites de réduction de minerais. Ils se caractérisent par des fours métallurgiques, souvent pourvus de ventilation forcée, et d'amoncellement de scories (voir ci-dessus, les détails concernant la chaîne opératoire). Ces sites comportent aussi généralement des fours destinés à la fonte et production de demi-produits. Le traitement des scories et les activités pyrométallurgiques nécessitent l'installation des sites à proximité d'un point d'eau et de ressources pour le combustible.

L'ensemble de ces sites métallurgiques destinés à la transformation des minerais et au traitement du métal sont localisés dans les regs ou en bordure des cordons dunaires ogoliens. Au niveau de ces zones, d'autres sites non métallurgiques, caractérisés par des ateliers de broyage/concassage et de taille microlithiques, sont également présents. Ils pourraient être associés à des activités de subsistance. Leur concentration est plus forte autour des zones paléohumides.

Des sites plus vastes, comportant de nombreux ateliers de broyage/concassage, taille microlithique, mais semble-t-il caractérisé par aucune activité métallurgique, sont localisés au niveau des cordons dunaires ogoliens du Draa Oummât el Beid, Akchar, Dkhaina et Amatlich.

La répartition des sites, au niveau des regs et en bordure des cordons dunaires, semble suivre des axes, depuis les massifs montagneux et en directions des cordons dunaires ogoliens, suivant des dépressions fluviales (khatts et oueds).

Au nord-ouest d'Akjoujt, un axe, partant des khatts el Kleijât et er ragg el Abiad, passant par le khatt Inchiri es Sahli en direction du cordon dunaire draa Oummât el Beid, est bien visible.

A l'Ouest du massif de Tourarine, au nord-ouest d'Akjoujt, une succession de sites métallurgiques sont installés dans la dépression depuis le nord-ouest du massif de Tourarine et jusqu'à celui Amalfi

Au Nord d'Akjoujt, on pressent un axe de circulation entre le massif d'Atomaye et celui d'Irarchène-Araguib, le long du khatt el Kemché et en direction du cordon dunaire de l'Akchar, où plusieurs sites métallurgiques ont été découverts en bordure.

A l'Est du massif d'Irarchène-Araguib, l'oued El'Jenné semble également être un axe de circulation possible depuis les mines du secteur jusqu'aux sites métallurgiques de l'Akchar en passant par le vaste atelier de broyage/concassage pour l'enrichissement en contrebas du massif d'Irarchène-Araguib.

2- Résultats préliminaires

Au Sud d'Akjoujt, un axe de circulation semble exister le long des khatts En Temaddi et Inchiri Ech Chergui en direction de la bordure septentrionale du cordon dunaire de la Dkhaina, où sont localisés de nombreux sites métallurgiques au niveau de zones paléo-humides

3.4 Occupation anthropique et développement de la métallurgie à l'Holocène récent : un essai de chronologie

Dans l'état actuel des connaissances, l'occupation anthropique au cours de l'Holocène récent, dans la région d'Akjoujt, remonterait au début du 4^e-3^e millénaires avant notre ère. Des vestiges de cette époque ont été découverts à l'Est d'Akjoujt, sur le draa Malichigdane et au Sud, sur le cordon dunaire de la Dkhaina (Carbonnet et al., 1970, Vernet 1993). A ce jour, aucun indice métallurgique daté de cette période n'a encore été découvert.

L'occupation se poursuit au 2^e millénaire. Les phases 1 et 2 d'habitat au niveau du khatt Lemateig, au Sud d'Akjoujt, illustrent cette période (Bathily et al., 1993). Les recherches au niveau du Tigirit, région au Nord d'Akjoujt, démontrent que la zone est également occupée dès le début du 2^e millénaire (Bathily, 1992). Les premiers indices d'une métallurgie du cuivre remontent au milieu du 2^e millénaire. Nos recherches démontrent la pratique d'activités de réduction de minerais cuprifères et la production du cuivre sur le site d'*El-Jemel-Lebyad*, à 30 km au Nord d'Akjoujt. Les minerais utilisés sur ce site proviendraient de gîtes détritiques (voir ci-dessus). A ce jour, aucune mine dans la région n'a encore été datée de cette époque. En s'appuyant sur l'hypothèse de l'utilisation de minerais d'origine alluviale, il serait possible que l'exploitation des placers cuprifères soit antérieure à celle des mines souterraines. La datation site du khatt Lemateig et celle du site Z8s07 confirment la poursuite de l'occupation au Sud d'Akjoujt au cours de la seconde moitié du 2^e millénaire.

La période, comprise entre la fin du 2^e millénaire et le 1^{er} millénaire avant notre ère, correspond à l'exploitation de la mine de « la grotte aux chauves-souris ». Les débuts de l'exploitation sont contemporains d'un four métallurgique découvert en 2017 sur le site à 7 km à l'Ouest de la mine, daté du début du 1^{er} millénaire. Un autre four métallurgique, découvert sur le site de Lemguerinat, à 110 km au sud-ouest d'Akjoujt, est également contemporain de l'exploitation de la mine de « la grotte aux chauves-souris ». Le développement de la métallurgie du cuivre à cette période dans la région d'Akjoujt est contemporain d'un site métallurgique découvert plus au Nord dans la région du Tiris Zemmour, au sud de Zouerate à Assabet el Medahia (Lambert 1983).

Le site de Lemdena est postérieur à la mine de « la grotte aux chauves-souris ». Ce site semble avoir connu au moins deux phases d'occupation. La première serait comprise entre la fin du second siècle avant notre ère et le début du premier siècle de notre ère ; la seconde phase serait datée entre le 5^e et le 6^e siècles de notre ère. Nos deux datations encadrent celle des travaux de N. Lambert. Le site de Lemdena est contemporain de l'une des mines découvertes dans le massif d'Atomaye datée entre 3^e et le 7^e siècles de notre ère. Plusieurs indices, bien que non encore précisément datés, alimentent l'hypothèse d'une réoccupation de la région à l'époque médiévale : les deux sites à l'Est de Lemdena, les objets en fer dans la zone 9 et les marques d'extraction dans au niveau des mines Z1m12A et Z7m03.

2- Résultats préliminaires

zone		site		contexte	type échantillon	référence laboratoire	BP	cal. BC.	Référence
nom	n°zone programm	type	détails						
Draa Malichigdane	7	tombe	n.c	foUILLES	poterie	GIF-2552	4850 ± 110 BP	3940BC - 3371BC	Carbonnet et al., 1970
Dkhaina	8	site	n.c	nc	poterie	LQ-154	3607 ± 272 BP	2864BC - 1319BC	Vernet, 1993
Tigirit	hors secteur	site	n°15	surface	coquille d'oeuf d'autruche	GIF-8121	3520 ± 60 BP	1983BC - 1692BC	Bathily, 1992
Dkhaina	8	site	Khatt-Leimateg (phase habitat 1)	foUILLES	poterie	Ly-2501	3350 ± 130 BP	1921BC - 1416BC	Bathily et al., 1993
Dkhaina	8	site	Khatt-Leimateg (phase habitat 2)	foUILLES	poterie	Ly-2502	3310 ± 200 BP	1891BC - 1317BC	Bathily et al., 1993
Draa Oummât E'l'Beit	7	camps métallurgique	Z-7-H-W-45	foUILLES foyer métallurgique	charbon	Poz-108112	3280 ± 40 BP	1645BC - 1453BC	programme CUPRUM
Dkhaina	8	site	n.c	nc	charbon	Ly-4394	3150 ± 70 BP	1609BC - 1232BC	Vernet, 1993
Draa Malichigdane	8	tombe	n.c	foUILLES	os	GIF-2551	3120 ± 110 BP	1629BC - 1056BC	Carbonnet et al., 1970
Tigirit	hors secteur	site	n°15	surface	coquille d'oeuf d'autruche	nc	3070± 110 BP	1546BC - 1011BC	Bathily, 1992
Dkhaina	8	site	Khatt-Leimateg (phase habitat 3)	foUILLES	poterie	Ly-2974	3040 ± 160 BP	1640BC - 853BC	Bathily et al., 1993
Amatich	8	site	Z-8-H-W-08	surface	dent	Beta-453174	2930 ± 30 BP	1220BC - 1025BC	programme CUPRUM
Dkhaina	8	site	Khatt-Leimateg (phase habitat 4)	foUILLES	poterie	GIF-6891	2830 ± 60 BP	1192BC - 837BC	Bathily et al., 1993
Guelb-Moghrein occidental	1	mine	grotte aux chauve-souris (sondage 1, -1,5m)	foUILLES	charbon	DAK-25	2776 ± 126 BP	1378BC - 592BC	Lambert, 1971
confluence des Khatts Chouâyéel, el Kleijât et er Ragg	9	camps métallurgique	Z-9-H-W-18	foUILLES foyer métallurgique	charbon	Poz-108114	2710 ± 30 BP	910BC - 809BC	programme CUPRUM
Guelb-Moghrein occidental	1	mine	grotte aux chauve-souris (sondage 1, -8m)	foUILLES	charbon	GIF-1823	2700 ± 110 BP	1193BC - 541BC	Lambert, 1975
Assabet el Medahia (Dechra)	hors secteur	site	Dechra 1	foUILLES	charbon	GIF-5322	2590 ± 100 BP	922BC - 411BC	Lambert, 1983
Guelb-Moghrein occidental	1	mine	grotte aux chauve-souris (sondage 4, -5m)	foUILLES	charbon	DAK-29	2522 ± 123 BP	912BC - 384BC	Lambert, 1971
Assabet el Medahia (Dechra)	hors secteur	site	Dechra 1	foUILLES	charbon	GIF-5323	2500 ± 100 BP	814BC - 399BC	Lambert, 1983
Guelb-Moghrein occidental	1	mine	grotte aux chauve-souris (sondage 1, -8m)	foUILLES	charbon	GIF-1824	2500 ± 100 BP	814BC - 399BC	Lambert, 1975
Dkhaina	8	site	Lemgueirinat	foUILLES foyer métallurgique	charbon	Ly-2579	2470 ± 100 BP	806BC - 392BC	Vernet, 1993
Guelb-Moghrein occidental	1	mine	grotte aux chauve-souris (sondage 1, -10m)	foUILLES	charbon	GIF-1825	2460 ± 100 BP	804BC - 388BC	Lambert, 1975
Guelb-Moghrein occidental	1	mine	grotte aux chauve-souris (sondage 1, -7m)	foUILLES	charbon	GIF-1822	2460 ± 100 BP	804BC - 388BC	Lambert, 1975
Guelb-Moghrein occidental	1	mine	grotte aux chauve-souris (sondage 3, -1,35m)	foUILLES	charbon	GIF-1287	2410 ± 100 BP	797BC - 235BC	Lambert, 1975
Guelb-Moghrein occidental	1	mine	grotte aux chauve-souris (sondage 1, -10m)	foUILLES	charbon	GIF-1285	2400 ± 100 BP	795BC - 232BC	Lambert, 1971
Guelb-Moghrein occidental	1	mine	grotte aux chauve-souris (sondage 3, -1,10m)	foUILLES	charbon	GIF-1286	2360 ± 110 BP	779BC - 203BC	Lambert, 1971
Guelb-Moghrein occidental	1	mine	grotte aux chauve-souris (sondage 1, -2,10m)	foUILLES	charbon	GIF-1284	2350 ± 110 BP	783BC - 197BC	Lambert, 1971
Draa Malichigdane	7	tombe	n.c	foUILLES	poterie	GIF-2550	2030 ± 110 BP	360BC - 214AD	Carbonnet et al., 1970
Dkhaina	8	site	Z-8-H-W-07 (Lemdena)	surface	dent	Beta-453172	2020 ± 30 BP	107BC - 59AD	programme CUPRUM
Dkhaina	8	site	Lemdena	foUILLES foyer métallurgique	charbon	DAK-120	1760 ± 110 BP	28AD - 537AD	Lambert cité par Grebenart, 1988
Atomay	2	mine	Z-2-M-01e	sondage	agglomérat carbonaté	Poz-87188	1690± 30 BP	256AD - 416AD	programme CUPRUM
Dkhaina	8	zone métallurgique du site	Z-8-H-W-07 (Lemdena)	foUILLES foyer métallurgique	charbon	Poz-87187	1530 ± 30 BP	428AD - 599AD	programme CUPRUM
Atomay	2	mine	Z-2-M-01e	sondage	agglomérat carbonaté	Poz-87189	1425 ± 30 BP	576AD - 659AD	programme CUPRUM
Guelb-Moghrein occidental	1	mine	grotte aux chauve-souris (sondage 3, -0,60m)	foUILLES	charbon	DAK-112	1213 ± 110 BP	639AD - 1022AD	Lambert, 1975
Guelb-Moghrein occidental	1	mine	grotte aux chauve-souris (sondage 3, -0,85m)	foUILLES	charbon	DAK-119	493 ± 115 BP	1281AD - 1644AD	Lambert, 1975

Fig. 39 : Synthèse des dates radiocarbone publiées et des dates obtenues dans le cadre du programme CUPRUM. Sites de la région de l'Inchiri (secteurs d'Akjoujt et Tigirit) et du Tiris-Zemmour.

2- Résultats préliminaires

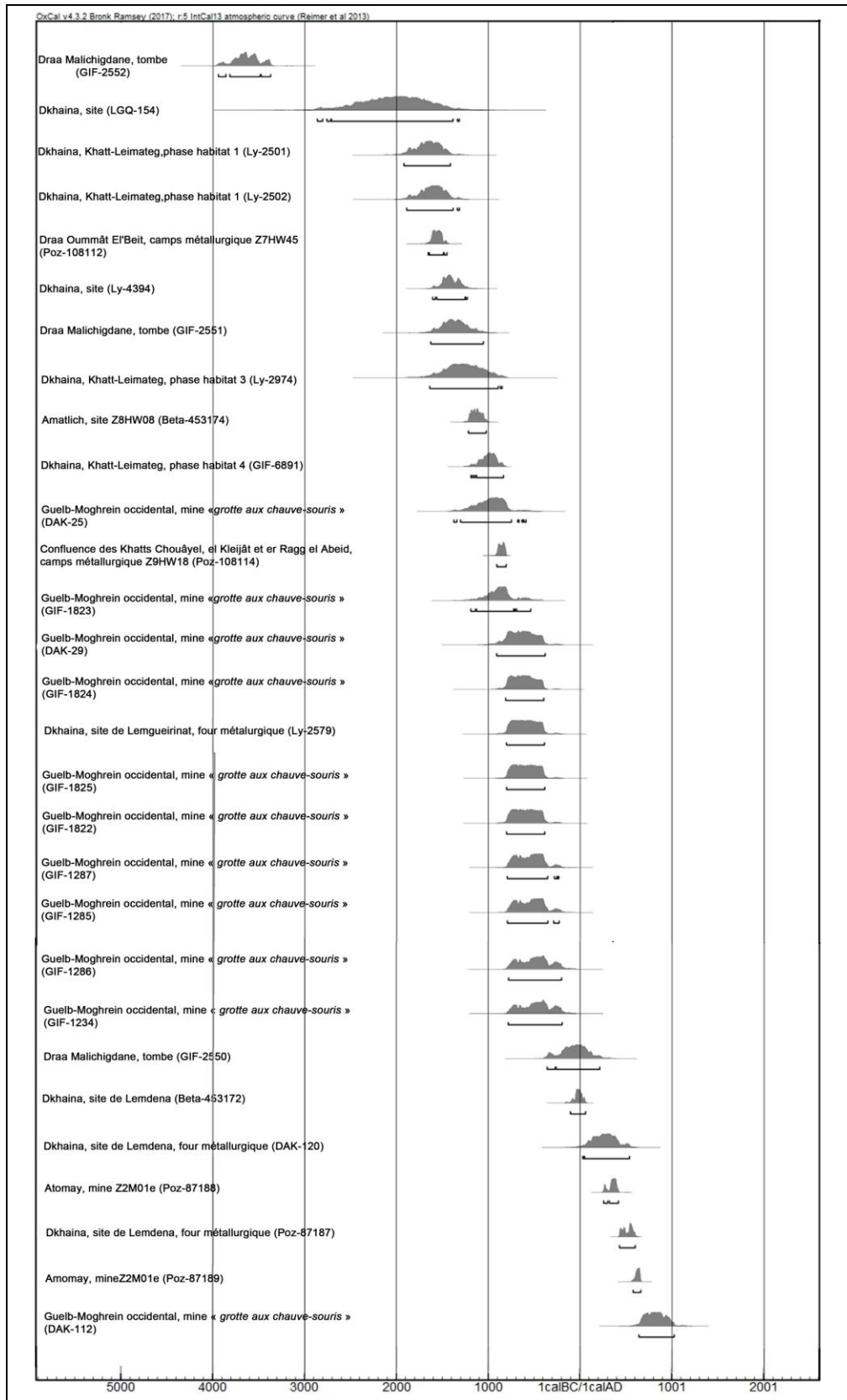


Fig. 40 : analyse bayésienne des dates radiocarbone des sites de la région de l’Inchiri (secteurs d’Akjoujt et Tigit) et du Tiris-Zemmour. synthèse des dates publiées et dates obtenues dans le cadre du programme CUPRUM.

2- Résultats préliminaires

Les travaux précédents et nos recherches de terrain, dans le cadre du projet franco-mauritanien CUPRUM, ont permis de mettre en évidence de nombreux indices témoignant d'activités métallurgiques intenses dans le district métallifère d'Akjoujt, situé dans la région de l'Inchiri en Mauritanie. La répartition de l'ensemble des sites semble suggérer une occupation anthropique fortement liée à la métallurgie du cuivre. Ils semblent se répartir selon les nécessités d'accès aux matières premières et ressources naturelles et selon la chaîne opératoire de la métallurgie du cuivre. La répartition des sites et la topographie de la région semblent avoir déterminé des axes de circulation. Dans l'état actuel des connaissances, la métallurgie du cuivre apparaît au cours de la première moitié du 2^e millénaire avant notre ère et connaît un développement important au cours du millénaire suivant. La région semble connaître un regain de l'activité métallurgique au cours de l'époque médiévale. Nos recherches soulèvent de nombreuses questions comme celle de l'exploitation des placers de cuivre, ou celle des dynamiques d'organisations liées à la métallurgie au cours de l'Holocène récent à l'échelle des sites, de la Mauritanie ou de l'ensemble de l'aire Saharo-Sahélienne. Afin de tenter d'apporter des éléments de réponse, le projet franco-mauritanien CUPRUM se poursuivra dans le cadre d'un renouvellement quadriennal.

Références

- Anciaux de Faveaux F. and de Maret P.
1984, « premières datations pour la fonte du cuivre au Shaba (Zaire) », *Bulletin de la Société Royale Belge d'Anthropologie et de Préhistoire* 95, p. 5-21.
- Alpern S.B.
2005, « Did they or did'nt they invent it? Iron in sub-Saharan Africa », *History in Africa* 32, p. 41-92.
- Amblard S., G. Aumassip, M. Bathily, N. Ferhat, M. Ould Khattar and M. Tauveron
1990 « Préhistoire et formations quaternaires du Tijirit méridional », *Al Wasit* 3, p. 103-121.
- Bathily M.S.
1992, *Néolithique moyen à final, littoral et continental d'un secteur saharien : le Nord-Ouest mauritanien (régions du Tijirit et de l'Agneitir)*, Thèse de doctorat soutenue à Paris 1 sous la direction de José Garanger, Paris.
- Bathily M.S., M. Ould Khattar, R. Vernet, Ch. Cluzel, J.M. Ott, S. Beckouche, R. Caruba, M.F. Delarozière and J. Evin (éds.) 1993, *Les sites Néolithiques de Khatt Lemaiteg (Amallich) en Mauritanie occidentale*, Nouakchott.
- Bessac H.
1958, « Contribution à la Préhistoire et à la Protohistoire des régions d'Akjoujt et d'Atar (Mauritanie) », *Bulletin de l'IFAN*, 20/3-4, p. 316-367
- Bison M.
2000, « Precolonial copper metallurgy: sociopolitical context », in Bisson M., S.T. Childs, P. De Barros and A.F.C. Holl. (eds.), *Ancient African Metallurgy*, Walnut Creek, p. 83-145.
- Bokbot Y.
1991, *Habitats et monuments funéraires du Maroc préhistorique*, Thèse de Doctorat, Université d'Aix en Provence.
- 2001, « Protohistoire du Maroc présaharien : bilan et perspectives », in Actes du colloques international, *premières journées nationales d'archéologie et de patrimoine* (Rabat, 1-4 juillet 1998), Rabat, p. 90-98.
- 2005, « La civilización del Vaso Campaniforme en Marruecos y la cuestión del sustrato calcolítico precampaniforme. El Campaniforme en la Península Ibérica y su contexto europeo », *Universidad de Valladolid, Serie: Arte y Arqueología*, 21, p. 137 -159.
- 2011, « Néolithique et protohistoire dans le bassin de l'Oued Noun (Maroc présaharien). Quelques données préliminaires », in *Actes du 1er colloque de Préhistoire Maghrébine (Tamanrasset, 5-7 novembre 2007)*, Alger, p. 305-322.
- 2012, *Nouvelles recherches en archéologie protohistorique du Maroc*. Rabat.
- Bokbot Y. and J. Onrubia-Pintado
1995, « Substrat autochtone et colonisation phénicienne au Maroc, nouvelles recherches protohistoriques dans la péninsule tingitane », in

2- Résultats préliminaires

Actes du 118 congrès National des Sociétés Historiques et Scientifiques (Pau 1993), Paris, p. 219-231.

Bokbot Y. and A. Ben-Nçer

2008, « Découvertes campaniformes récentes dans les plateaux de Zemmour (Maroc) », in *Actes du Meeting Annuel Archéologie et Goblet, Bell-Beaker in every day life, (Florence 12-15 May 2006)*, Florence, p. 327-330.

Bokbot Y., J. Onrubia-Pintado, A. Rodriguez, C.G. Rodriguez-Santana, J. Velasco-Vasquez and A. Amrir

2008, « Le complexe d'Adrar Zerzem (Anti-Atlas, Maroc) : résultats préliminaires », in *Etudes d'Antiquité Africaines. Lieux de cultes : aires votives, temples, églises, mosquées, Actes du IX^e colloque international sur l'histoire et l'archéologie de l'Afrique du Nord antique et médiévale (Tripoli, 19-25 février 2005)*, Paris, p. 23-33.

Bourgarit D. and Mille B.

2001, « La transformation en métal de minerais de cuivre à base de sulfures : et pourquoi pas dès le Chalcolithique », *Revue d'Archéométrie*, 25 : 145-155.

Bourhis J.-R.

1983, « Résultats des analyses d'objets en cuivre, bronze, laitons et des résidus de métallurgie antique en Afrique », in Echard N. (éd.), *Métallurgies Africaines : Nouvelles contributions présentées aux rencontres annuelles*, Paris, p.127-152.

Bradley D.C., Motts H.A., Horton J.D., Giles S., and Taylor C.D.,

2015, Geologic map of Mauritania, 1 : 1 000 000, in Taylor C.D. (ed.), *Second projet de renforcement institutionnel du secteur minier de la République Islamique de Mauritanie (PRISM-II)*. Denver : U.S. Geological Survey, <https://pubs.er.usgs.gov/publication/ofr20131280>.

Carbonnel J.P. and Barbey Ch.

1972, « découverte de sépultures néolithiques dans le complexe dunaire du Draa Malichigdane », *Notes Africaines*, 136, p. 108-111.

Chenorkian R.

1988 Les armes métalliques dans l'Art protohistorique de l'Occident Méditerranéen, Paris.

Clist B.

2012, « Vers une réduction des préjugés et la fonte des antagonismes : un bilan de l'expansion de la

métallurgie du fer en Afrique sud-saharienne », *Journal of African Archaeology* 10-1, p. 71-84.

Courcier, A., B. Jalilov, I. Aliyev, F. Guliyev, M; Jansen, B. Lyonnet, N. Mukhtarov and N. Museibli 2016, « The ancient metallurgy in Azerbaijan from the end of Neolithic to Early Bronze Age (late 6th/early 5th – 3rd millennia BCE), an overview in the light of new discoveries and recent archaeometallurgical research », in Körlin G., M. Prange, Th. Stöllner, and Ü. Yalçın (eds.), *Studies in honour of Prof. Dr. Andreas Hauptmann on occasion of his 65th birthday*, Bochum, p. 25-36.

Courcier A., E. Dadi Essaid, M. Bechiry, N. Salihi, A. Celauro, Keech McIntosh S., A. Maass, M.A. Ould Bagga, S. Baron, C. Robion-Brunner, M. Abd Dayem, T. Bellah Hamoud, A. Malek and S.-M. Salem

A paraître, « La métallurgie du cuivre dans la région de l'Inchiri (Mauritanie). Les premiers résultats du projet franco-mauritanien CUPRUM »

Crova A.

1912, « Vestiges de l'âge du cuivre en Mauritanie », *Congrès Préhistorique de France* Angoulême, p. 702-704.

Dadi E.

2013 *Etude d'Impact : Archéologie et Patrimoine culturel. Sites des projets Extension Mines MCM*, rapport de l'Institut Mauritanien de Recherches Scientifique, Nouakchott. Non publié.

Daugas J.-P.

2002 « Le Néolithique du Maroc : pour un modèle d'évolution chronologique et culturel », *Bulletin d'Archéologie du Maroc* 19, p. 681-687.

Davey C.J.

1988, « Tell edh-Dhiba'i and the Southern Near Eastern metallworking tradition », In : Maddin R., *The beginning of the Use of Metals and Alloys: Papers from the Second International Conference, Zhengzhou, China*, Cambridge, p. 63-68.

Deme A. and S. K. McIntosh

2006, « Excavations at Walaldé: new light on the settlement of the Middle Senegal valley by iron-using peoples », *Journal of African Archaeology* 4/2, p. 317-347.

Durand A. and F. Paris

1986 « Peuplements et climat holocènes de l'Azawagh (Niger nord-occidental) : premiers résultats. Symposium International Inqua-Asequa », in Faure H., L. Faure and E.S Diop (eds.), *Changements globaux en Afrique durant le Quaternaire*, Paris, p. 127-130.

2- Résultats préliminaires

- El Drissi A.
1992 *Céramique campaniforme et campaniforme au Maroc, étude des sites de Kaf Taht el Ghar, Ghar Kahal, Achakar, Dar es Soltane et Rouazi-Skhirat*. Mémoire de fin d'étude 2e cycle, INSAP, Rabat.
- Fernette G.L.
2012 *Iron Oxyde Copper-Gold Deposits in the Republic of Mauritania*, Second projet de renforcement institutionnel du secteur minier de la République Islamique de Mauritanie (PRISM-II), phase V, livrable 79, USGS. Washington DC.
- Gado B., A. Maga, O.A. Ide
2000, « Archéologie du Niger, la métallurgie », in Vernet R. (ss. dir.), *L'Archéologie en Afrique de l'Ouest Sahara et Sahel*, Paris, p. 222-225
- Grébénart D.
1983, « Les métallurgistes du cuivre et du fer autour d'Agadez (Niger) : des origines au début de la période médiévale », in Echard N. (éd.), *Métallurgies africaines : nouvelles contributions*, Paris, p. 109-126.
- 1985, *La région d'In-Gall-Tegidda-n-Tesemt (Niger) II : Le Néolithique final et les débuts de la métallurgie*, Niamey.
- 1987, « Characteristic of the final Neolithic and Metal Ages in the region of Agadez (Niger) », in Close A. (ed.), *Prehistory of Arid North Africa: Essays in Honor of Fred Wendorf*, Dallas, p. 287-316.
- 1988, *Les premiers métallurgistes en Afrique Occidentale*, Paris.
- 1995 « Relations inter-ethniques saharo-sahéliennes dans l'ouest africain durant la préhistoire finale et la protohistoire », *Préhistoire, Anthropologie méditerranéennes* 4, p. 121-130.
- 1996, « Les premiers métaux en Afrique de l'Ouest », in de la Croix Y., J.-P. Leroy, J. Godfrain and G. Aumassip (eds.), *La Préhistoire de l'Afrique de l'Ouest*, Saint-Maur, p. 75-82.
- Grébénart D., M. Ould-Khattar and M. Tauveron
1994, « L'âge des métaux au Sahara », in Aumassip G., N. Ferhat N. and A. Heddouche (eds.), *Milieus, hommes et techniques du Sahara préhistorique : problèmes actuels*, Paris, p. 69-104.
- Hauptmann A.
2000, « Early Pyrotechnology: The Evolution of the first fire-using industries », *Paléorient* XXVI/2.
- Hebrard L.
1978, *Contribution à l'étude géologique du Quaternaire du littoral Mauritanien entre Nouakchott et Nouadhibou 18°-21° latitude Nord. Participation à l'étude des désertification du Sahara*, Thèse de Doctorat en Science de la Terre, Villeurbanne.
- Hebrard L., H.-J. Hugot and G. Thilmans
1970, « Données sur le Néolithique de Nouafferd (Mauritanie) », *Bulletin de l'IFAN série B* 32/3, p. 653-687
- Holl A.
2000, « Metal and precolonial African society », in Bisson M., S.T. Childs, P. De Barros and A.F.C. Holl (eds.), *Ancient African Metallurgy*, Walnut Creek, p. 1-82.
- Kense F.J.
1983, *Traditional African Iron Working*, Calgary.
- Killick D.
2005, « Sub-Saharan Africa », in Carlson B. (ed.), *Technology in World History* 4, Oxford, p. 18-19.
- 2014, « Cairo to Cape: the spread of metallurgy through eastern and southern Africa », in Roberts B.W. and C.P. Thornton (eds.) *A Global Perspective in Early Metallurgy*, New York, p. 507-527.
- 2015, « Invention and Innovation in African Iron-smelting Technologies », *Cambridge Archaeological Journal* 25, p. 307-319.
- 2016, « A global perspective on the pyrotechnologies of Sub-Saharan Africa », *Azania Archaeological Research in Africa*, 51, p. 62-87.
- Killick D., N.J. van der Merwe, R.B. Gordon and D. Grebenart
1988, « Reassessment of the evidence for early metallurgy in Niger, West Africa », *Journal of Archaeological Science*, 15, p. 367-394
- Lahondère D., D. Thieblemont, J.-C. Goujou, J. Roger, A. Moussine-Pouchkine, J. LeMetour, A. Cocherie and C. Guerrot
2003 *Notice explicative des cartes géologiques et géologiques à 1/200 000 et 1/500 000 du Nord de la Mauritanie*, volume , Ministère des Mines et de l'Industrie, Nouakchott.
- Lambert N.
1965, « Nomenclature et première étude de quelques sites préhistoriques de la région

2- Résultats préliminaires

d'Akjoujt », *Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire* 27/3-4, p. 410-444.

1969a, « Recherches archéologique à Akjoujt (Mauritanie) », *Bulletin de la Société préhistorique française, Comptes rendus des séances mensuelles* 66/5, p.155-156.

1969b, « Hache polie de Tiberquint (Mauritanie) », *Notes africaines* 121, p.18-20.

1970, « Medenit Sbat et la protohistoire de Mauritanie occidentale », *Antiquités Africaines* 4, p. 15-62.

1971, « Les industries sur le cuivre dans l'Ouest Saharien », *West African Journal of Archaeology* 1, p. 9-21.

1972, « Objets en cuivre et Néolithique de Mauritanie occidentale », in Hugot H. (éd.), *Congrès Panafricain de Préhistoire, Dakar, 1967*, Chambéry, p. 159-174.

1974, « Mines et métallurgie antiques dans la région d'Akjoujt », *Annales de l'Institut mauritanien de recherches scientifique* 1, p. 2-65.

1981, « L'apparition du cuivre. Les civilisations préhistoriques », in Hugot H., C. Descamps, P. Huard and M. Milburn (éds.), *Le sol, la parole et l'écrit, mélanges en hommage à Raymond Mauny. Tome I*, Paris, p. 213-226.

1983, « Nouvelle contribution à l'étude du chalcolithique mauritanien », in Echard N. (éd.), *Métallurgie Africaines : Nouvelles Contributions*, Paris, p. 63-87.

1989, « Assabet El Meddahia », in G. Camps (dir.), *Asaraka- Aurès*, Encyclopédie Berbère, 7, Louvain, p. 983-986.

MacDonald K.C.

2011, « A view from the South: Sub-Saharan evidence for contacts between North Africa, Mauritania and the Niger, 1000 BC-AD 700 », in Dowler A. (ed.), *Money, Trade and Trade routes in Pre-islamic North Africa*, London, p. 71-81.

Marcelin J.

1968, *Carte géologique de la région d'Akjoujt*, 1/200.000, BRGM. Orléans.

Martinon-Torres M.

2014, *the Crucible*, Historical Metallurgical Society News, 85.

Martyn J. and Strickland C.

2004, « Stratigraphy, structure and mineralisation of the Akjoujt area, Mauritania », *Journal of African Earth Sciences* 38, p. 489-503.

Mauny R.

1951a, « Enquête sur les nom des métaux dans les langues africaines », *Notes Africaines* 50, p. 57-58.

1951b, « Un âge du cuivre au Sahara occidental? », *Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire* 13, p. 168-180.

1952, « Essai sur l'histoire des métaux en Afrique Occidentale », *Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire* 15, p. 545-595.

1953, « Découverte d'un atelier de fonte du cuivre à Marandet (Niger) », *Notes africaines* 58, p. 52-57

1955, « Pointes de flèche et armes en cuivre mauritaniennes », *Bulletin de Liaison Saharienne* 21, p. 113-116.

1961, « Tableau géographique de l'Ouest africain au Moyen Age, d'après les sources écrites », la tradition et l'archéologie, *Annales, Economies, Sociétés, Civilisation*, 17-6, p. 1231-1235.

1971 *Les siècles obscurs de l'Afrique Noire*, Paris.

1974-75, « Contribution à la protohistoire du Sahara occidental : tombes à monolithes, chars rupestres, mines et matériel de cuivre », *Almogaren* 5-6, p. 165-176.

Mauny R. and J. Hallemans

1957, « Préhistoire et protohistoire de la région d'Akjoujt (Mauritanie) », in *comptes-rendus du III^e congrès panafricain de Préhistoire*, Levingston, p. 122-146.

Maurin G. and I. Salpêtre

1994, *Prospection aurifère dans le Tasiast et les Sud Mauritanides, compte rendu de la campagne 1993-1994*, Projet FED N° 7 ACP MAU 009 (MAU 7002), rapport BRGM N1708, Orléans.

Meyer F.M., Kolb J., Sakellaris G.A. and Gerdes A. 2006, « New ages from the Mauritanian Belt: a recognition of Archean IOCG mineralization at Guelb Moghrein, Mauritania », *Terra Nova*, 18 : 345-352.

Monod Th and Blanchot B.,

1953 *Carte géologique de reconnaissance de l'A.O.F., feuille NE. 28 N.E.-O 101, Akjoujt-O*, 1 : 500 000, Dakar : direction des mines de l'A.O.F.

Moorey P.R.S.

2- Résultats préliminaires

1994, *Ancient Mesopotamian Materials and Industry: the Archaeological Evidence*, Oxford: Clarenton Press.

Moreau R.

1970, « Le site de Lemdena au Quaternaire récent », *Bulletin ASEQUA*, 27-28 : 29-38.

Ould Khattar M.

2001 « La métallurgie ancienne en Mauritanie », in Saoudi N.E.(éd.), *L'homme maghrébin et son environnement depuis 100 000 ans : actes Colloque international de Maghnia*, Alger, p. 325-333.

Paris F., A. Person, G. Quéchon and J.-F. Saliège
1992, « Les débuts de la métallurgie au Niger septentrional », *Journal des Africanistes* 62/2, p. 55-68.

Person A. and G. Quechon

2002, « Données chronométriques et chronologiques de la métallurgie à Termit (Niger) - matériaux graphiques pour l'étude des âges anciens du fer », in Bocoum H., *Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique. Une ancienneté méconnue, Afrique de l'Ouest et Afrique Centrale*, Paris, p. 115-123.

Pigott V.C.

1999, « A Heartland of metallurgy Neolithic/Chalcolithic Metallurgical Origins on the Iranian Plateau », in Hauptmann A., E. Pernicka, T. Rehem and Ü. Yalçin (eds.), *The beginnings of Metallurgy*, Bochum, p. 107-120.

Quéchon G.

2002, « Les datations de la métallurgie du fer à Termit (Niger) : leur fiabilité, leur signification », in Bocoum H., *Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique. Une ancienneté méconnue, Afrique de l'Ouest et Afrique Centrale*, Paris, p.105-114.

Radivojevic M., Rehren T., Pernicka E., Šiljivar D. & Brauns M.

2010, « On the origins of extractive metallurgy: new evidence from Europe », *Journal of Archaeological Studies*, 37 : 2775-2787.

Rehder J.E.

1994, « Blowpipe versus Bellows in ancient metallurgy », *Journal of Field Archaeology*, 21/3 : 345-350

Robert-Chalaix D. and M. Sognane

1983 « Une industrie métallurgique ancienne sur la rive mauritanienne du fleuve Sénégal », in Echard N. (éd.), *Métallurgie Africaines : Nouvelles Contributions*, Paris, p. 45-62.

Roberts B.W., Thornton C.P., & Pigott V.C.

2000 « The development of metallurgy in Eurasia », *Antiquity* 83/322, p. 1012-1022.

Robion-Brunner C.

2018, « L'Afrique des métaux », in F.-X. Fauvelle (dir.), *De l'Acacus au Zimbabwe 20 000 avant notre ère - XVIIe siècle, l'Afrique ancienne* : Belin, Paris, p. 519-544.

Roset J.-P.

2007, « La culture d'Iwelen et les débuts de la métallurgie du cuivre dans l'Aïr, au Niger », in Guilaine J. (sous dir.), *Le Chalcolithique et la construction des inégalités, Proche et Moyen Orient, Amérique, Afrique*, Paris, p. 105-136

Sáenz de Buruaga A.

2014, « Grabados rupestres de hachas de "tipo Metgourine" en el enterno artístico de Lejuad (Titris, Sahara Occidental) », *Almogaren* 44-45, p. 173-201.

Salihy N.

2008 *Le patrimoine culturel de la région d'Akjoujt et les perspectives de valorisation*, rapport commandité par la MCM auprès du Ministère mauritanien de la culture et de l'artisanat, Nouakchott. Non publié.

Salpeteur I.

1995a, *Prospection aurifère dans les Sud Mauritanides, Rapport Fin de campagne 1994-1995*, Projet FEDN°7 ACP MAU 009(MAU 7002), rapport BRGM N2114, Orléans.

1995b. *Prospection aurifère dans les Sud Mauritanides. Synthèse des campagnes 1993-1995*, Projet FEDN°7 ACP MAU 009(MAU 7002), . rapport BRGM N2126, Orléans.

Schoop U.D.

1999, « Aspects of early metal use in Neolithic Mesopotamia », in Hauptmann A., E. Pernicka, T. Rehem and Ü. Yalçin (eds.), *The beginnings of Metallurgy*, Bochum, p. 31-39.

Schwartz O.

2008 *Base-Metal Sulfide Ore in the Man Schield (Archean and Paleoproterozoic in West Africa)*, Geologisches Jahrbuch, Reihe B Heft 99, Hannover.

Souville G.

1986, « Témoignage sur l'âge du bronze au Maghreb occidental », *Comptes rendus des séances de l'Académie des inscriptions et Belles-Lettres*, 130/1, p. 97-114.

2- Résultats préliminaires

Stöllner Th.

2005, « Early Mining and metallurgy on the Iranian Plateau », in Yalçin Ü. (ed.), *Anatolian Metal II*, Bochum, p. 191-207.

Stickland C. and Martyn J.E.

2001, « *The guelb Moghrein Fe-oxyde copper-gold-cobalt deposit and associated mineral occurrences, Mauritania: a geological introduction* », in Porter T. M. (ed.), *Hydrothermal Iron Oxide Copper–Gold and Related Deposits: a Global Perspective*, Adelaide, p. 275–291.

Tauveron M.

1992 *Chalcolithique et âge du bronze au Maghreb : corpus du mobilier métallique*, Paris.

Taylor C.D. and S.A. Giles

2012a, *Potentiel en minerais des dépôts de cuivre au sein de sédiments en république Islamique de Mauritanie*, Second projet de renforcement institutionnel du secteur minier de la République Islamique de Mauritanie (PRISM-II), phase V, livrable 75, USGS. Washington DC.

2012b, *Potentiel minéral de dépôts de sulfures massifs volcagéniques sur le territoire de la République islamique de Mauritanie*, Second projet de renforcement institutionnel du secteur minier de la République Islamique de Mauritanie (PRISM-II), phase V, livrable 77, USGS. Washington DC.

Thiéblemont D., J.P. Milesi, C. Castaing, M. Billa, E. Kaboré, J.-L. Feybesse, P. Pinna, P. Deschamps, H.A.B. Kanpunzu, S. Muhongo, J.-L. Lescuyer and S.F. Toteu

2004, *Géologie et principaux gisements de l'Afrique*, carte 1 : 10 000 000e. Orléans

Van der Merwe D.

1980, « The advent of iron age in Africa », in Wertime T.A. and J.D. Muhly (eds.), *The coming of the iron age*, New Haven, p. 463-506.

Vernet R.

1993, *La Mauritanie des origines au début de l'histoire*. Nouakchott.

1996, « Un exemple de corrélation entre char et métal dans l'art rupestre mauritanien », in de la Croix Y., J.-P. Leroy, J. Godfrain and G. Aumassip (eds.), *La Préhistoire de l'Afrique de l'Ouest*, Saint-Maur, p. 69-73.

2010, « Un siècle de préhistoire en Mauritanie occidentale », *Les nouvelles de l'archéologie* 120-121, p. 122-128.

2012, « Le Chalcolithique de Mauritanie (3000-2500 cal. B.P.). Etat de la question », *Sahara* 23, p.7-28.

2014, « Les marges préhistoriques du nord-est de la Mauritanie: le Tiris et le Zemmour », *Cahiers de l'AARS* 17, p.185-223.

Vernet R., R. Le Floch, J.-F. Pasty and Y. Gauthier
2016, « Une région archéologique sinistrée : préhistoire de la région de Zouérate (Mauritanie) » *Ikosim* 5, p. 21-56.

Vernet R., B.ould El Arby, W. Van Neer, V. Linseele, J.-F. Saliège and A. Gallin

2017, « Economie et milieu dans les plaines intérieures de Mauritanie occidentale à l'Holocène moyen (Nouadhfat, Aouker occidental) », *Cahiers de l'AARS* 19, p. 253-274.

Wailly A.

1975, « Le site de Kef-el-Baroud (région de Ben Slimane) », *Bulletin d'Archéologie Marocaine* 9, p. 39-101.

Yalçin Ü.

2008, « Ancient metallurgy in Anatolia », in Yalçin Ü., H. Özbal and A.G. Pasamehmetoglu (eds.), *Ancient Mining in Turkey and the Eastern Mediterranean*, Ankara, p. 14-42.

Yener K.A.

2000, *The Domestication of Metals : the Rise of Complex Metal Industries in Anatolia*. Leyde : Brill.

ⁱ La datation des sites est en cours. Une étude des céramiques est amorcée par Susan McIntosh Keech (Université de Rice, USA). Plusieurs charbons collectés dans ces sites sont en cours de datation radiocarbone dans les laboratoires de Poznan (Pologne) et du département d'anthropologie de Université de Rice.

ⁱⁱ Selon les dates 14C de la mine « grotte aux chauve-souris » (Lambert 1971, 1975)

ⁱⁱⁱ D'un point de vue métallurgique, la présence d'aire de grillage paraît étonnante car la malachite, qui est un minerai de cuivre carbonaté, ne nécessite pas, théoriquement, un tel traitement thermique. En effet, ce traitement

2- Résultats préliminaires

de grillage est réservé à des minerais de type sulfures, afin de favoriser la phase de réduction (Bourgarit *et al.*, 2001). Soit ces deux types de minerais étaient utilisés à la même période au Guelb Moghreïn, soit ils traduisent deux phases d'exploitation du reg ou encore, le minerai réellement exploité par les anciens n'a finalement pas été identifié

- ^{iv} datation sur charbon, sondage 1 AI 4, DAK-25 : 2776 ± 126 BP soit 1305 à 751 avant notre ère, Lambert 1971.
- ^v datation sur charbon, sondage 1 AI 4, GIF-1284 : 2350 ± 110 BP soit 783 à 197 avant notre ère, ibidem.
- ^{vi} Daté de 2550 ± 100 BP, Vernet 2012 : 11.
- ^{vii} DAK-120, datation sur charbon, Lambert 1981.
- ^{viii} Datation du site 15, sur œuf d'autruche, GIF-8121, 3520 ± 60 et (lab. d'Alger, pas de num.) 3070 ± 110 BP, Bathily, 1992 : 545-546.
- ^{ix} GIF-5322 et GIF-5323, analyse sur os calciné, Lambert 1983 : 70.
- ^x Bornite, digénite, chalcocite, covellite, malachite dans un encaissant de grès dolomitique, Taylor et al. 2012a : 16.
- ^{xi} Azrag, Gleibat El Ga, Oued el Gaa, Sidi Bara, idem : 14, fig. 4.
- ^{xii} Iron Oxyde Copper Gold : minerais riches en cuivre et or portés par des oxydes de fer
- ^{xiii} Tombe datée selon le matériel associés découvert lors de la fouille, Amblard et al., 1990.
- ^{xiv} voir note n°11.
- ^{xv} Volcanogenic Massive Sulfide : minéralisations syngénétiques d'origine hydrothermale et caractérisées par des métaux de type Fe et Mn, Cu, Zn, Pb, voire Au et Ag, sous la forme de sulfures (pyrrhotite et pyrite, chalcopyrite, galène, sphalérite)
- ^{xvi} Charbon en cours d'analyse au laboratoire du département d'anthropologie de l'Université de Rice.
- ^{xvii} Analyses réalisées sur des agglomérats carbonatés au laboratoire [Poznan Radiocarbon Laboratory](#) (Poz-87188, Poz-87189)
- ^{xviii} Pot à soufflet, traduction de « *pot-bellows* », correspond à un système de ventilation forcée pour les foyers métallurgiques.
- ^{xix} Chalumeau, traduction de « *blow-pipe* », correspond également à un système de ventilation forcée pour les foyers métallurgiques.
- ^{xx} analyses au laboratoire [Poznan Radiocarbon Laboratory](#) (Poz-108112)
- ^{xxi} Site non déterminé, non localisé avec précision, l'auteur mentionne « *Dkhaina Nord* » et fournit les coordonnées suivantes lat. 19,08, long. -14,58 (Vernet, 1983, 397)
- ^{xxii} « *Moukhayam El Bouhayra* », littéralement « le camps de lac ». Il désigne une occupation de courte durée découverte en 2017 à proximité immédiate d'un affleurement lacustre.
- ^{xxiii} Datations « grotte aux chauve souris » (Lambert, 1975) : 2776 ± 126 BP et 2360 ± 110 BP, 1378 - 203 cal. BC. Datation Lemdena (Lambert, 1969a, 1975, 1983) : 1760 ± 110 BP, 28 - 537 cal. BP.
- ^{xxiv} Datation Lemdena (CUPRUM 2016), analyse sur dent (Beta-453172), 2020 ± 30 BP, 107 cal. BC - 59 cal. AD ; analyse sur charbon (Poz-87187), 1530 ± 30 BP, 428 - 599 cal. AD.
- ^{xxv} Ø : $0,27 \times 0,21$ m.
- ^{xxvi} Analyse XRF avec Olympus Delta, 120secondes : 3764 ppm P, 4673 ppm Cl, 4497 ppm Ni, 4673 ppm Cl, 5278 ppm S, 2,71% Fe, 2,83% Mn, 93,3% Cu.
- ^{xxvii} 4 à Akjoujt, 2 entre Damane et Lemdena, 3 à Greiret Haguet et 2 à Grara Maloueva, Lambert, 1970, 1971, 1972.
- ^{xxviii} Analyses réalisées sur des charbons au laboratoire [Poznan Radiocarbon Laboratory](#) (Poz-108114).
- ^{xxix} réduction minerais, concassage/broyage scories, fonte, mise en forme.