



HAL
open science

Programme CUPRUM Mauritanie Bilan Quadriennal

Antoine Courcier

► **To cite this version:**

Antoine Courcier. Programme CUPRUM Mauritanie Bilan Quadriennal. [Rapport de recherche] UMR 5608 TRACES, SRA, Région Occitane. 2019. halshs-03774624

HAL Id: halshs-03774624

<https://shs.hal.science/halshs-03774624>

Submitted on 11 Sep 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Projet Franco-Mauritanien
« *CUivre : PRoduction et Usages à l'Holocène en Mauritanie* »
CUPRUM

Bilan du programme
du premier quadriennal (2016-2019)
&
synthèse de la demande de
renouvellement quadriennal (2020-2023)

Antoine Courcier

membre associé laboratoire ASM CNRS-
UMR-5140, Université Montpellier 3

chercheur associé au Centre Jacques Berque,
Rabat



Sommaire

Bilan du programme quadriennal 2016-2019	4
Remerciements	6
Introduction	7
1. La métallurgie à l'Holocène dans la région de l'Inchiri : état de l'art	10
1.1) Les quelques mines anciennes connues	10
1.2) Les quelques sites métallurgiques découverts	10
1.3) La région d'Akjoujt au cœur d'un réseau d'échanges liés au métal	11
1.4) La question de la métallurgie du fer	11
2. Le programme CUPRUM : résultats préliminaires	12
2.1) Le cadre géographique et géologique	12
2.1.a) Le cadre géographique : un paysage en iselberg	12
2.1.b) Le cadre géologique : un potentiel métallifère important	12
2.2) Notre démarche de recherche	13
2.3) Partenariat public/privé : un dispositif gagnant/gagnant	14
2.4) La formation des étudiants mauritaniens	15
2.5) La métallurgie du cuivre dans la région d'Akjoujt : les résultats du programme CUPRUM	16
2.5.a) L'exploitation du potentiel métallifère : les mines anciennes découvertes	16
2.5.b) Une autre source d'approvisionnement en minerais : la question des gisements alluviaux	23
2.5.c) Une organisation complexe : les activités connexes à l'exploitation minière	24
2.5.d) Les sites et les activités métallurgiques dans la région d'Akjoujt	25
3. Eléments de synthèse	37
3.1) Une chaîne opératoire de la métallurgie du cuivre ?	37
3.2) Une organisation autour de la métallurgie du cuivre ?	38
3.3) occupation anthropique et développement de la métallurgie dans la région d'Akjoujt au cours de l'Holocène récent : un essai de chronologie	39
Conclusion et perspectives	42
Liste des publications programmées	42
Synthèse de la demande de renouvellement du programme quadriennal 2020-2023 : CUPRUM - dynamiques -	44
1.) Problématique	45
2.) les zones de recherche	45
2.1) L'aire et les zones de recherche en Mauritanie	46
2.2) L'aire de recherche au Maroc	53
2.3) L'aire de recherche au Sénégal	53
3.) Les objectifs visés	54
4.) Démarche de recherche	56
5) Organisation annuelle des opérations projetées	59
5.1) année 1 : 2020	60
5.2) année 2 : 2021	63
5.3) année 3 : 2022	65
5.4) année 4 : 2023	67
Références	69

Liste des figures

- Fig. 1 :** Carte de localisation de la Mauritanie au niveau du continent africain.
- Fig. 2 :** Carte de diffusion du principe technologique de réduction des minerais de cuivre.
- Fig. 3 :** carte de géologie de la région d'Akjoujt précisant la distribution des unités stratigraphiques, les principaux chevauchement, et discordances, ainsi que les zones de minéralisation cuprifères.
- Fig. 4 :** Aire de recherche du projet CUPRUM (80 km autour d'Akjoujt) subdivisée en 9 zones.
- Fig. 5 :** localisation de l'ensemble des 55 mines anciennes découvertes lors des 3 missions du programme franco-mauritanien CUPRUM.
- Fig. 6 :** Front de taille d'extraction minière en gradins (Z1M1).
- Fig. 7 :** Vue depuis l'Est du versant nord-est et des nombreuses structures d'extraction minières (Z1M12).
- Fig. 8 :** Plans de la mine Z1M12A, « *El Bawma* », dressés lors des deux dernières campagnes de fouilles en 2017 et 2018.
- Fig. 9 :** Structure d'extraction Z2M1E.
- Fig. 10 :** Affleurement et structures d'extraction minières de Gleibat Oulet Akchâr.
- Fig. 11 :** Massif de Leigletat El Khader, structures d'extraction minières anciennes.
- Fig. 12 :** localisation des 108 sites préhistoriques découverts lors des trois missions de terrain du programme franco-mauritanien CUPRUM.
- Fig. 13 :** localisation des 92 sites métallurgiques préhistoriques découverts lors des trois missions de terrain du programme franco-mauritanien CUPRUM.
- Fig. 14 :** 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.
- Fig. 15 :** analyse bayésienne des dates radiocarbone des sites de la région de l'Inchiri (secteurs d'Akjoujt et Tigirit) et du Tiris-Zemmour. synthèse des dates publiées et dates obtenues dans le cadre du programme CUPRUM.
- Fig. 16 :** Carte de l'Afrique précisant les pays visés et les aires de recherches par les phases 1 (2016-2019) et 2 (2020-2023) du programme CUPRUM.
- Fig. 17 :** Cartes localisant la Mauritanie en Afrique et la région de l'Inchiri en Mauritanie.
- Fig. 18 :** cartes précisant la localisation des concessions minières exploitées par les compagnies MCM, Algold et Kinross-Tasiast en Mauritanie.
- Fig. 19 :** Carte du nord-ouest de la région de l'Inchiri précisant la localisation des trois compagnies minières et des grands ensembles topographiques.
- Fig. 20 :** carte de détail de la zone d'Akjoujt.
- Fig. 21 :** Carte précisant les limites de la concession minière d'Algold et la localisation des zones présentant un potentiel archéologique important au regard des travaux archéologiques menés il y a 40 ans.
- Fig. 22 :** carte précisant les limites de la concession minière de Kinross-Tasiast et les zones où furent retrouvés des indices de métallurgie préhistoriques.
- Fig. 23 :** sites métallurgiques dans la région de Tasiast.
- Fig. 24 :** Cartes de localisation des secteurs de recherches chaîne de l'Anti-Atlas, au Maroc.
- Fig. 25 :** Cartes du Sénégal précisant la localisation de la zone de recherche près du village d'Hombo (Ombo).
- Fig. 26 :** carte mentale représentant les objectifs et sous objectifs visés par le projet *CUPRUM - dynamiques* (2020-2023).
- Fig. 27 :** carte mentale représentant la démarches et moyens mis en œuvre pour atteindre l'objectif « formation » et ses sous-objectifs.
- Fig. 28 :** carte mentale représentant la démarches et moyens mis en œuvre pour atteindre l'objectif « valorisation et diffusion des résultats » et ses sous-objectifs.
- Fig. 29 :** carte mentale représentant la démarches et moyens mis en œuvre pour atteindre l'objectif « caractéristiques de la métallurgie du cuivre » et ses sous-objectifs.
- Fig. 30 :** rétroplanning par diagramme de Gant de l'organisation des tâches prévues en 2020.
- Fig. 31 :** rétroplanning par diagramme de Gant de l'organisation des tâches prévues en 2021.
- Fig. 32 :** rétroplanning par diagramme de Gant de l'organisation des tâches prévues en 2022.
- Fig. 33 :** rétroplanning par diagramme de Gant de l'organisation des tâches prévues en 2023.

Projet Franco-Mauritanien
« *CUivre : PRoduction et Usages à l'Holocène en Mauritanie* »
CUPRUM

Bilan du programme quadriennal
2016-2019

Antoine **Courcier**, avec
l'ensemble des membres de l'équipe.

Avant-propos

Ce bilan s'appuie en très grande partie sur l'article qui sera soumis à une revue en ligne qui n'a pas encore été ciblée par les auteurs. Cette publication sera soumise avant la fin d'année 2019 et publiée dans le premier trimestre 2020.

Courcier A., E. Dadi Essaid, M. Bechiry, N. Salihy, 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, « La métallurgie du cuivre dans la région de l'Inchiri (Mauritanie). Les premiers résultats du projet franco-mauritanien CUPRUM ».

Il s'agit d'un article de fond qui servira de base à plusieurs articles ciblés sur des points précis soulevés par le programme.

Remerciements

Au nom de l'équipe du projet, je tiens à présenter mes plus vifs remerciements à la commission des fouilles du Ministère de l'Europe et des Affaires Etrangères pour son soutien scientifique et financier au projet franco-mauritanien CUPRUM.

Je présente mes plus chaleureux remerciements à monsieur l'Ambassadeur de France, Joël Meyer et monsieur le Conseiller de Coopération et d'Action Culturelle, Raphaël Malara puis Pierre-Yves Bertrand, à monsieur l'attaché de coopération, Yves Mercier, à monsieur le chef du service économique, Valéry Alves, et à l'ensemble de l'Ambassade de France pour leur aide dans la constitution du projet et leur appui diplomatique pour les prises de contacts.

Je remercie le Ministère de la Culture et de l'Artisanat de la République Islamique de Mauritanie pour son soutien scientifique au projet franco-mauritanien CUPRUM et l'octroi des autorisations de recherche. Je remercie plus particulièrement monsieur Nami Mohamed Kaber Salihy pour ses précieux conseils et son aide pour le projet.

Les missions du projet CUPRUM n'auraient pas vu le jour sans l'aide de monsieur Youba Ould Cheikna, directeur de l'Institut Mauritanien de Recherche et de Formation en matière de Patrimoine (IMRFP), de monsieur Bechiry Mohamed, directeur adjoint de l'IMRFP et d'Ethmane Dadi Essaid, co-directeur du projet et archéologue à l'IMRFP. Je les remercie tous fortement pour leur soutien précieux et leur contribution dans ce projet.

Tous mes remerciements s'adressent également à monsieur Sidi Mohamed Abdellahi, président de l'Université de Nouakchott qui a soutenu et défendu l'idée de coopération entre l'Université de Nouakchott et celle de Toulouse Jean Jaurès. Je présente également tous mes remerciements à monsieur Cheikh Saad Bouh Camara, doyen de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines, et monsieur Mohamed Radhi Sadvena, vice doyen, pour leur aide dans la constitution des perspectives du projet.

Je souhaite exprimer ma sincère gratitude envers Clive Newall, président et directeur de la compagnie First Quantum Mineral, et Antony Mukutuma, directeur général de la Mauritanian Copper Mine (MCM) qui ont été convaincus par le projet, l'ont défendu et soutenu. Mes remerciements s'adressent également tout particulièrement à Robert Longley, Mohamed Abdoullah Ould Bagga, Sidi Mohamed Malik, Mohamed Nour Mohamed Abdallahi, Ahmed Salem Mantallah, Thomas Branch, Kenin Chikwata, Craig Landman et Eric Girard et à l'ensemble des employés de la MCM qui, par leur passion et leur conviction envers ce projet, ont permis le succès de cette première campagne.

Je tiens aussi à témoigner toute ma gratitude et mes remerciements à mes collègues du laboratoire CNRS-UMR 5608 TRACES de l'Université Jean-Jaurès de Toulouse. Je remercie toute l'équipe du laboratoire et plus particulièrement Nicolas Valdeyron, directeur du laboratoire, Philippe Miroux, Sandrine Baron, Caroline Robion-Brunner, François-Xavier Fauvelle, pour leur aide, leurs très précieux conseils et leur soutien pour ce projet et cette troisième campagne de recherche.

Je remercie chaleureusement le BRGM pour son appui scientifique dans la recherche initiale au niveau de la documentation scientifique, cartographique ainsi que pour la base de données métallogénique relative aux gisements de l'Afrique. Mes remerciements s'adressent plus particulièrement à mes collègues et amis Daniel Cassard, Mario Billa et Jean-Michel Angel pour leur aide et leur soutien lors de cette recherche et préparation de la mission en Mauritanie.

Mes remerciements s'adressent également à Mohamed Ould Saleck, wali de la région de l'Inchiri pour son soutien au projet et son aide pour la sécurisation de l'équipe dans cette troisième campagne.

Je remercie monsieur le maire de la commune d'Akjoujt, Ahmed Yakoub et le maire adjoint, M'Hamed Ould Kerkoub, pour leur accueil dans leur commune et leur appui au bon déroulement du projet.

Notre équipe fut sécurisée par les gendarmes, Checkna Mohamed, Mohamed Veti, Mohamed Abdelabi Mohamed Lemine et Taher Babe, sous la direction du commandant Sidi Mohamed Ould El Mokhtar et de l'adjudant Mohamed Mochtar Simbabe. Je leur présente mes plus vifs remerciements pour leur aide.

Je tiens également à remercier tout particulièrement Mohamed El Moctar Sidi Mohamed, directeur de l'Ecole Nationale des Mines de Mauritanie, pour son soutien au projet et son aide pour les prises contacts avec les partenaires.

Enfin, je présente mes plus chaleureux remerciements à l'ensemble de cette équipe qui a fait preuve de professionnalisme dans des conditions climatiques difficiles et d'accès au terrain. Je remercie Angela Celauro, Aziz Ballouche, Alexander Maass et Youssouf Dedi.

Les six étudiants, Teyeb Bellah Hamoud, Sidi-Mohamed Salem, Mohamed ould Abd Dayem, Abdellahi Malek, Ibrahim Check et Moulay Mohamed Salem Moulay ont fait preuve d'un professionnalisme, d'un sérieux et d'une efficacité rares au cours de cette mission de recherche, en dépit de conditions climatiques difficiles et d'un programme ambitieux. Je tiens à les féliciter chaleureusement pour leur impressionnant travail qui est une réelle plus-value pour la mission.

Introduction

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, Yalçın 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.

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).

Le programme CUPRUM – *CUivre : PRoduction et Usages en MAuritanie à l'Holocène* – est un projet quadriennal de recherche archéologique franco-mauritanien financé par le Ministère de l'Europe et des Affaires Etrangères français. Il bénéficie également du soutien en moyens humains et logistiques de la compagnie minière Mauritanian Copper Mine (MCM)ⁱ.

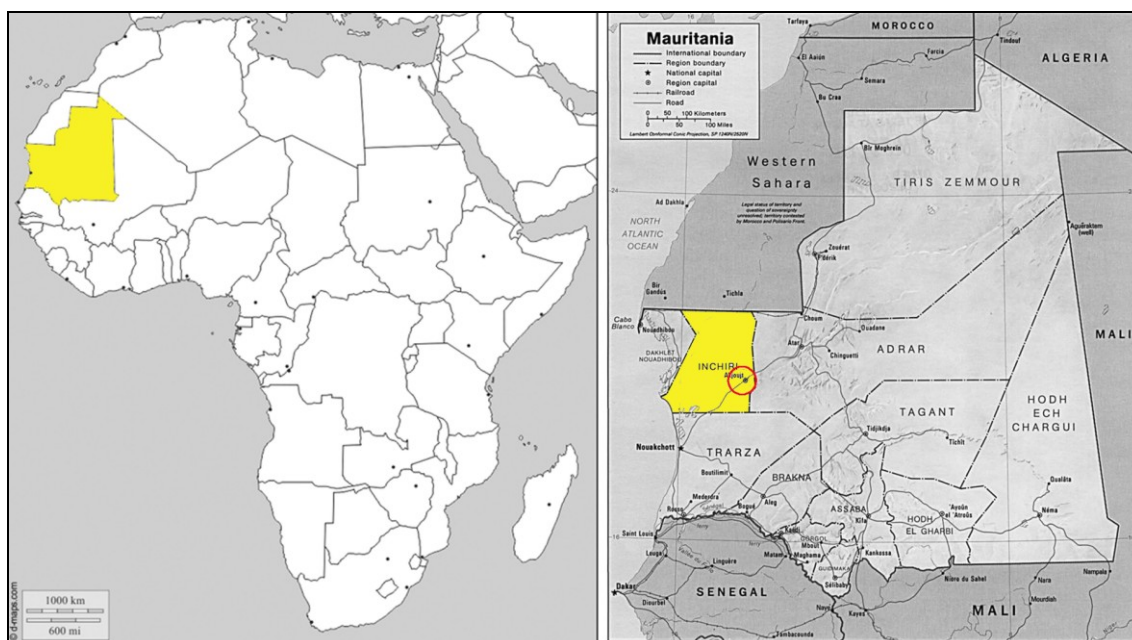


Fig. 1 : Carte de localisation de la Mauritanie au niveau du continent africain ; carte des divisions administratives de la Mauritanie. La région d'étude est l'Inchiri (en jaune) et plus particulièrement une zone de 80 km autour de la ville d'Akjoujt (cercle rouge).

La force et le dynamisme du projet s'appuient sur un réseau de partenaires français : CNRS, laboratoire TRACES et Université de Toulouse Jean-Jaurès, et mauritaniens : 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 (ONMM) et la compagnie minière privée MCM.

Le caractère novateur du projet CUPRUM est d'appliquer une démarche interdisciplinaire, alliant l'archéologie, la géologie, la métallogénie, l'industrie minière et les sciences du laboratoire, pour répondre à la question de l'origine, du développement de la métallurgie et des dynamiques induites par les métaux en Mauritanie et plus généralement dans la région saharo-sahélienne.

Pour cela, deux axes principaux de recherche sont suivis : la caractérisation de la métallurgie du cuivre (chronologie, technologie, culture) et la détermination des dynamiques induites par les

métaux.

Pour le premier axe, il s'agit de clarifier la chronologie liée à l'apparition des métaux en Mauritanie et de situer celle-ci dans l'évolution diachronique de la métallurgie dans la zone saharo-sahélienne. Le projet vise également à renseigner les processus technologiques de la chaîne opératoire, de l'extraction minière jusqu'à la production d'objet, en passant par les démarches de réduction et de transformation des minerais en métal.

Le second axe, l'étude des dynamiques, s'intéresse à la question des provenances et de la circulation des matières premières destinées à la métallurgie. Il s'agit aussi de définir les interactions et les échanges liés au métal dans les cultures de la zone saharo-sahélienne. L'étude porte également sur l'évolution et la transmission des procédés métallurgiques du cuivre et du fer en Mauritanie.

Ce projet reprend donc, avec une démarche interdisciplinaire, la question des débuts de la métallurgie du cuivre en Mauritanie, soulevée il y a plus d'un siècle par B. Crova (Crova, 1912) et pour laquelle les derniers travaux, remontant à quarante ans, avaient mis en position clef la région d'Akjoujt, en Mauritanie (Lambert, 1965 à 1983).

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. 2**).

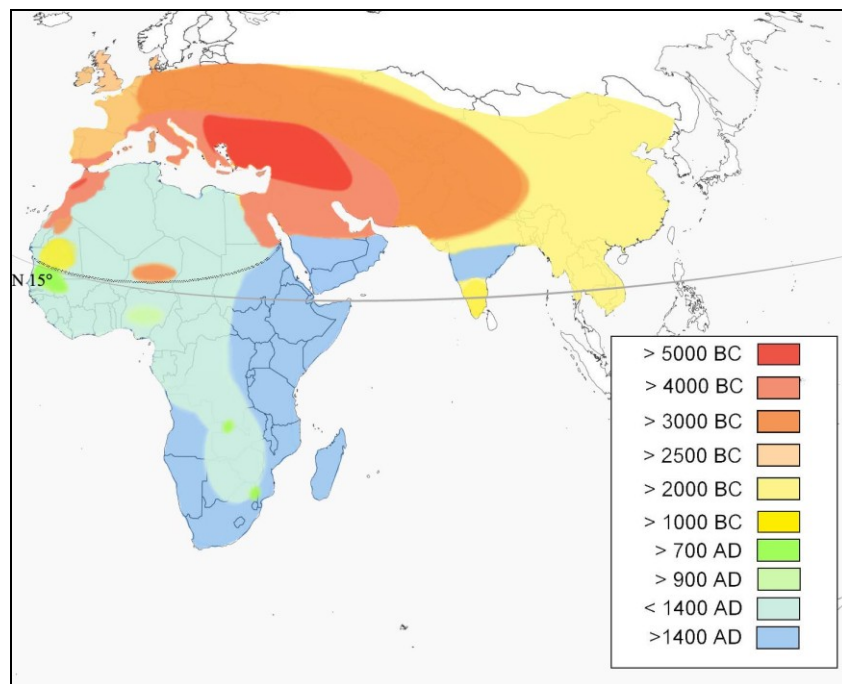


Fig. 2 : Carte de diffusion du principe technologique de réduction des minerais de cuivre. La ligne entre le Sud de la Mauritanie et le Nord du Soudan délimite le développement diachronique de la métallurgie du cuivre. Au nord de la ligne : Néolithique → métallurgie du cuivre → métallurgie du fer ; au 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.

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.

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 d'Akjoujt, mais des indices découverts au Nord et au Sud du Pays suggèrent également son développement dans plusieurs foyers, encore mal compris.

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

Une courte mission préliminaire menée par le CNRS et l'IMRFP en 2015 permit de confirmer le potentiel archéologique de la région d'Akjoujt par la découverte de mines anciennes inconnues dans les massifs du Guelb-Moghrein oriental et dans celui de Leigletat el Khader (**Fig. 2**). Ces recherches de terrain ont conforté l'intérêt du projet CUPRUM et permis de l'amorcer.

La première mission en 2016 avait une visée exploratoire. Dans un rayon de 70 km autour d'Akjoujt, nous avons recensé les sites liés à la métallurgie ancienne et tenté de comprendre l'organisation de l'occupation anthropique liée au métal. Les prospections se sont concentrées sur les massifs rocheux comportant des minéralisations de cuivre propices à la présence de mines anciennes, comme celles découvertes en 2015. Nos recherches ont porté sur les cordons dunaires situés au Sud d'Akjoujt, où les travaux de nos prédécesseurs avaient relevé des indices de transformation des minerais, la production de métal et des sites d'habitat. Nous avons également mené des prospections au Nord d'Akjoujt afin de repérer des indices et des sites liés à la métallurgie dans cette zone très peu étudiée.

Nous avons poursuivi en 2017 l'étude exploratoire en nous concentrant principalement sur le secteur septentrional d'Akjoujt, alors zone blanche de recherche. Ce travail de terrain a permis d'identifier plusieurs mines et de nombreux sites inconnus, liés à la métallurgie. Le second objectif de cette deuxième campagne de recherche fut de fouiller en parallèle, d'une part, plusieurs structures d'extraction minières, et d'autre part, des zones d'activités métallurgiques au niveau de deux sites métallurgiques découverts en 2016.

Les recherches exploratoires du secteur septentrional ont été achevées en 2018. Elles ont permis de découvrir quelques nouvelles mines et de nombreux autres sites présentant des activités métallurgiques. Les sondages au niveau des foyers métallurgiques ont permis de renseigner les questions relatives à la métallurgie extractrice. Un site métallurgique fut également fouillé au cours de cette troisième campagne de recherche. Nous avons poursuivi l'excavation d'une vaste mine dont les fouilles avaient été amorcées en 2017. Une étude paléoenvironnementale exploratoire fut également menée en 2018.

Les nombreux résultats obtenus lors de ces trois campagnes confirment le potentiel archéologique de la région d'Akjoujt et permet de saisir l'importance de cette région pour la compréhension des débuts de la métallurgie dans la zone saharo-sahélienne. Ces recherches apportent également des éléments de réponse novateurs pour la caractérisation de la métallurgie en Mauritanie du point de vue chronologique, technologique et culturel.

1. La métallurgie à l'Holocène dans la région de l'Inchiri : état de l'art

Du Nord au Sud de la Mauritanie, les recherches 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 Moghrein 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). Ses travaux 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 ± 126 BP^{iv} et 2350 ± 110 BP^v, soit entre 1305 et 197 cal. BC.

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 Moghrein (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, Touzig, 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 Lemguerinat, à 110 km au sud-ouest d'Akjoujt, une quinzaine de foyers furent découverts. 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.

A Lemdena, à 60 km au Sud d'Akjoujt, sept foyers furent découverts. 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.

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. 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 10m² a été identifiée sur un site d'habitat Néolithique (Lambert 1983, 1989). 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, Fernet 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 Lemhaïder, 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 programme CUPRUM : résultats préliminaires

2.1) Le cadre géographique et géologique

2.1.a) Le cadre géographique : un paysage en iselberg

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.

Les recherches de terrain se sont déroulées dans une zone comprise dans un rayon de 70 km autour la ville d'Akjoujt. Cette distance est conditionnée par la nécessité d'un retour journalier à la base, pour des raisons de sécurité.

2.1.b) Le cadre géologique : un potentiel métallifère important

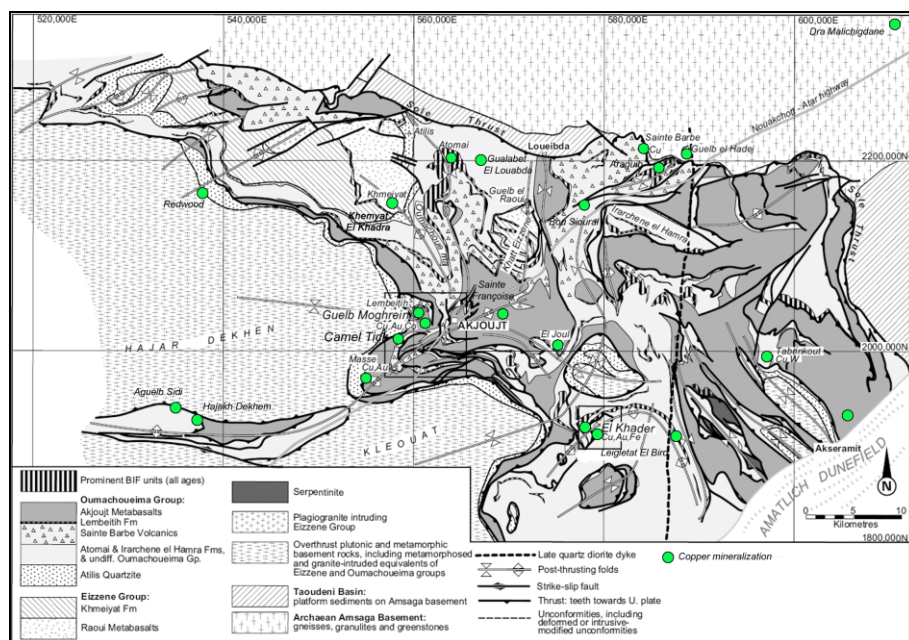


Fig. 3 : carte de géologie de la région d'Akjoujt précisant la distribution des unités stratigraphiques, les principaux chevauchement, et discordances, ainsi que les zones de minéralisation cuprifères (A. Courcier d'après Marcelin, 1963, 1968 ; Blanchot, 1975 ; Strickland et al., 2001, Ministère des Mines, du Pétrole et de l'Énergie de Mauritanie, 2013)

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 ; Fernet, 2012 ; Bradley *et al.*, 2015).

Une dizaine d'occurrences cuprifères sont connues dans la région (Fernet, 2012 fig.3) (Fig. 3). 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).

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, chalcopryrite, cuivre natif, pyrrhotite, cubanite et arsénopyrite. En profondeur, la zone sulfurée se caractérise par des minéralisations de chalcopryrite, pyrrhotite, cubanite, arsénopyrite et cobaltite (Strickland *et al.*, 2001).

2.2) Notre démarche de recherche

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 70 km autour de la ville d'Akjoujt. L'aire de recherche a été subdivisée en neuf zones : 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. 4)

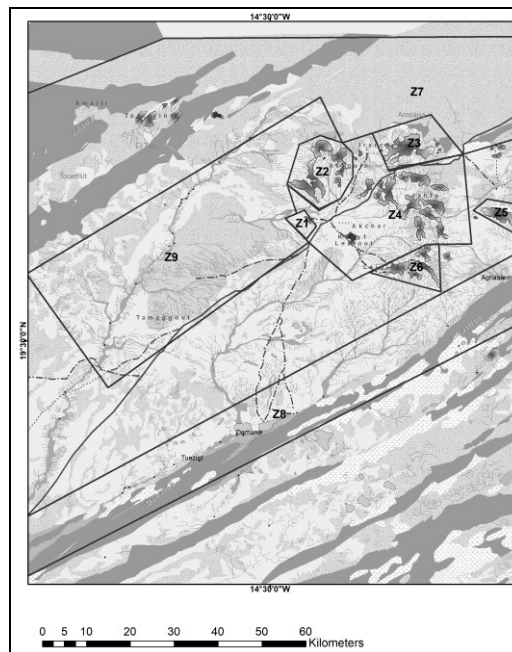


Fig. 4 : Aire de recherche du projet CUPRUM (80 km autour d'Akjoujt) subdivisée en 9 zones

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.

2.3) Partenariat public/privé : un dispositif gagnant/gagnant

En 2015, en amont du programme CUPRUM, j'ai contacté Clive Newall, directeur de la compagnie privée First Quantum Mineral ldt, qui dirige la filiale Mauritanian Copper Mine (MCM) exploitant le gisement du Guelb Moghrein en Mauritanie, où des indices archéologiques important avaient été découverts et conduit à des recherches menées par Nicole Lambert.

Je lui ai exposé le programme et proposé un partenariat. Soucieux de préserver et de valoriser le patrimoine archéologique de la région de l'Inchiri, et en accord avec Antony Mukutuma, directeur général de la MCM, Clive Newall a accepté de signer en 2016 avec le laboratoire TRACES (CNRS-UMR 5608) une convention de partenariat scientifique et culturel.

L'aide et le soutien apportés par la MCM pour ces recherches de terrain ont été au-delà de cet accord. Il convient de souligner que le groupe First Quantum Mineral ldt et sa filiale MCM, sont la première compagnie minière en Afrique a soutenir dans la durée et à cette hauteur un programme archéologique.

La MCM met à la disposition de l'équipe des logements sécurisés pour l'ensemble de l'équipe franco-mauritanienne. La compagnie minière prend à sa charge les frais de séjours et de déplacement. Elle octroie également à l'équipe deux véhicules 4×4 avec chauffeur, les équipements de sécurité et le matériel de travail de terrain. La MCM a aussi délégué une partie de l'équipe de la section topographie pour nos relevés et plans de terrain. Elle a permis de mener quelques analyses semi-quantitatives XRF sur des échantillons.

L'équipe de la MCM a toujours répondu présent à nos sollicitations face aux difficultés logistiques rencontrées et apporte rapidement des réponses. Les échanges scientifiques avec les géologues, les chimistes et les métallurgistes ont permis de faire avancer le travail d'interprétation des données de terrain.

Au cours du quadriennal, le soutien en moyens logistiques et humains de la MCM s'est toujours maintenu. En les traduisant en valeur financière, ils représentent en moyenne un peu plus de 65% du budget annuel du projet. Au cours des quatre années, on note cependant une baisse progressive de la participation de la MCM. Cette variation s'explique par une inflexion de la politique d'investissement décidée par la direction du groupe minier suite à leur perspectives d'exploitation du gisement du Guelb Moghreïn.

2.4) La formation des étudiants mauritaniens

Depuis 2016, le programme CUPRUM accueille, lors des recherches de terrain, des étudiants mauritaniens. Ils sont issus de cursus universitaires en histoire, géographie et géologie. Nous souhaitons qu'ils soient au minimum d'un niveau master 1. L'expérience d'accueil en 2018 d'un étudiant en licence n'a pas été concluante. Le manque d'autonomie et de responsabilité ont été un frein à sa formation.

Nous avons formé deux étudiants la première année : Teyib Bellah Hamoud et Sidi-Mohamed Salem. A leur demande, ils sont revenus pour les campagnes de recherches 2017 et 2018. Leur ancienneté dans l'équipe leur a permis de devenir des référents pour les autres étudiants qui ont été accueillis. Trois autres étudiants ont été formés en 2017 et 2018. En 2017, Mohamed Ould Abd Dayem, Ibrahim Cheikh et Abdellahi Malek nous ont rejoints. A l'issue de la campagne, seul Ibrahim Cheikh n'a pas souhaité revenir. Il a reconnu que sa passion de l'archéologie n'était pas à la hauteur des efforts demandés pour les recherches de terrain. En 2018, l'étudiant Moulay Mohamed Salem Moulay a souhaité participer aux recherches de terrain. Constatant son manque d'autonomie et de responsabilité, il a souhaité écourter sa formation. Par contre, Teyib Bellah Hamoud, Sidi-Mohamed Salem, Mohamed Ould Abd Dayem et Abdellahi Malek m'ont récemment contacté afin de participer aux nouvelles recherches de terrain du programme en 2019.

Nous avons formé les étudiants à l'ensemble des activités de recherche de terrain (fouilles, prospections, enregistrement). Ils ont acquis la capacité de reconnaître, géolocaliser et décrire les sites archéologiques. Ils maîtrisent les bases pratiques pour les sondages et les fouilles. Ils disposent des connaissances pour la documentation et l'enregistrement des données scientifiques. L'encadrement pédagogique de formation a été assuré par l'ensemble de l'équipe : les professeurs et les géologues mauritaniens ainsi que les spécialistes européens et américains participant au programme. Ainsi, outre une formation à l'archéologie traditionnelle, les étudiants ont également été sensibilisés à : l'archéologie minière, l'archéoméallurgie, la géoarchéologie, la céramologie, l'étude du matériel lithique, au travail par SIG, aux recherches paléoenvironnementales et à la valorisation des résultats.

Au cours de ces quatre années de formation, nous avons développé et adapté une démarche de formation pédagogique alliant l'enseignement et l'évaluation des connaissances au cours des recherches de terrain. Par le biais d'une rotation des étudiants, ils participent à l'ensemble des travaux. La réunion journalière permet d'échanger avec les étudiants et de lever leurs incompréhensions et d'insister sur des points essentiels. De façon hebdomadaire, les étudiants sont évalués individuellement sur plusieurs points incluant leur travail en équipe, leur rigueur, leur prise de responsabilité et l'acquisition des connaissances. Au milieu de leur stage, nous leur soumettons un test de connaissance afin d'évaluer leurs connaissances et notre démarche pédagogique. Les entretiens individuels et les tests sont transmis à leurs professeurs référents à l'université et au directeur adjoint, Ethmane Essaid. Nous co-élaburons une démarche individuelle afin leur assurer une formation constructive. A l'issue de leur stage, nous leur remettons une attestation résumant les points saillants de leur formation.

Avec nos partenaires universitaires mauritaniens, nous avons constaté une progression des connaissances et des prises de responsabilité de la part des étudiants formés par le programme CUPRUM. A l'issue de ce premier quadriennal, ils sont pleinement investis dans le travail de recherche archéologique et soucieux de la qualité et de l'évolution du programme. Sidi-Mohamed Salem m'a contacté en avril 2019 pour m'avertir de la découverte, suite à prospection d'impact environnemental, de sites métallurgiques inconnus au Sud de la concession minière de Kinross-Tasiast. Conscient du potentiel de ces sites et de la nécessité de mener des recherches approfondies, il

a également averti les services de l'Institut Mauritanien de Recherche et de Formation en matière de Patrimoine (IMRFP). L'étude de ces sites a été inscrit dans les objectifs du renouvellement quadriennal du programme (voir ci-après).

La participation des étudiants à ces missions de terrain fut également l'occasion d'évaluer leur capacité de travail et leur volonté de progresser. Nous cherchions à estimer s'ils seraient susceptibles d'être intégré à des programmes de bourse, pour des études à l'étranger. L'un d'entre eux, Sidi-Mohamed Salem, particulièrement brillant, fut candidat à la bourse octroyée par le Ministère de l'Europe et des Affaires Etrangères pour une formation archéologique en France. Sidi-Mohamed Salem a obtenu cette bourse.

Sidi Mohamed a effectué un stage pratique en archéologie en France, du 1 octobre au 30 Novembre 2018. Ce stage intitulé, « *la chaîne opératoire de l'archéologie préventive* », s'est déroulé au sein de la direction régionale de l'INRAP des Haut de France à Villeneuve d'Ascq. Il a participé aux opérations de diagnostics archéologiques et à celles d'étude et de conservation du matériel découvert (voir rapport de stage transmis à la commission des fouilles en Novembre 2018)

Leur formation et leur expérience acquise au cours du programme CUPRUM, a permis à deux étudiants d'obtenir un poste. Teyib Bellah Hamoud a été engagé comme assistant professeur à la faculté des Lettres et Sciences Sociales (FLSH) de l'Université de Nouakchott. Sidi-Mohamed Salem a été recruté à l'IMRFP. Il est l'adjoint de Youssouf Dedi, conservateur du patrimoine archéologique.

2.5) La métallurgie du cuivre dans la région d'Akjoujt : les résultats du programme CUPRUM

2.5.a) L'exploitation du potentiel métallifère : les mines anciennes découvertes

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.

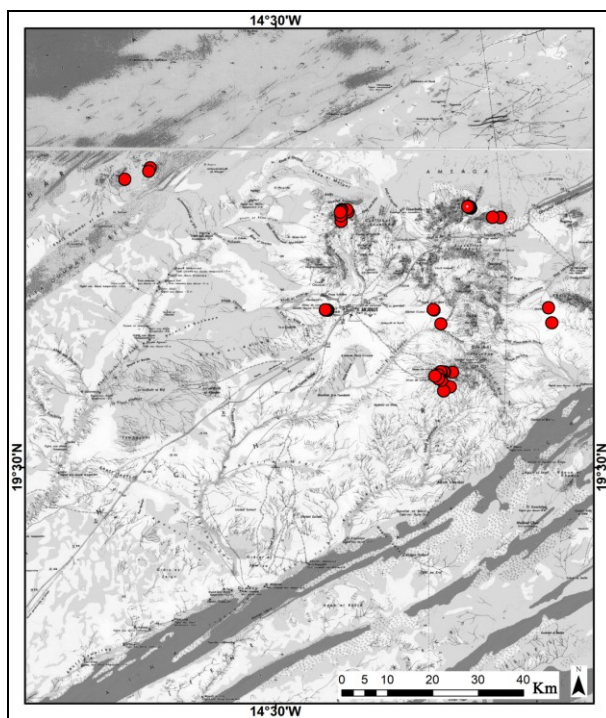


Fig. 5 : localisation de l'ensemble des 55 mines anciennes découvertes lors des 3 missions du programme franco-mauritanien CUPRUM.

- Le Guelb Moghreïn oriental (Zone 1)

Ce massif est à 375 m à l'Est du Guelb occidental. A l'exception du versant Sud qui a connu des perturbations par des sociétés minières modernes, le Guelb Moghreïn oriental présente encore des

vestiges d'extraction anciens qui sont principalement situés sur les versants Nord, nord-ouest et nord-est.

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 minéral. Cette technique d'abattage conduit à la formation de structures alvéolaires caractéristiques au niveau des parois.

Deux fronts de taille, Z1m01 et Z1m02, ont été identifiés sur le versant Nord. Leur exploitation en gradin, large de 2 m, suit l'orientation nord-ouest/sud-est 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. 6).

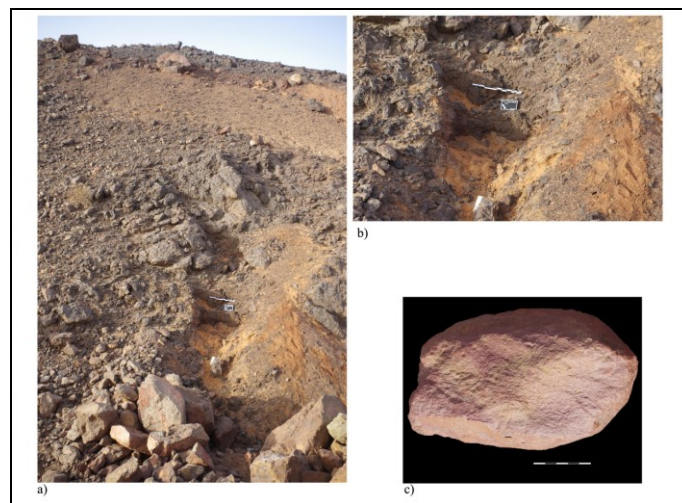


Fig. 6 : Front de taille d'extraction minière en gradins (Z1M1) : a) vue générale en direction du Sud et se prolongeant sur 15 m vers le sommet, b) vue de détail des gradins, c) percuteur en rhyolithe découvert en contrebas.

Un troisième front de taille, Z1m12C, a été découvert sur le versant nord-est du Guelb Moghreïn oriental. Cette exploitation, large de 3,5 m, longue de 1,4 m et profonde de 0,6 m, est destinée à l'extraction d'hématite et de goéthite. La fouille a permis de découvrir, au niveau d'une cuvette, une lentille charbonneuse. Ce niveau 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.

Les mines souterraines au feu constituent la majorité des sites d'extraction minière du Guelb Moghreïn oriental. 14 structures de ce type ont été identifiées au niveau des versants Nord, nord-ouest et nord-est du Guelb-Moghreïn oriental.

Les mines du versant Nord et nord-ouest présentent des dimensions proches : 0,5 à 1,5 m de long, 0,7 à 3,5 m de profondeur et 0,5 à 1,5 m de hauteur. Toutes sont partiellement comblées par du sable éolien. Des fouilles ont été menées au niveau de deux petites cavités, situées sur le versant nord-ouest : Z1m13 et Z1m14. Ces recherches ont confirmé la pratique d'abattage au feu comme technique d'extraction.

Le versant nord-est du Guelb Moghreïn oriental est caractérisé par de très nombreuses structures d'extraction minière ancienne. Ce secteur a été exploité de façon intensive sur 15 m de haut. La succession des mines a conduit à former de larges voûtes. Contrairement aux cavités des autres

versants, les structures présentent des dimensions plus importantes : 2 à 5,5 m de long, 2,5 à 4,75 m de profondeur et 1,5 à 3,5 m de haut. L'exploitation intensive de cette zone est confirmée par la découverte d'une centaine de fragments de percuteurs en basalte dont une hache pic, en contrebas des structures d'extraction.



Fig. 7 : Vue depuis l'Est du versant nord-est et des nombreuses structures d'extraction minières (Z1M12). a) vue générale, b) vue en direction du sud-ouest de l'entrée de la cavité Z1M12E dont le prolongement de la galerie, vers le sud-est, communique avec la cavité Z1M12D, c) vue en direction sud-ouest de la cavité Z1M12D dont la galerie communique avec la cavité Z1M12E, d) vue en direction de l'Ouest de la cavité Z1M12C, e) vue en direction de l'Ouest de la structure Z1M12B dont l'aménagement suggère un habitat postérieur à la phase d'extraction minière, vue en direction du nord-ouest de la large structure Z1M12A (*El bwama*) comprenant une vaste cavité, un pilier central et deux puits d'extraction

L'une des mines souterraines du versant nord-est, Z1M12A, dite « *El bwama*^{xvi} », se distingue des autres par ses vastes dimensions. Des fouilles ont été effectuées en 2017 et 2018 afin de vider son comblement, estimer ses dimensions et les techniques d'extraction (Fig. 7 & 8).

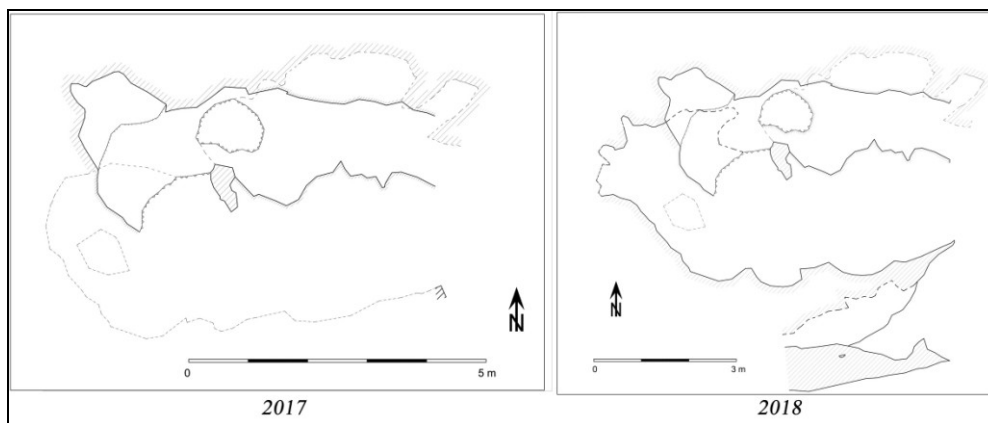


Fig. 8 : Plans de la mine Z1M12A, « *El Bawma* », dressés lors des deux dernière campagnes de fouilles en 2017 et 2018.

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 a été découvert sous un niveau d'effondrement qui a scellé le niveau d'exploitation préhistorique.

A 2 m à l'Ouest de l'entrée inférieure, une galerie de prospection, longue de 3,6 m se rétrécissant progressivement, a été mise en évidence. Sur les parois Ouest, des traces d'exploitation au pic en fer et une petite niche de lampe ont été identifiées. L'exploitation remonte probablement à l'époque médiévale.

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.

- Atomaye (Zone 2)

Le secteur d'Atomaye n'avait jamais été prospecté, seuls deux sites funéraires étaient connus sur le versant sud-ouest (Lambert N., 1969 ; Ould Mohamed Kaber N., 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, Z2m01, 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.

L'une de ces structures, Z2m01E, présente des dimensions plus importantes. Elle a fait l'objet de recherches détaillées. Elle est caractérisée par deux grandes galeries^{xvii}, séparées par un pilier de soutènement massif (6×2,7m) et reliées par une chatière (**Fig. 9**). Deux sondages ont été pratiqués au pied de la paroi au fond de chacune des deux galeries. 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 14 & 15). La datation de cette mine dans le massif d'Atomaye confirme une occupation anthropique remontant à l'époque médiévale dans la région d'Akjoujt.



Fig. 9 : Structure d'extraction Z2M1E. 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 galeries, 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

Au sommet d'Atomaye, au Nord de la zone minière Z2m01, nous avons identifié un ancien passage, au niveau d'un col, permettant de descendre vers la plaine de l'Amsaga, en direction du khatt Inchiri es Salihi et des cordons dunaires du draa Oummât el Beit et de l'Akchar où des sites métallurgiques ont été découverts.

La seconde zone minière, Z2m02, se situe au niveau du col. Elle comporte une dizaine mines souterraines, situées sur des escarpements rocheux de la même nature que ceux identifiés dans la première zone. Leur accès particulièrement difficile ne nous a pas permis de les étudier en détail.

La troisième zone, Z2m03, se caractérise par une quinzaine mines au niveau d'escarpements rocheux sur le versant Ouest de l'Atomaye. Il s'agit de structures d'abattage au feu, larges de 0,9 à 1,2 m, profondes de 0,7 m à 0,9 m et hautes de 0,4 à 0,7 m. 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. A l'Est du massif d'Irarchène, une zone d'une dizaine de structures d'abattage au feu (Z3m01) a été identifiée de part et d'autre du talweg. Trois structures accessibles ont été étudiées. Leurs dimensions sont similaires : 1,5 à 3 m de long, 0,9 à 1,2 m de large et 0,7 à 1,2 m de haut. En contrebas de la structure Z3m01B, 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 » (Z3m02), exploitée dans les années 1960-70 par les français, recoupe 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. Un sondage de 1,5×0,5 m fut réalisé sur la partie Est de cette alvéole. A 0,5 m de profondeur, des fragments de charbons furent découverts et prélevés.

A 300 m au sud-est de la mine moderne de Sainte Barbe, une dizaine de mine exploitée par abattage au feu (Z3m04) 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 (Z3m05). Ils comportent 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, deux mines ont été identifiées (Z3m03a et Z3m03b). La seconde est caractérisée par une large ouverture de 4 m qui se poursuit par une large cavité (5×6×1,2 m) de laquelle partent deux boyaux (0,5×0,4m) orientés nord-sud selon la minéralisation de cuivre. Une autre zone de d'extraction ancienne a été repérée à 1 km à l'Ouest (Z3m03c). A l'exception d'une alvéole débouchant sur une cavité, il s'agit de petites structures de front de taille qui ont exploité des poches de minéralisations superficielles de cuivre.

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

Dans le secteur de Gleibât es Sehb, seuls quelques monuments funéraires étaient connus (Ould Mohamed Kaber N., 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.

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. L'exploitation suit une veine de cuivre d'une puissance de 20 cm, orientée sud-nord. 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. Nous avons fouillé la cavité mais aucun indice d'extraction autre que les formes alvéolaires au niveau des parois n'a été découvert. En contrebas du front de taille, des fragments de percuteur en granite ont été mis en évidence.

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 (Z4m01a, b, c & d). 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, long de 3,8 m, large de 1,5 m et haut de 0,6 m. A 2 m, un second boyau part vers l'Est sur 1,8 m. Les deux entrées, au Nord et à l'Est, sont obstruées par des blocs provenant de la partie supérieure (Fig. 10). Certains blocs sont caractérisés par des cupules creusées dans la dalle. Ces structures semblent être destinées à des activités de concassage/broyage (voir ci après).



Fig. 10 : Affleurement et structures d'extraction minières de Gleibat Oulet Akchâr : a) alvéole d'abattage au feu Z4M1A, b) alvéole d'abattage au feu Z4M1B, c) alvéole d'abattage au feu Z4M-1C avec boyau d'extraction orienté sud-nord, entrée effondrée, d) alvéole d'abattage au feu Z4M1D, e) dalle avec cupules au sommet de Z4M1C, f) et g) vues de détail des cupules sur les dalles au sommet de Z4M1C, h) large plateforme à proximité immédiate de Z4M1C, i) zone d'alvéoles d'abattage au feu étagées en contrebas de Z4M1D

- Kediet Tabrinkoût (Zone 5)

Seuls des sites funéraires étaient connus dans cette zone (Ould Mohamed Kaber N., 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 (Z5m01), les indices d'extraction minière correspondent à des fronts de taille (Z5m02 et Z5m03). 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 (hématite, goethite), a connu des études géologiques (sondages, études géochimiques), 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).

Le premier secteur étudié (Z6m01) correspond à celui prospecté en septembre 2015. Les indices d'extractions minières anciennes sont de part et d'autre du talweg, orienté nord-est/sud-ouest. Il s'agit d'une zone caractérisée par des minéralisations de cuivre (malachite), sous la forme de stockwerks, dans un encaissant composé de laves felsites, de tuffs volcano-clastiques de schistes et de siltite (aleurolite ou pelite). La zone est intensivement exploitée par de très nombreuses mines souterraines de différentes tailles^{xix} et dont certaines sont caractérisées par un pilier de soutènement (Fig. 11). La zone d'activité, identifiée en septembre 2015 comme étant un éventuel atelier de concassage/broyage, correspond en réalité à une vaste zone d'extraction par succession d'alvéoles formant une profonde cavité dans l'encaissant.

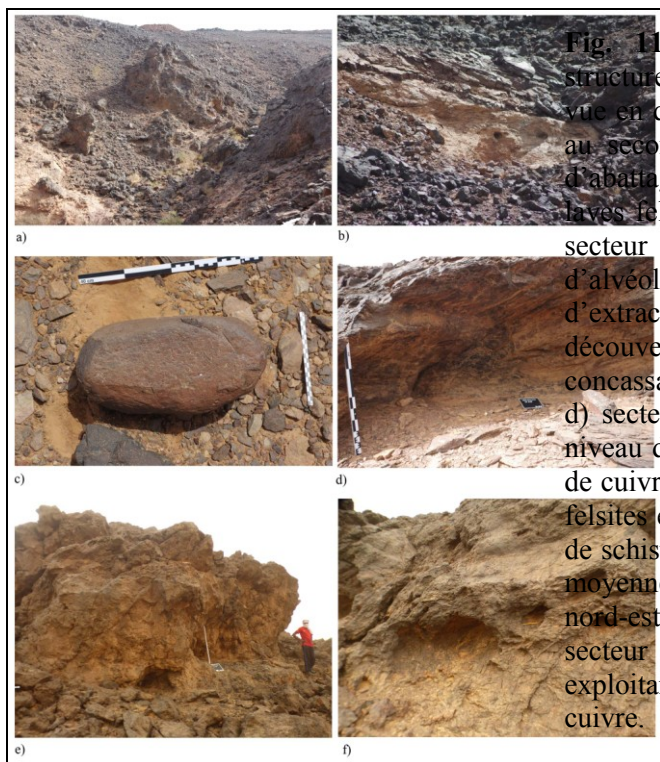


Fig. 11 : Massif de Leigletat El Khader, structures d'extraction minières anciennes. a) vue en direction du nord-est du secteur Z6M1, au second plan de très nombreuses alvéoles d'abattage dans un encaissant constitué de laves felsites et de tuffs volcano-clastiques, b) secteur Z6M2, vue en direction du Nord d'alvéoles prolongées par des boyaux d'extraction, c) percuteur en rhyolithe découvert dans une probable zone de concassage/broyage à 1 km au Sud de Z6M2, d) secteur Z6M4, large alvéole d'abattage au niveau du gossan et exploitant une large veine de cuivre dans un encaissant composé de laves felsites et de tuffs volcano-clastique à majorité de schistes, e) secteur Z6M5, alvéoles de taille moyenne se prolongeant par un boyau orienté nord-est selon la minéralisation de cuivre, f) secteur Z6M5, petite alvéoles d'abattage exploitant des minéralisations superficielles de cuivre.

Le second secteur (Z6m02) se situe à 1,5 km au sud-est du premier. Il s'agit d'une dizaine d'alvéoles d'abattage de part et d'autre d'une petite vallée. Elles sont alignées suivant la minéralisation de cuivre associée à du quartz et orientée sud-nord. Les mines présentent des proportions similaires à celles identifiées dans les autres zones : 1,5 m de long, 1 m de large et 0,9 m de haut. Nous avons également identifié trois autres structures, caractérisées par une alvéole prolongée d'un boyau (0,4×0,5 m), creusé dans du tuffs volcano-clastique de siltite.

Une dizaine mines a été repérée à distance sur le versant Sud du massif (Z6m03). En raison de la difficulté d'accès, nous n'avons pas été en mesure de contrôler ces indices d'extraction.

Un quatrième secteur (Z6m04), comprenant de nombreuses mines, a été identifié dans une zone présentant le même type d'encaissant que le premier secteur. Les alvéoles sont situées de part et d'autre du talweg, alignées sur les escarpements rocheux au niveau du gossan. Il s'agit de larges structures, longues de 3,5 m, larges de 1,5m et hautes de 1,2 m, exploitant un filon de cuivre d'une puissance supérieure à 30 cm. En contrebas de la structure Z6m04b, un marteau en quartzite a été découvert.

A 1,7 km au nord-ouest de ce quatrième secteur Z6m04, un cinquième comprenant une vingtaine d'alvéoles d'abattage au feu a été identifié et étudié (Z6m05). L'ensemble de ces alvéoles suit la minéralisation de cuivre, orientée sud-ouest/nord-est selon un pendage de 30°. Il s'agit d'alvéoles de différentes tailles, certaines petites (0,3 m de long, 0,25 m de large et 0,15 m de haut) et d'autres plus importantes (1,2 m de long, 0,6 m de large et 1 m de haut), destinées à l'exploitation des minéralisations superficielles ou de filons étroits. La structure Z6m05c se distingue des autres. A proximité du sommet, au niveau du gossan, il existe 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.

Un sixième secteur (Z6m06) fut repéré à 1 km à l'Ouest de Z6m05. L'accès particulièrement

difficile ne nous a pas permis de contrôler les sept alvéoles d'abattage au feu observées à distance. Ce secteur a par ailleurs été fortement affecté par les travaux modernes de la compagnie Boumine. Toutefois, une dizaine de mines souterraines a été repérée dans des zones préservées. La majorité de ces structures présente des dimensions similaires à celles observées dans les autres districts miniers du massif : 1,5 m de long, 0,45 m de large et 0,9 m de haut. L'une d'entre elles est caractérisée par des dimensions plus importantes : 2,3 m de long, 1,43 m de large et 1,35 m de haut. Elle se prolonge avec un boyau orienté est-ouest. Aucun outil macrolithique n'a été découvert dans ce secteur, profondément remanié par des travaux modernes.

- 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. Elle se caractérise par deux entrées séparées par un pilier de soutènement dont l'une effondrée. A l'intérieur, la chambre^{xx} est soutenue par un pilier central massif et se prolonge sur 0,8 m par deux galeries orientées ouest/sud-ouest. 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, Z7m02 et Z7m03. Ils sont localisés sur le versant Nord du mont au sud-est du massif de Tourarine. Le long d'une falaise, sur 180 m, plusieurs alvéoles et des fronts de taille ont été identifiés au niveau du second secteur (Z7m02). 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 profonde de 2,3 m³. Le troisième secteur se situe à 500 m au nord-est de Z7m02. Les traces d'exploitation ont été observés 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.

2.5.b) Une autre source d'approvisionnement en minerais : la question des gisements alluviaux

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 (site Z7s02), sur le versant Sud de l'Akchar et celui du draa Oummât El Beid (sites Z7s05 et Z7s12). 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 camps Z7cps45, 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.

2.5.c) Une organisation complexe : 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 Moghrein oriental et d'Irarchène-Araguib (Z1carr01 et Z3carr03). 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, à 700 m au nord-ouest des mines du secteur 4, un affleurement de silex brun et blond présente des traces d'exploitation (Z6carr01). Plusieurs nucleus et des éclats de débitage ont été découverts à proximité.

Une minière (Z3carr04) exploitant un affleurement de silex blond a été identifiée à 50 m de la mine Z3M5, au niveau du massif d'Irarchène. 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 le front de taille Z1m12C, un filon de silex brun a été exploité (Z1carr02).

- Première étape de la préparation des minerais : les ateliers de concassage/broyage

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 Moghrein oriental, au pied du massif Gleibat el Hassi, le long d'un affluent du khatt el Kleijât, un atelier de concassage/broyage (Z1cb01), 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 (Z3cb01). 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 (Z3cb02). 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.

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 (Z4cb01) 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 (molettes, meules, mortiers et pilons). 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 perceurs et de meules ont été découverts sur une vaste plateforme. Il s'agit d'un atelier de concassage/broyage (Z4cb02). 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, Z6cb01, se situe dans le secteur Z6M01, 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, Z6cb01, 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).

2.5.d) Les sites et les activités métallurgiques dans la région d'Akjoujt

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, 70 km autour d'Akjoujt. Un peu plus de 90 sites comportent des indices témoignant de pratiques d'activités métallurgiques (Figs 12 & 13).

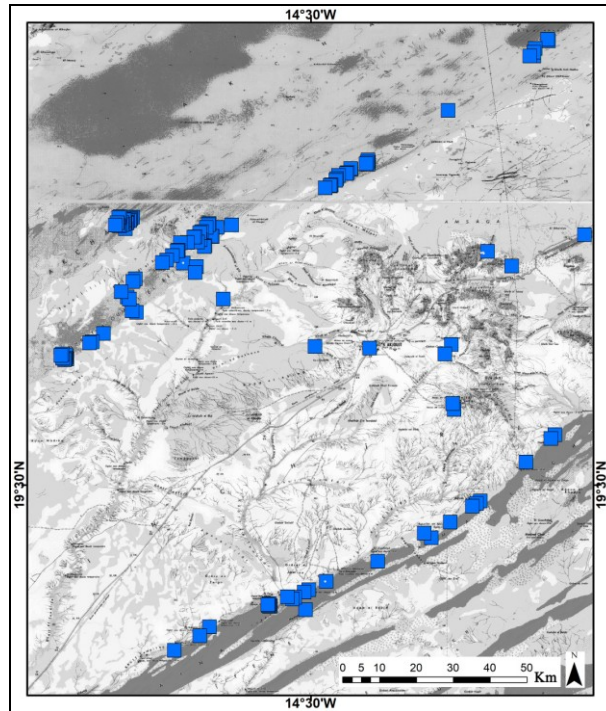


Fig. 12 : localisation des 108 sites préhistoriques découverts lors des trois missions de terrain du programme franco-mauritanien CUPRUM.

Trois sites, deux au niveau du cordon dunaire de la Dkhaina (Lemdena, Z8cps28) et un site sur le draa Oummât El Beid (Z7cps45), ont fait l'objet de recherches intensives en raison du nombre et de la diversité des artefacts métallurgiques repérés lors de la prospection. Des fouilles au niveau d'une partie de la zone d'activités métallurgiques ont été menées sur ces trois sites.

Nos travaux ont permis de mettre en évidence des différences entre les occupations anthropiques et posent la question de leur durée.

- La question de la durée d'occupation : constats et limites d'interprétation

Nos recherches de terrain dans la région d'Akjoujt suggèrent l'existence de deux catégories d'occupations anthropiques : de courte et de longue durée d'occupation. Un constat similaire a été fait lors des recherches au nord-ouest d'Akjoujt, dans la région du Tiirit et de l'Agneitîr (Bathily, 1992 : 524-533).

Aucun des éléments sur lesquels repose la détermination du caractère de l'occupation anthropique n'est déterminant pris isolément. C'est une combinaison, qui peut être variable, des éléments de caractérisation qui permet une approche du type d'occupation.

Le premier type correspond à des sites peu étendus, inférieurs à 300 m², comportant très peu de céramiques (nb. > 10 tessons) et caractérisés par un matériel homogène. Il s'agit le plus souvent de macro-outils destinés aux activités de concassage/broyage et/ou d'artefacts liés à la pratique de métallurgie (scories, minerais, creusets, éléments de ventilation forcée, fragments de foyers, objets en métal). Ces occupations se concentrent souvent autour des zones paléo-humides. Cette récurrence d'occupations est particulièrement visible pour les sites comportant des activités métallurgiques. La réoccupation successive, sous réserve qu'elle soit contemporaine, pourrait être saisonnière et associée à des activités de subsistance. Sur la base de ces observations et hypothèses, il pourrait s'agir d'occupations de courte durée. Les travaux précédents dans la région d'Akjoujt ne mentionnent que très rarement ces camps. Ils sont parfois cités dans les rapports archéologiques comme « *des petits affleurements néolithiques dispersés* » mais ne sont pas localisés et n'ont jamais fait l'objet d'étude (Salihy, 2008 ; Vernet, 2012 ; Dadi 2013).

Le second type d'occupation anthropique correspond à de vastes sites, supérieurs à 300 m² et atteignant parfois quelques hectares. Ces sites sont caractérisés par de très nombreux tessons, un

matériel riche et hétérogène, de nombreuses activités (concassage/broyage, taille microlithique, fabrication d'ornements lithiques, métallurgie) et la présence de tombes. Ils semblent correspondre à des sites de longue durée d'occupation. Une dizaine de sites a été localisée et décrite dans les précédents travaux (Bessac, 1958 ; Lambert, 1965, 1970, 1971, 1972 ; Vernet, 1983 ; Salihi, 2008). Certains, comme Lemdena et Khatt Lemateig, au niveau du cordon dunaire de la Dkhaina, ont fait l'objet de fouilles (Lambert, 1970, Bathilly et al., 1998).

Toutefois, l'estimation de l'intensité d'occupation se heurte à des limites. Les dunes vives, qui recouvrent une partie de ces sites, ne nous permettent pas toujours d'évaluer la surface totale d'occupation. L'absence de datation radiocarbone pour tous les sites ne permet d'affirmer avec certitude la contemporanéité de la réoccupation successive d'un secteur. A ce jour, aucune recherche n'a été menée sur les différents types de tombes dans la région d'Akjoujt. Il est de ce fait difficile de s'assurer que ces structures soient contemporaines ou illustrent une réoccupation postérieure du site. Enfin, l'absence de stratigraphie et l'affleurement du matériel en surface complique l'estimation de l'intensité et la datation de ces sites.

La poursuite de nos recherches dans cette région prévoit de lever une partie de ces verrous scientifiques. Dans l'état actuel des connaissances, nous distinguerons uniquement les sites présentant des activités métallurgiques des autres occupations anthropiques de la région d'Akjoujt.

- Les sites et la métallurgie de la région autour d'Akjoujt

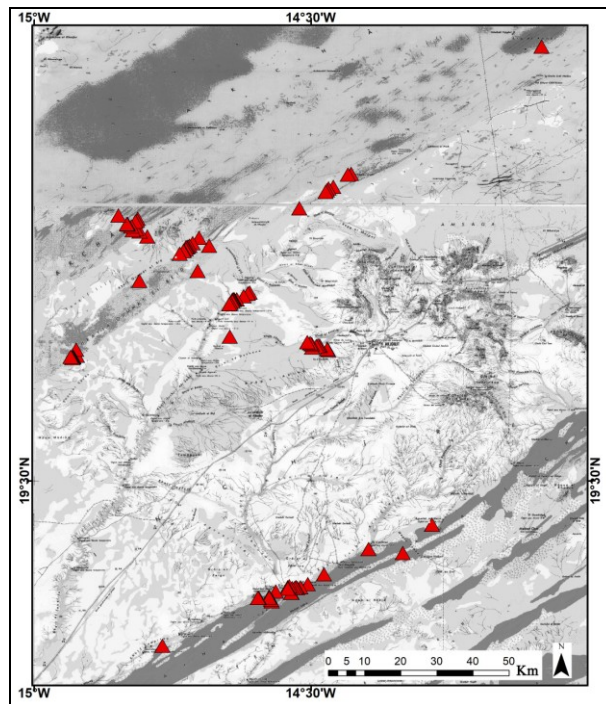


Fig. 13 : localisation des 92 sites métallurgiques préhistoriques découverts lors des trois missions de terrain du programme franco-mauritanien CUPRUM.

Dans la zone de recherche de notre programme, 70 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).

▪ Cordon dunaire du draa Malichigdane (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 Malichigdane 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).

Nous avons prospecté ce massif dunaire sur 27 km, depuis le Nord d'Ifegjâne et jusqu'à la limite de notre aire de recherche (70 km à l'Est d'Akjoujt). Trois vastes sites ont été découverts : Z7s01, Z7s02 et Z7s03. Ils se caractérisent par une forte densité d'artefacts, 30-70 items/m². Outre de nombreux tessons de céramiques, il s'agit principalement d'industrie lithique : microlithiques (ornements, pointes de flèche) et macro-outils de concassage/broyage (pilons, mortiers, meules, molettes, maillets). Ce matériel est similaire à celui étudié en détail par de précédents travaux (Mauny et al., 1957 ; Bessac, 1958 ; Vernet, 1983).

Au niveau du site Z7s02, 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.

■ 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 Ettlila 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 40 sites présentant des activités métallurgiques, ont été découvertes. A ces prospections s'ajoutent la fouille du camp Z7cps45. Ces fouilles ont été menées au Nord du camp, au niveau de la zone d'activités métallurgiques.

Les recherches sur les cordons dunaires du draa Oummât El Beid et de l'Akchar permettent de distinguer deux types d'occupations anthropiques : des sites avec des ateliers de concassage/broyage et/ou de taille microlithique, et des sites caractérisés par des activités métallurgiques.

- Les sites avec des ateliers de concassage/broyage et de taille microlithique

Au total 100 sites ont été découverts dans ce secteur : 16 sites présentant des ateliers de taille microlithique, 28 sites avec des ateliers de concassage/broyage et 56 camps comportant à la fois des activités concassage/broyage et de taille microlithique. Ces sites s'ajoutent aux trois déjà connus par les précédents travaux (Kediat El Salhi, Mednet Emmagtae et Oum Elbeid Ettlila).

Les ateliers de taille microlithique se caractérisent par des éclats de taille, des lamelles, des nucléus, des demi-produits et la présence parfois de retoucheurs. Les matières premières utilisées sont le quartz (blanc, rose), quartzite, schiste, cipolin, stéatite, grenat, grès, silex (blond, gris), chlorite, serpentine, jaspé et phtanite. Selon les données géologiques, ces roches seraient locales (Bradley et al., 2015). Les productions correspondent à des lames, lamelles, grattoirs, miroperçoirs, pointes denticulées et pointes de flèche. Des ornements, perles, anneaux et pendentifs, sont également produits dans ces ateliers.

Les ateliers de concassage/broyage se caractérisent par plusieurs types de macro-outils : meules (actives et dormantes), percuteurs passifs^{xxi}, molettes, pilons, mortiers, pierres à cupule, maillets et marteaux à gorge. Ils sont produits à partir de roches locales : la rhyolithe, le quartz, la

quartzite, le gabbro, le granite, l'amphibolite, la dolérite, le gneiss et le grès. Contrairement aux ateliers localisés à proximité des mines, on ignore leur fonction précise. Il peut s'agir de concasser et broyer des matières végétales ou minérales. Toutefois, la découverte de certains macro-outils, comme les pierres à cupules, et la présence d'un site présentant des activités métallurgiques à proximité permettent de suggérer, pour certains sites caractérisés par des ateliers de concassage/broyage, des activités liées à la transformation de matières minérales. Les sites Z7cps04, 20, 41, et 115 seraient ainsi destinés au concassage et au broyage de minerais.

- Les sites caractérisés par des activités 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.

Ainsi, des éléments de foyers métallurgiques (fonds, culots, parois) ont été découverts dans quelques sites : Z7cps44, 45, 73, 97, 98, 101, 104, 121 et 125. De même, des indices de ventilation forcée (tuyères, pot-à-soufflet^{xxii}, buses de chalumeau^{xxiii}) furent mis au jour au niveau de cinq autres sites (Z7cps27, 45, 95, 97 et 125). 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^{xxiv} (Z7cps45)

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^{xxv}. 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.

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.

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. 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.

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.

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.

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. La section de l'un de ces blocs le démontre parfaitement. Deux zones sont clairement visibles. 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.

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

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 du site Z7cps96, 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 camp Z7cps45. 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 afin d'identifier les paléochenaux dans lesquels se sont formés ces gîtes détritiques.

▪ 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, Foum 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^{xxvi} 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*^{xxvii} (Z8cps15) et à Lemdena (Z8s04).

50 occupations anthropiques ont été découvertes. Elles s'ajoutent à celles précédemment connues dans ce secteur : khatt-Lematëg, Damâne, Lemdena, Medinet-Sbat et Medinet-Ramset (Monod et al., 1953, Lambert, 1968 à 1972 ; Bathily et al., 1993, Salihi, 2008). Nos recherches ont permis de confirmer la pratique de métallurgie de cuivre à Damâne et de découvrir une autre zone d'activités métallurgiques à Lemdena. Les sites découverts se caractérisent par des activités de concassage/broyage et des ateliers de taille lithique. Parmi ces sites, 24 présentent des indices d'activités métallurgiques.

- Les sites avec des ateliers de concassage/broyage et de taille microlithique

Les ateliers de taille microlithique découverts se caractérisent par des éclats de taille, retoucheurs et des nucléus. Des racloirs, des lames et des pointes de flèches lithiques sont produits. Ces microlithiques sont principalement en quartz. La localisation de ces ateliers coïncide avec les filons de quartz connus entre Damâne et Ej J'ainniyè (Monod *et al.*, 1953 ; Marcelin, 1968). Quelques microlithiques sont en silex brun, cipolin et phtanite. Selon les données géologiques, il s'agit également de roches locales (Bardley et al., 2015). Les ateliers de taille sont liés à la production d'armes (pointes de flèche), outils (racloirs), et ornements (pendentifs, bracelet).

Les sites comportant des ateliers de concassage/broyage sont majoritaires dans ce secteur. Les macro-outils découverts correspondent à des molettes, pierres à cupule, maillets, mortiers, pilons, enclumes. Ils sont réalisés dans des roches locales : quartz, quartzite, métagabbro, diorite ou grès. Les haches plates sont en schiste, voire pour quelques-unes, en serpentine. Les haches plates sont probablement à associer à l'exploitation sylvicole. La fonction précise des macro-outils de concassage/broyage reste difficile à déterminer dans l'état actuel des recherches. Ils peuvent être liés à la préparation de matières végétales ou minérales. Toutefois, la présence de certains macro-outils comme les pierres à cupules, suggère la transformation de matières minérales. La proximité de ces ateliers avec des camps métallurgiques permet de supposer le concassage/broyage de minerais cuprifères.

Sur le site Z8s07, un atelier de production de petits pots en céramique a été découvert au niveau d'un affleurement lacustre. Les céramiques, en argile très sablonneuse séchée mais non cuite, présentent un fond ovoïde et un diamètre à l'ouverture compris entre 3,5 et 4,5 cm. L'ensemble des pots découvert est resté piégé dans l'affleurement sédimentaire. Dans l'état actuel des recherches, nous ignorons la fonction de ces céramiques.

Des tombes ont également été identifiées au niveau de plusieurs sites. Les inhumations découvertes sont similaires à celles qui furent mis au jour sur le site de khatt Lematëg (Bathily et al., 1993 : 176-177).

- Les sites caractérisés par des activités 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 chrysocole dans ces deux sites. De nombreux indices d'activités métallurgiques ont également été identifiés sur le site de Medinet Titarik (Z8s11), 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 Lematëg (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 Lematëg. 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, Z8cps22 et 23, 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 du site Z8cps23, 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 »^{xxviii}. Nos datations radiocarbone^{xxix} 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.

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 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^{xxx}, 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.

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. Nous avons délimité l'ensemble de la partie méridionale de Lemdena. Cette délimitation permet d'estimer la superficie totale du site à 2 km². 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 m² 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. Les crassiers correspondent à des concentrations et amas de scories, d'un diamètre de 3,72 à 7,65 m.

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. 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^{xxxi} de 72 g. Onze autres lingots furent découverts dans la région d'Akjoujt^{xxxii}. 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.

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.

L'étude de la répartition spatiale des éléments et parois scoriacées suggère la présence de deux foyers au niveau des carrés B5 et D3. 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)

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. 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.

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.

Selon les plans de densité, un foyer métallurgique semble avoir existé au nord-ouest de la zone de fouille (carrée E2). Les parois de foyer sont concentrées dans ce secteur. Toutefois la densité de scories est faible. La majorité de scories fut découverte dans les carrées 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 ait 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.

▪ 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 de sites caractérisés 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 le site Z9cps25. Le site comportant uniquement un atelier de concassage/broyage, Z9cps26, 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 du site Z9cps18. 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 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. 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.

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^{xxxiii}. 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 14 & 15**). 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 du site Z9cps15. 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.

▪ 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 Tamâggoût.

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 caractérisé par des activités métallurgiques ont été découverts dans cette zone. Le site Z9cps01 est celui qui présente le plus 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.

Le site Z9cps02 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. Eléments de synthèse

3.1) 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 minerais et le stérile.

La matière première est transportée jusqu'à des sites installées 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 Z9cps01 ou 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.

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.

3.2) 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 minerai. 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 d'ateliers de broyage/concassage dédiés à l'enrichissement, comme celui au niveau de l'Oued El'Jenné. On constate également la pratique de broyage/concassage pour l'enrichissement dans des sites à multiples activités métallurgiques^{xxxiv}, comme sur le site Z7cps45.

Non loin des sites disposant de broyage/concassage réalisant l'enrichissement, et toujours à proximité de zones paléo-humides, on constate la présence de sites de réduction de minerai. 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 caractérisés 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 direction 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 d'Amallî

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.

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.

3.3) Occupation anthropique et développement de la métallurgie dans la région d'Akjoujt au cours de l'Holocène récent : un essai de chronologie

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
Dikhaina	8	site	n.c	nc	poterie	LGQ-154	3607 ± 272 BP	2864BC - 1319BC	Vernet, 1993
Tigirt	hors secteur	site	n°15	surface	coquille d'oeuf d'autruche	GIF-8121	3520 ± 60 BP	1983BC - 1692BC	Bathily, 1992
Dikhaina	8	site	Khatt-Leimateg (phase habitat 1)	foUILLES	poterie	Ly-2501	3350 ± 130 BP	1921BC - 1416BC	Bathily et al., 1993
Dikhaina	8	site	Khatt-Leimateg (phase habitat 2)	foUILLES	poterie	Ly-2502	3310 ± 200 BP	1891BC - 1317BC	Bathily et al., 1993
Draa Oummat EFBet	7	camps métallurgique	Z-7-H-W-45	foUILLES foyer métallurgique	charbon	Poz-108112	3280 ± 40 BP	1645BC - 1453BC	programme CUPRUM
Dikhaina	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
Tigirt	hors secteur	site	n°15	surface	coquille d'oeuf d'autruche	nc	3070 ± 110 BP	1546BC - 1011BC	Bathily, 1992
Dikhaina	8	site	Khatt-Leimateg (phase habitat 3)	foUILLES	poterie	Ly-2974	3040 ± 160 BP	1640BC - 853BC	Bathily et al., 1993
Amatlich	8	site	Z-8-H-W-08	surface	dent	Beta-453174	2930 ± 30 BP	1220BC - 1025BC	programme CUPRUM
Dikhaina	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	1376BC - 592BC	Lambert, 1971
confluence des Khatts Chouayel, el Klejlat 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
Dikhaina	8	site	Lemqueirinat	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
Dikhaina	8	site	Z-8-H-W-07 (Lemdena)	surface	dent	Beta-453172	2020 ± 30 BP	107BC - 59AD	programme CUPRUM
Dikhaina	8	site	Lemdena	foUILLES foyer métallurgique	charbon	DAK-120	1760 ± 110 BP	28AD - 537AD	Lambert cité par Greberart, 1988
Atomay	2	mine	Z-2-M-01e	sondage	agglomérat carbonaté	Poz-87188	1690 ± 30 BP	250AD - 416AD	programme CUPRUM
Dikhaina	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. 14 : 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 Tigirt) et du Tiris-Zemmour.

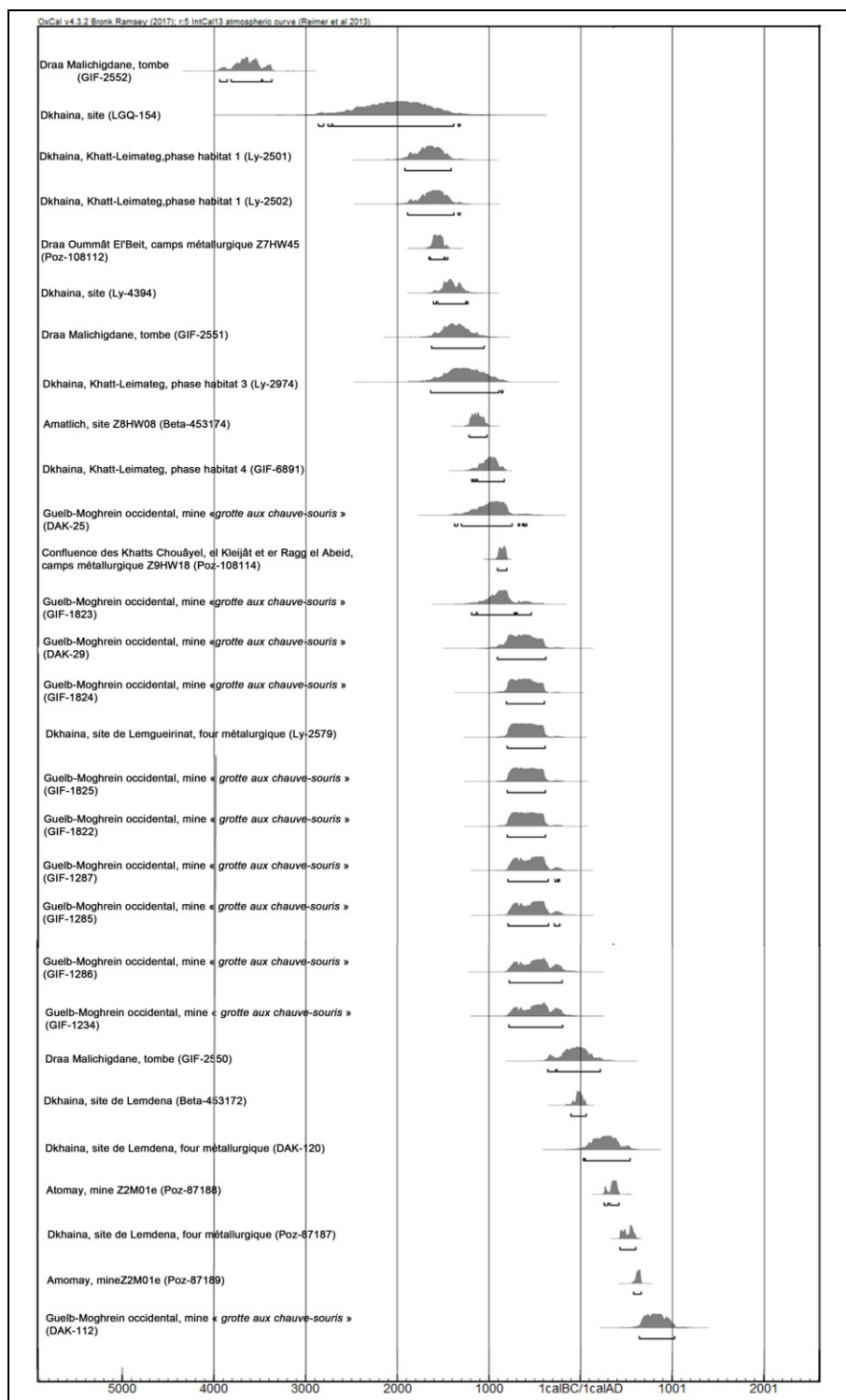


Fig. 15 : analyse bayésienne des dates radiocarbone des sites de la région de l'Inchiri (secteurs d'Akjoujt et Tigirit) et du Tiris-Zemmour. synthèse des dates publiées et dates obtenues dans le cadre du programme CUPRUM

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 de 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 du 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 un site (Z9cps18) 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 sites Z8cps22 et 23, les objets en fer dans la zone 9 et les marques d'extraction dans au niveau des mines Z1m12A et Z7m03.

Conclusion et perspectives

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. Le renouvellement du projet franco-mauritanien CUPRUM permettra d'apporter des éléments de réponse.

Liste des publications programmées

Ce présent bilan du premier quadriennal s'appuie sur un article de synthèse qui sera soumis à une publication en ligne d'une revue non encore ciblée. Cet article constituera le socle de plusieurs articles qui suivront. Le plan de publication est le suivant :

A. Courcier , Essaid E., Ould Bagga M.A., Celauro A. and Maass A.,
Novembre 2019 « 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 », *les annales de l'IMRS* (voir article joint au dossier)

A. Courcier and Essaid E.,
Décembre 2019 « Il y a 4000 ans, les premiers mineurs et métallurgistes dans la région d'Akjoujt. Les résultats du projet franco-mauritanien CUPRUM soutenu par la compagnie MCM », *MCM news*.

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

Sera soumis avant la fin d'année 2019, « La métallurgie du cuivre dans la région de l'Inchiri (Mauritanie). Les premiers résultats du projet franco-mauritanien CUPRUM », publication en ligne dans une revue non encore ciblée.

Courcier A., S. Keech McIntosh and Th. Fenn
Février 2020, "The copper metallurgy in Mauritania: new results in the light of recent archaeometallurgical studies", *Journal of African Archaeology*.

Courcier A. and Th. Fenn
Février 2020, "Early copper metallurgy in Saharo-Sahelian area. Archaeometallurgical studies on artefact found recently in Mauritania", *Archaeometry*.

Courcier A., A. Celauro and Maass
Avril 2020, "Prehistoric mines in Inchiri region (Mauritania). New data, questions and perspectives" *Journal of African Archaeology*

Courcier A., E. Dadi Essaid, M. Bechiry, N. Salihy, A. Celauro, Th. Feen, S. Keech McIntosh, A. Maass, M.A. Ould Bagga, M. Abd Dayem, T. Bellah Hamoud, A. Malek and S.-M. Salem, **Avril-May 2020**, “La métallurgie au cours de l’Holocène Récent (3^e-1^{er} millénaires av. n.è.) en Mauritanie. Place et importance du foyer métallurgique dans la région d’Akjoujt par rapport à l’aire Saharo-Sahélienne, *Les cahiers de l’IMRFP*,

Courcier A., E. Dadi Essaid, M. Bechiry, N. Salihy, A. Celauro, Th. Feen, S. Keech McIntosh, A. Maass, **Juin 2020**, Développements et évolution des procédés métallurgiques au regard des récentes recherches dans les sites de El-Jemel-Lebyad, Mewkie Enahr, Moukhayam El Bouhayra et Lemdena (région de l’Inchiri, Mauritanie), revue à définir.

Projet Franco-Mauritanien
« *CUivre : PRoduction et Usages à l'Holocène en Mauritanie* »
CUPRUM

synthèse de la demande de renouvellement
du programme quadriennal
2020-2023

CUPRUM
- *Dynamiques* -

Antoine Courcier

Cette note de synthèse reprend les points saillants qui sont détaillées précisément dans le document relatif à la demande de renouvellement du programme CUPRUM.

1.) Problématique

Le premier quadriennal a mis en évidence un important foyer métallurgique dans la région d'Akjoujt. Il nous apparaît essentiel de comprendre les forces qui s'enracinent dans le Néolithique et qui ont conduit au développement d'une nouvelle technologie, la métallurgie du cuivre, qui semble influencer fortement l'occupation anthropique. L'apparition même de la métallurgie va également induire de nouvelles forces qui semblent avoir modifier les modes de vie, les relations et les contacts inter-culturels sur l'ensemble de l'aire saharo-sahélienne.

Les forces qui ont initié et alimenté le développement de la métallurgie ont probablement plusieurs origines qui se corréllent.

C'est au départ, des forces qui stimulent des mécanismes de raisonnement conduisant à une idée, celle de transformer un matériau naturel en une nouvelle matière aux propriétés inexistantes à l'état naturel. Sérendipité, empirisme, expérimentation sont autant de vecteurs possible.

Les forces naturelles interagissent également. Le climat et l'environnement dans lesquels évolue l'homme à l'Holocène récent vont influencer sur l'apparition et le développement de la métallurgie. L'accès aux ressources naturelles et le potentiel métallifère pour produire du métal vont conditionner les chaînes opératoires et l'occupation anthropique à l'échelle d'un site, d'une zone ou d'une région. La raréfaction de matière(s) première(s) essentielle(s) à la métallurgie sera la cause également de changement.

Le développement de la métallurgie va générer des forces destinées à l'accès ressources plus lointaines. Le métal est probablement un vecteur important qui oriente les contacts et les échanges entre les groupes culturels. Sous l'impulsion d'une valorisation du métal, des axes de circulation ont probablement émergé dès le Néolithique. Les transferts de connaissances et de techniques sont également induits par la métallurgie. Enfin le métal est lui même force, au travers des outils et armes, qui vont modifier les activités et les relations anthropiques au cours du Néolithique récent.

Ces réflexions conduisent à poser la problématique suivante : « *CUivre : PProduction et Usages à l'Holocène en Mauritanie. Les dynamiques liées à la métallurgie du cuivre.* »

2.) les zones de recherche

Ce programme s'appuiera sur une articulation Maroc/Mauritanie/ Sénégal, dont le pivot de la recherche reste centré sur la Mauritanie. Ainsi, le programme vise à mener principalement des recherches de terrain en Mauritanie, dans la région de l'Inchiri. Afin de mettre en perspective nos résultats et d'éprouver nos hypothèses concernant le développement de la métallurgie dans l'aire Saharo-Sahélienne, des courtes missions de terrains seront également menées au Maroc et au Sénégal (Fig. 16).

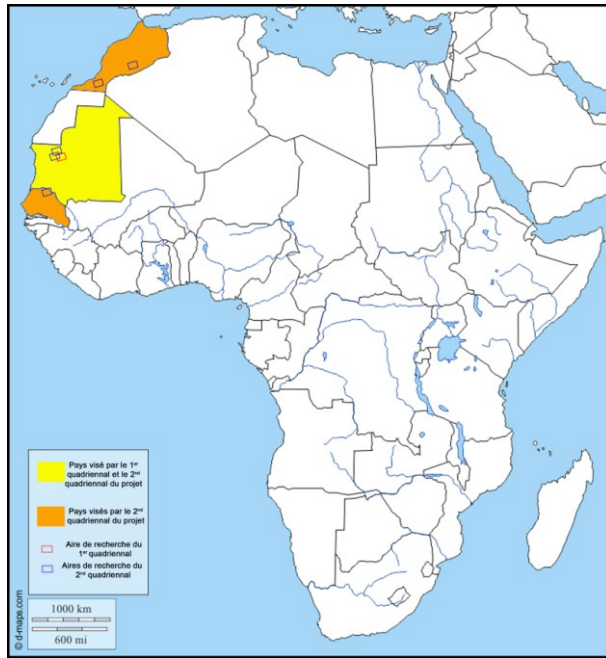


Fig. 16 : Carte de l’Afrique précisant les pays visités et les aires de recherches par les phases 1 (2016-2019) et 2 (2020-2023) du programme CUPRUM

Les questions liées à la sécurité des ressortissants français sont très évolutives en Mauritanie, au Maroc et au Sénégal et les consignes aux voyageurs émises par les services du Ministère des Affaires Étrangères et de l’Ambassade de France seront scrupuleusement respectées.

2.1) L’aire et les zones de recherche en Mauritanie

L’évolution des politiques d’exploitation des compagnies minière, nos partenaires financiers principaux, nous amène à adapter nos aires de recherches. En Mauritanie, les recherches de terrain se dérouleront dans la région de l’Inchiri (Figs 18 & 19). Nous ciblons précisément trois secteurs : 1- autour d’Akjoujt, à proximité de la concession minière d’Algold et aux alentours de celle de la compagnie minière de Kinross-Tasiast.

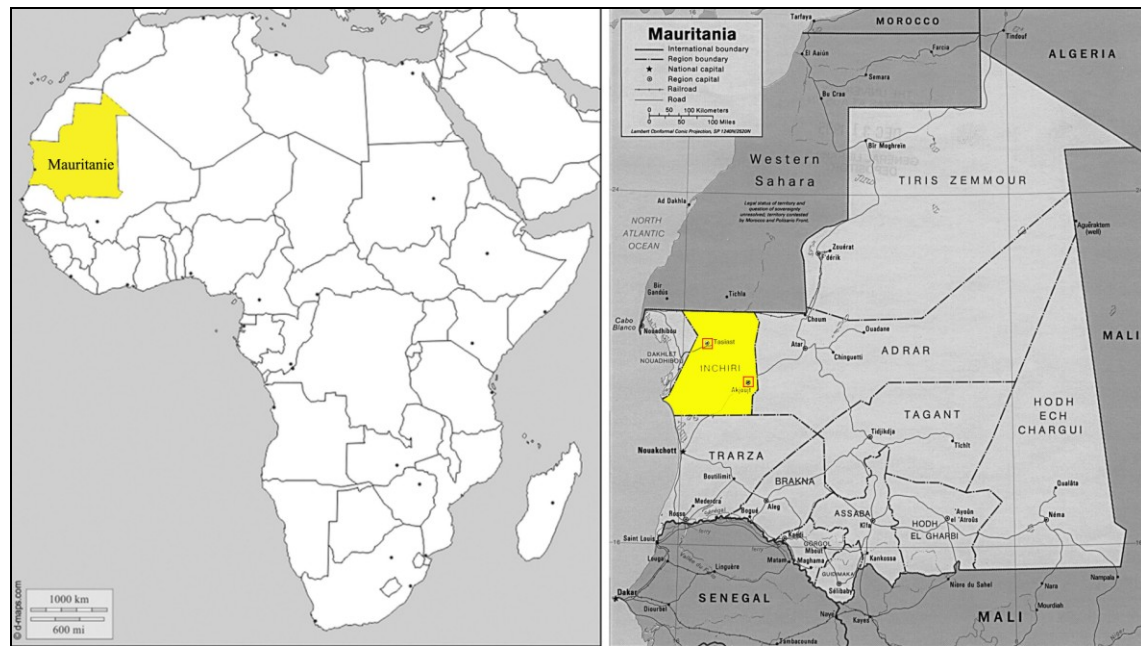


Fig. 17 : Cartes localisant la Mauritanie en Afrique et la région de l’Inchiri en Mauritanie

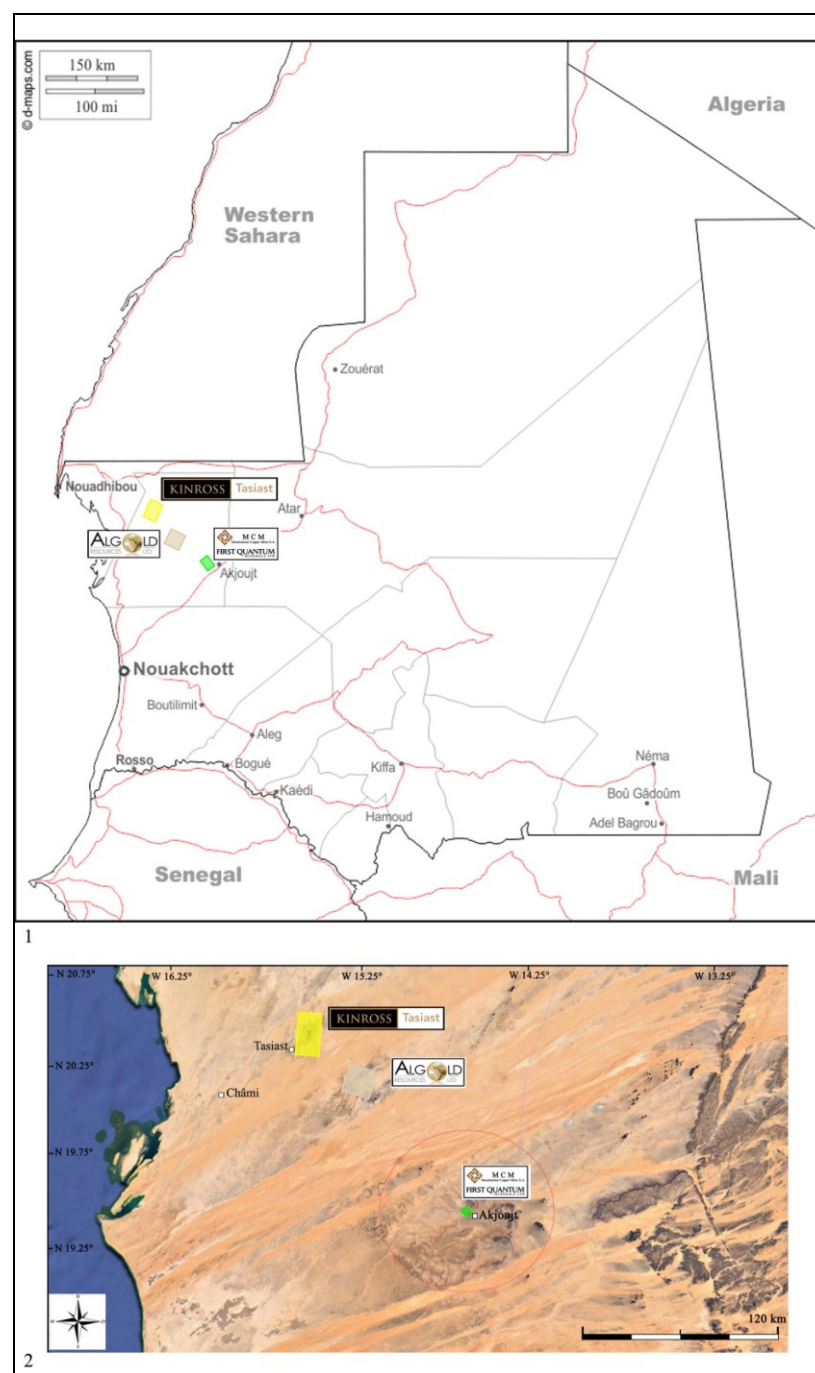


Fig. 18 : cartes précisant la localisation des concessions minières exploitées par les compagnies MCM, Algold et Kinross-Tasiast en Mauritanie. 1 : Localisation à l’échelle de la Mauritanie, 2 : localisation à l’échelle de la région de l’Inchiri.

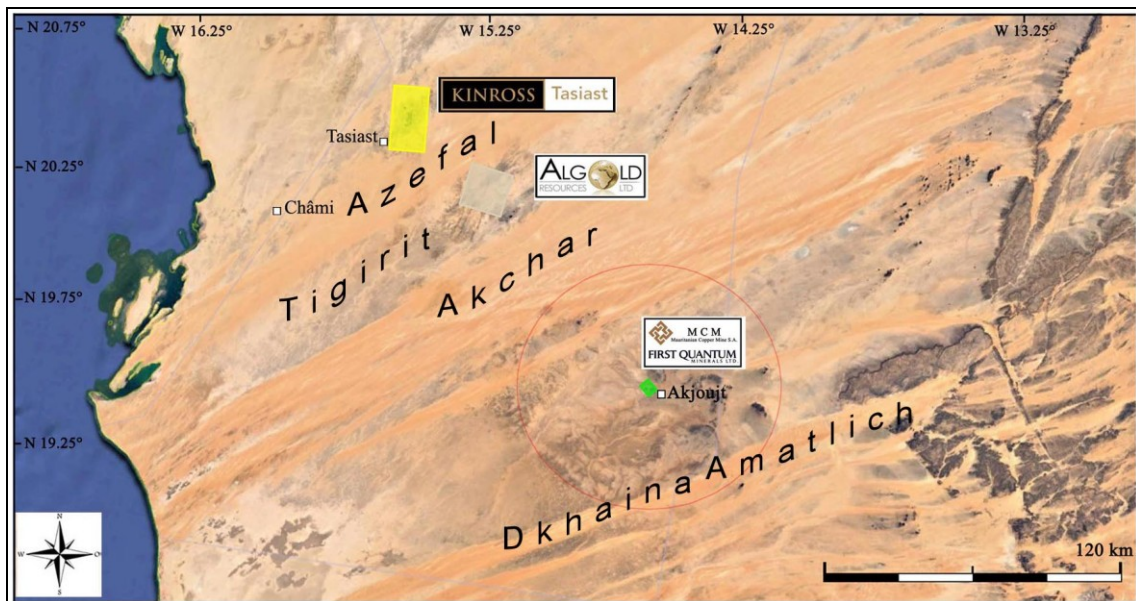


Fig. 19 : Carte du nord-ouest de la région de l’Inchiri précisant la localisation des trois compagnies minières et des grands ensembles topographiques.

- zone d’Akjoujt

Dans le rayon initial du premier quadriennal, 80 km autour de la ville d’Akjoujt, cinq secteurs sont ciblés pour la réalisation des opérations projetées

Des fouilles seront menées sur le site métallurgique de *Mewkie Enahr* (Z7-HW-101), au nord d’Akjoujt dans le cordon dunaire du Draa Oummât el Beit (Fig. 20, n°a). Des fouilles seront également menées au niveau de la mine Z6M5c située au Sud D’Akjoujt dans le massif de Leigletat El Khader (Fig. 20, n°c).

Des études spécifiques, géomorphologiques et paléoenvironnementales, seront réalisées le long des cordons dunaires de l’Akchar (incluant le Draa Oummât el Beit), la Dkhaina et l’Amatlich (Fig. 20, n°b et d)

Enfin, il est prévu d’établir un musée archéologique à Akjoujt. Nos travaux de terrain se dérouleront donc également dans cette ville.

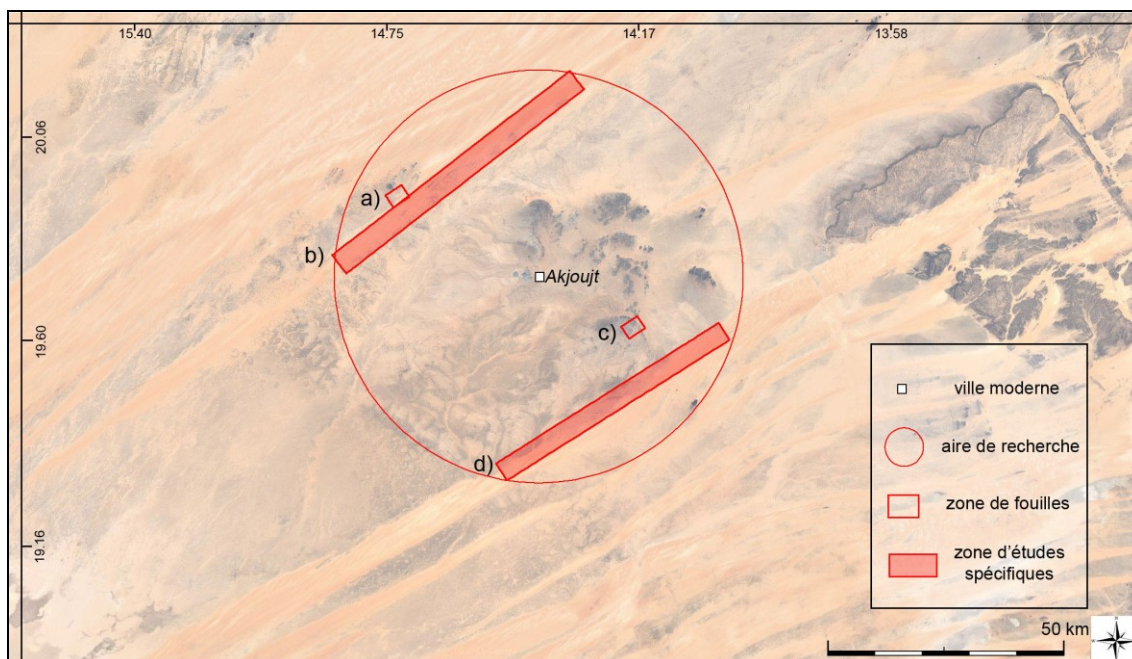


Fig. 20 : carte de détail de la zone d'Akjoujt. Dans le rayon initial des recherches du précédent quadriennal (80 km autour d'Akjoujt), des fouilles seront menées sur le site de *Mewkie Enahr* (Z7-HW-101) et au niveau de la mine Z6M5c et des études spécifiques (géomorphologie et paléoenvironnement) seront pratiquées le long des cordons dunaires de l'Akchar, Dkhaina et Amatlich.

- zone du Tigririt

Cette région a été peu étudiée. Mohamadou Bathily est l'un des seuls à avoir mené des prospections à la fin des années 1980 (Bathily 1992). Ses travaux signalent notamment des indices métallurgiques dans le Tigririt.

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. 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^{xxxv} (Bathily 1992).

Dans la région du Tijirit, au Sud du khatt El 'Ogol, près de Lemhaïder, une perle et un bracelet en fer furent mis au jour dans une tombe datant du Néolithique^{xxxvi} (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 dans cette région de l'Inchiri.

Les zones présentant des indices métallurgiques signalés par ces travaux archéologiques, sont aujourd'hui aux abords immédiats de la concession minière d'Algold (Fig. 21). Il nous apparaît nécessaire de mener des recherches dans ce secteur au regard de l'absence d'études archéométallurgiques portant sur ces indices métallurgiques et la menace d'une destruction par des travaux miniers.

Nous focaliserons nos recherches sur deux zones (Z.1 et Z.2) où furent découverts la majorité des indices archéologiques (Fig. 21).

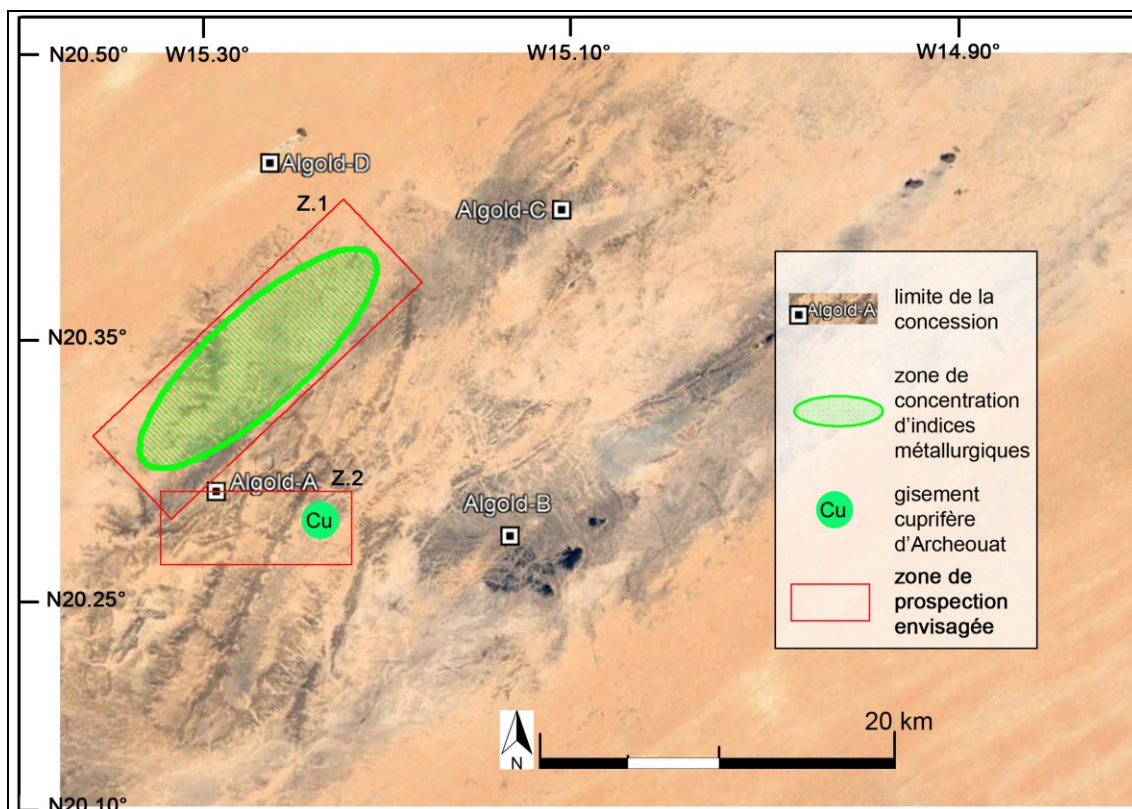


Fig. 21 : Carte précisant les limites de la concession minière d'Algold et la localisation des zones présentant un potentiel archéologique important au regard des travaux archéologiques menés il y a 40 ans.

- zone de l'Azefal

Cette région n'a jamais fait l'objet de recherches archéologiques, à l'exception des travaux de M. Bathily et des missions de l'IMRFP dans le cadre d'étude d'impact environnemental et culturel autour des limites de la concession minière de la compagnie Kinross-Tasiast. C'est au cours de la dernière mission, en avril 2019, que des indices métallurgiques ont été signalés par Sidi-Mohamed Salem. Deux sites présentent des indices métallurgiques : fragments de minerais de cuivre, parois de fours métallurgiques et des scories (Figs 22 et 23). A 2 km à l'Ouest de ces sites récemment découverts, M. Bathily signale la présence de plusieurs fours qu'il associe à des activités métallurgiques (Bathily 1992).

L'ensemble de ces indices archéologiques n'a jamais l'objet de recherche archéométallurgique. Nous prévoyons deux zones d'études qui sont ciblées sur les aires présentant un potentiel archéologique important (Fig. 22).

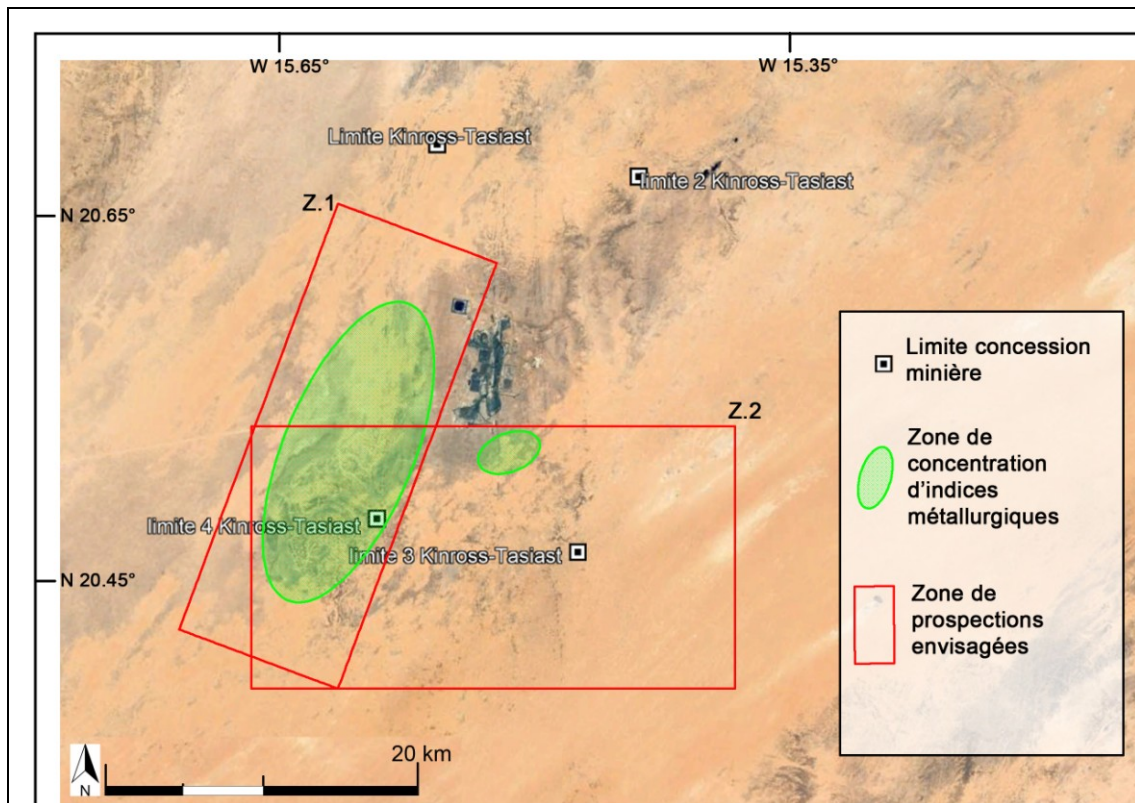


Fig. 22 : carte précisant les limites de la concession minière de Kinross-Tasiast et les zones où furent retrouvés des indices de métallurgie préhistoriques. Au milieu de la zone 1, Bathily signale plusieurs fours métallurgiques le long du khatt El 'Ogol. Au nord de la zone 2, deux sites (site 1 : 20.514642°, -15.496940 ; site 2 : 20.520915°, -15.496040°) ont récemment été découverts lors d'une mission de l'IMRFP. Ce deux sites présentent des indices métallurgiques (minerais, scories, parois de four métallurgiques)



Fig. 23 : site métallurgique dans la région de Tasiast : a) site 1 (20.514642°, -15.496940), b) site 2 (20.520915°, -15.496040), c) scorie découverte sur le site 1, d) fragment de minerais de cuivre provenant du site 2, e) fragment de paroi de four métallurgique provenant du site 1. © IMRFP

2.4.b) L'aire de recherche au Maroc

Sous réserve d'accord de l'ENSAP et des compagnies minières exploitant les gisements métallifères, deux zones de prospections sont envisagées dans la chaîne de l'Anti-Atlas (Fig. 24).

La première, située dans l'aire présaharienne, est comprise entre les gisements de Ouassimi et Akka (Fig. 24, n°3). Cette zone est au Nord de celle d'un projet de recherche dirigé par S. Nixon et Y. Bokbot et axé sur la fouille de la ville médiévale de Tamdoud.

La seconde zone est comprise entre Akka et Tizi-Moudou (Fig. 24, n°4). Cette zone est au Nord de l'aire de recherche du projet "Middle Draa Project" dirigé par D.J. Mattingly et Y. Bokbot (Mattingly et al., 2017).

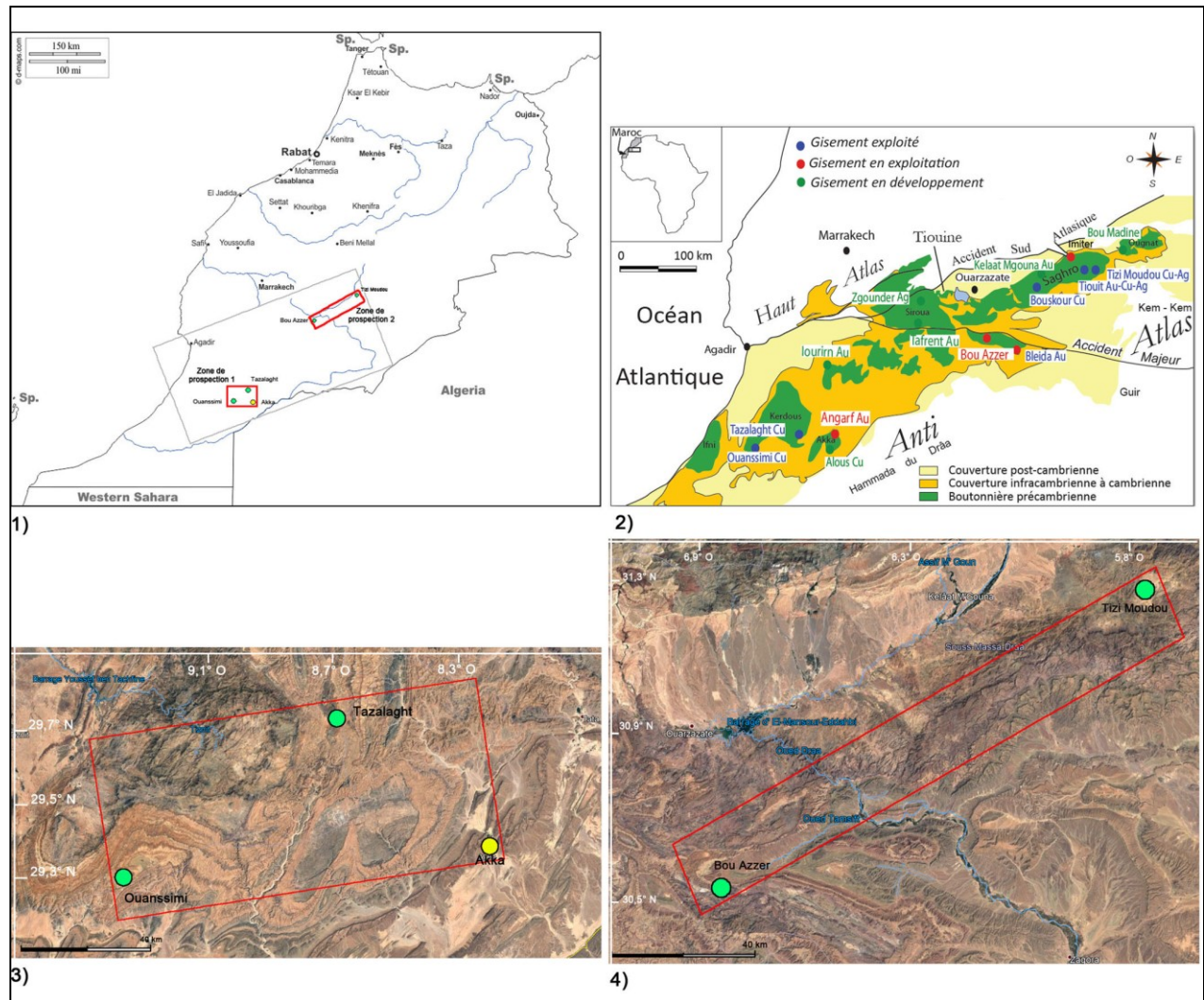


Fig. 24 : Cartes de localisation des secteurs de recherches chaîne de l'Anti-Atlas, au Maroc. Carte 1 : localisation des zones 1 et 2 de prospection ; carte 2 : carte géologique simplifiée de la chaîne de l'Anti-Atlas avec la localisation des principaux gisements métallifères (Levresse *et al.*, 2018) ; carte 3 : zone de prospection 1 ; carte 4 : zone de prospection 2.

2.4.c) L'aire de recherche au Sénégal

Des recherches sont prévues au Nord du Sénégal, dans la vallée moyenne du fleuve, dans la région de Matam, à proximité de la ville d'Ourrossogui, aux alentours du village d'Hombo (Ombo) (Fig. 25). Les fouilles récentes par un chercheur de l'IFAN au niveau d'un site ont permis de révéler des objets en métal non ferreux. D'un point de vue typologique, ils se rapprochent de ceux connus en Mauritanie.

Il s'agira de repérer les sites et de caractériser les activités métallurgiques. Des sondages sont également envisagé au niveau de structures présentant un potentiel important.

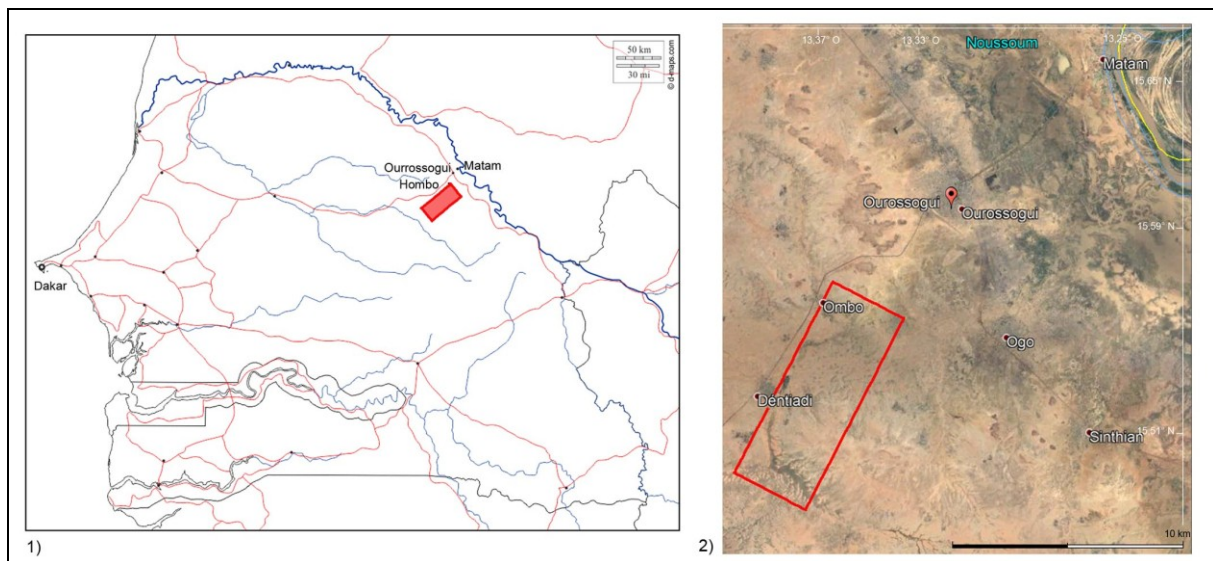


Fig. 25 : Cartes du Sénégal précisant la localisation de la zone de recherche près du village d'Hombo (Ombo)

3.) Les objectifs visés

Les objectifs visés s'articulent autour de trois axes : 1- formation, 2- caractéristiques de la métallurgie du cuivre et 3- valorisation et diffusion des résultats. Chacun de ces axes comprend plusieurs sous objectifs comme suit :

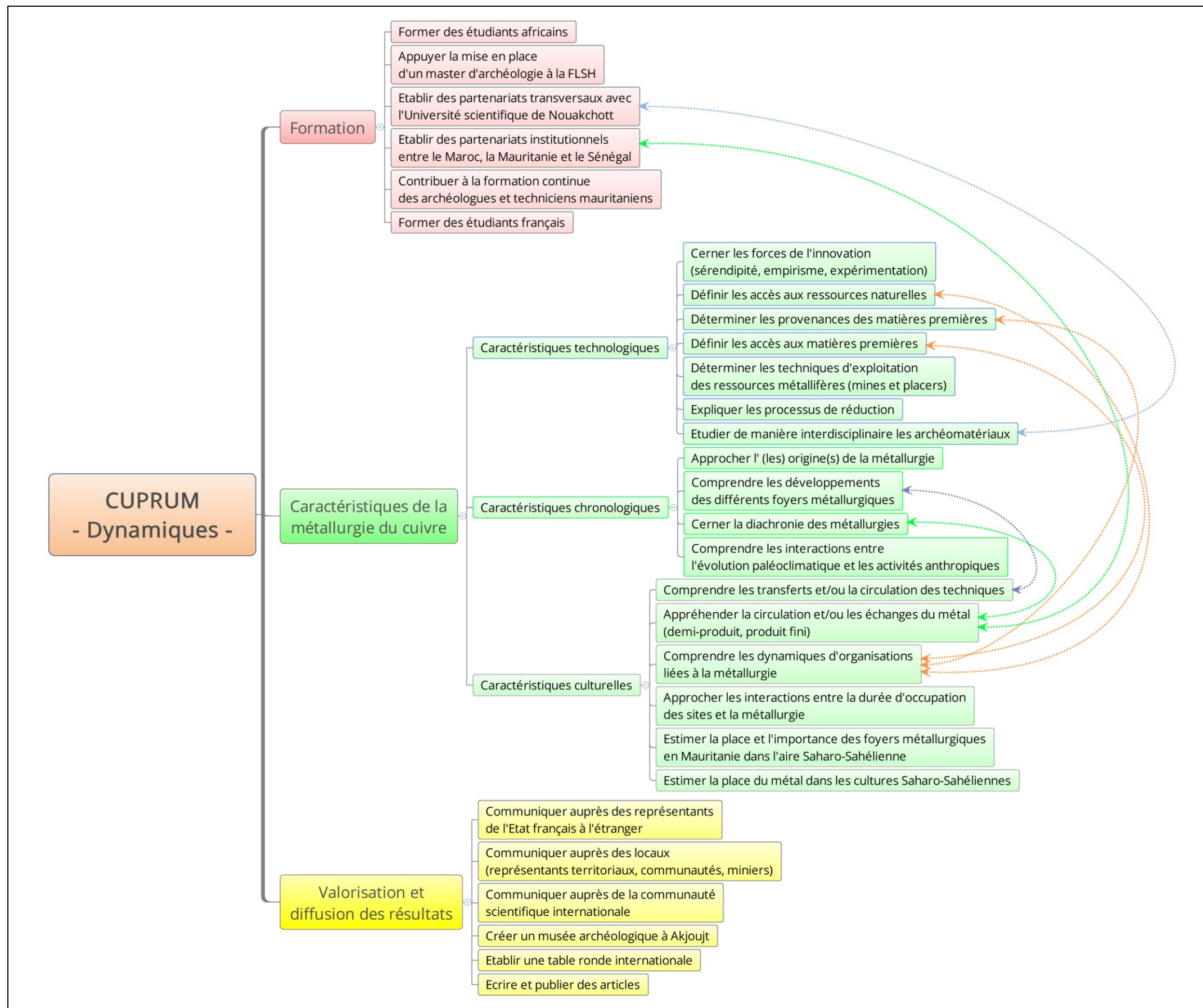


Fig. 26 : carte mentale représentant les objectifs et sous objectifs visés par le projet *CUPRUM - dynamiques* (2020-2023). Les corrélations entre es sous objectifs sont représentées par des doubles flèches

4.) Démarche de recherche

La démarche est interdisciplinaire (Figs. 27 à 29). Elle corrèle plusieurs disciplines et combine par interaction des recherches de terrain avec des études en laboratoire.

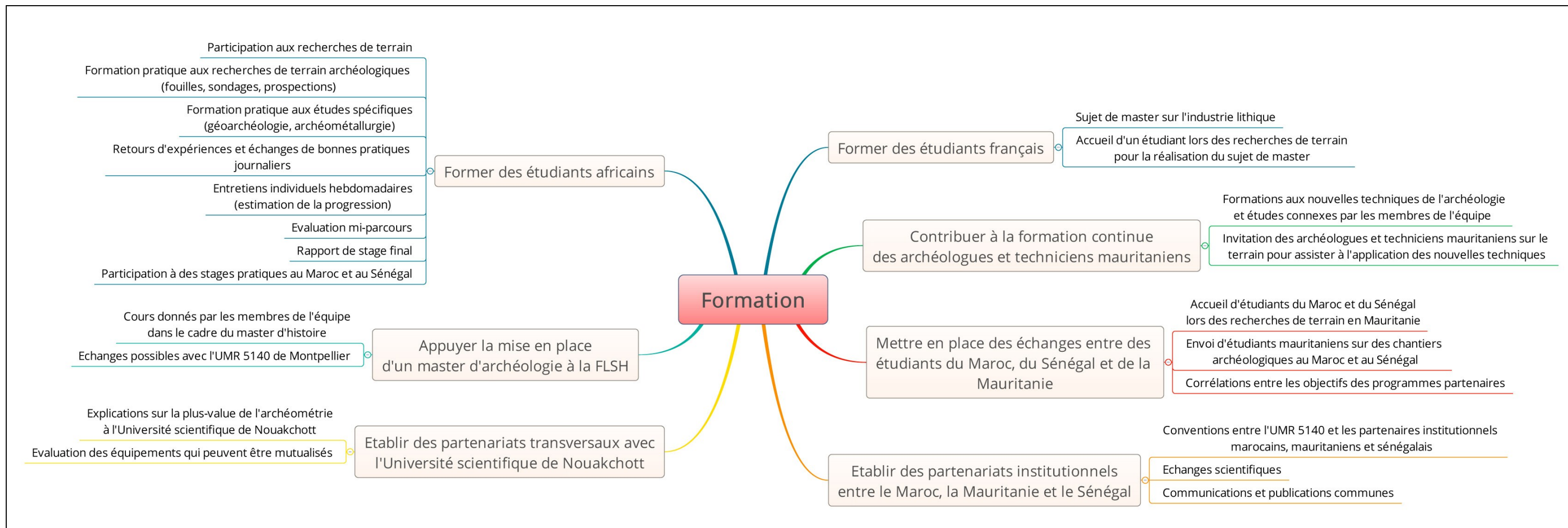


Fig. 27 : carte mentale représentant la démarches et moyens mis en œuvre pour atteindre l'objectif « formation » et ses sous-objectifs.

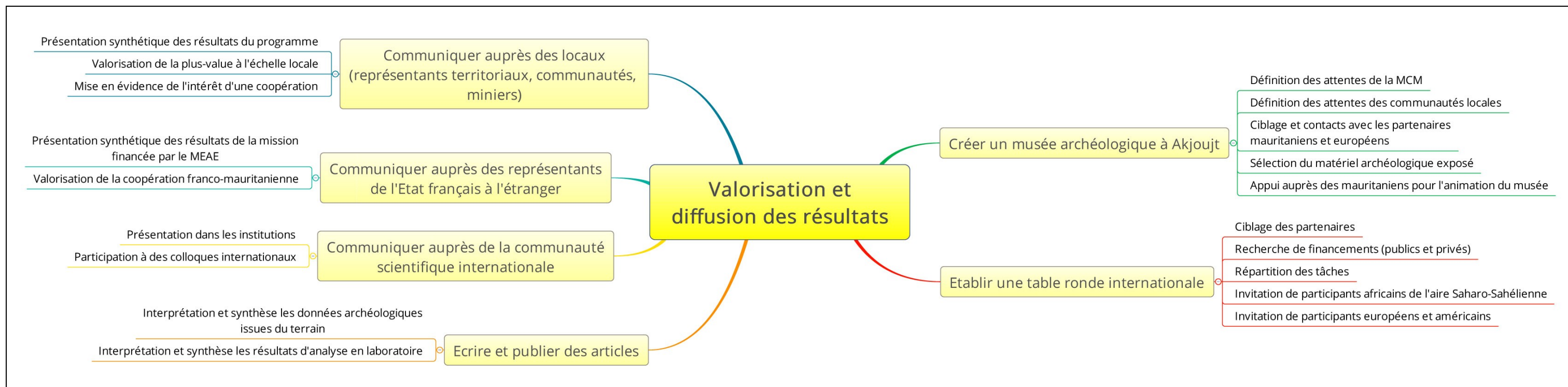


Fig. 28 : carte mentale représentant la démarches et moyens mis en œuvre pour atteindre l'objectif « valorisation et diffusion des résultats » et ses sous-objectifs.

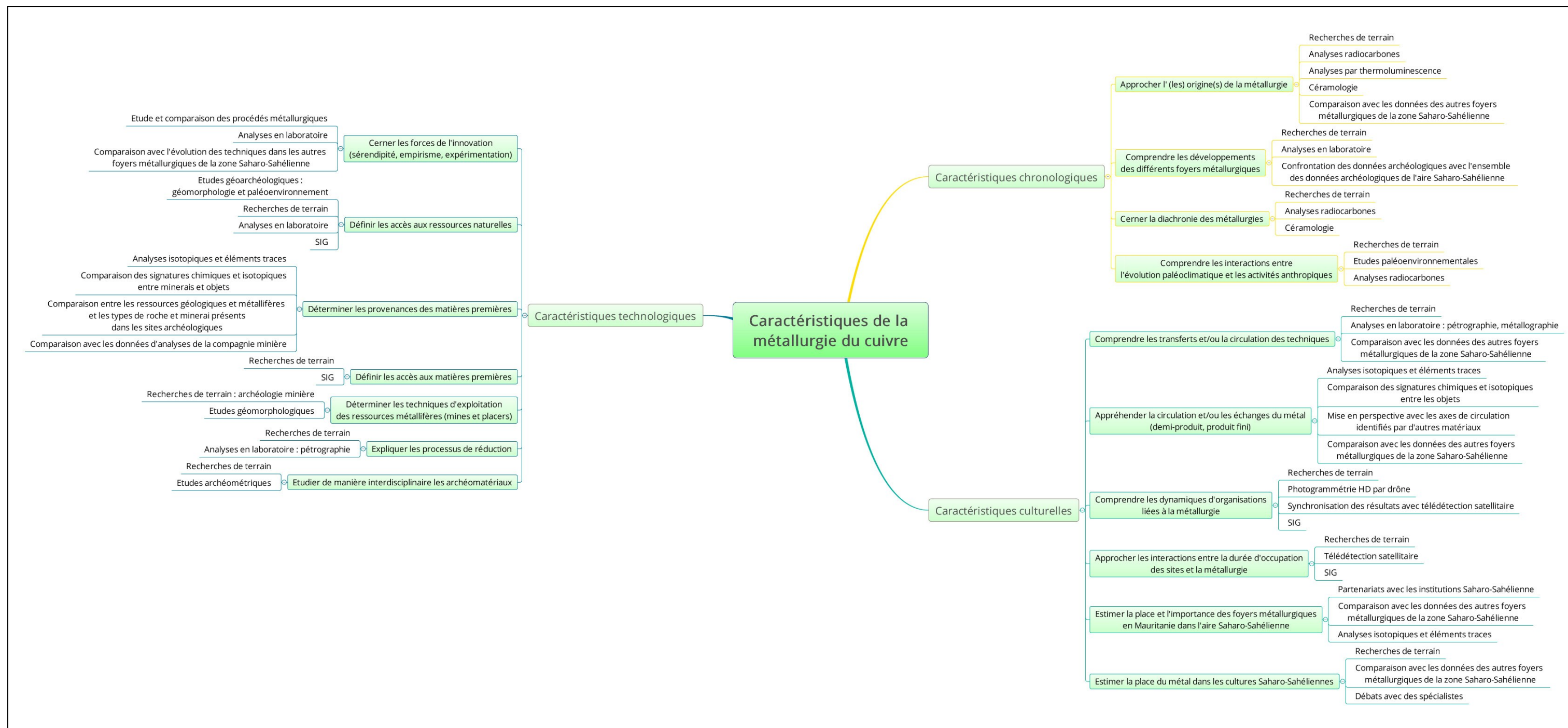


Fig. 29 : carte mentale représentant la démarches et moyens mis en œuvre pour atteindre l'objectif « caractéristiques de la métallurgie du cuivre » et ses sous-objectifs.

5) Organisation annuelle des opérations projetées

Nous proposons le déroulé quadriennal des actions et recherches envisagées et destinées à répondre aux objectifs du programme. Suivant la démarche de recherche, cette organisation sera réajustée annuellement au regard des avancées, résultats et freins rencontrés lors de l'année précédente.

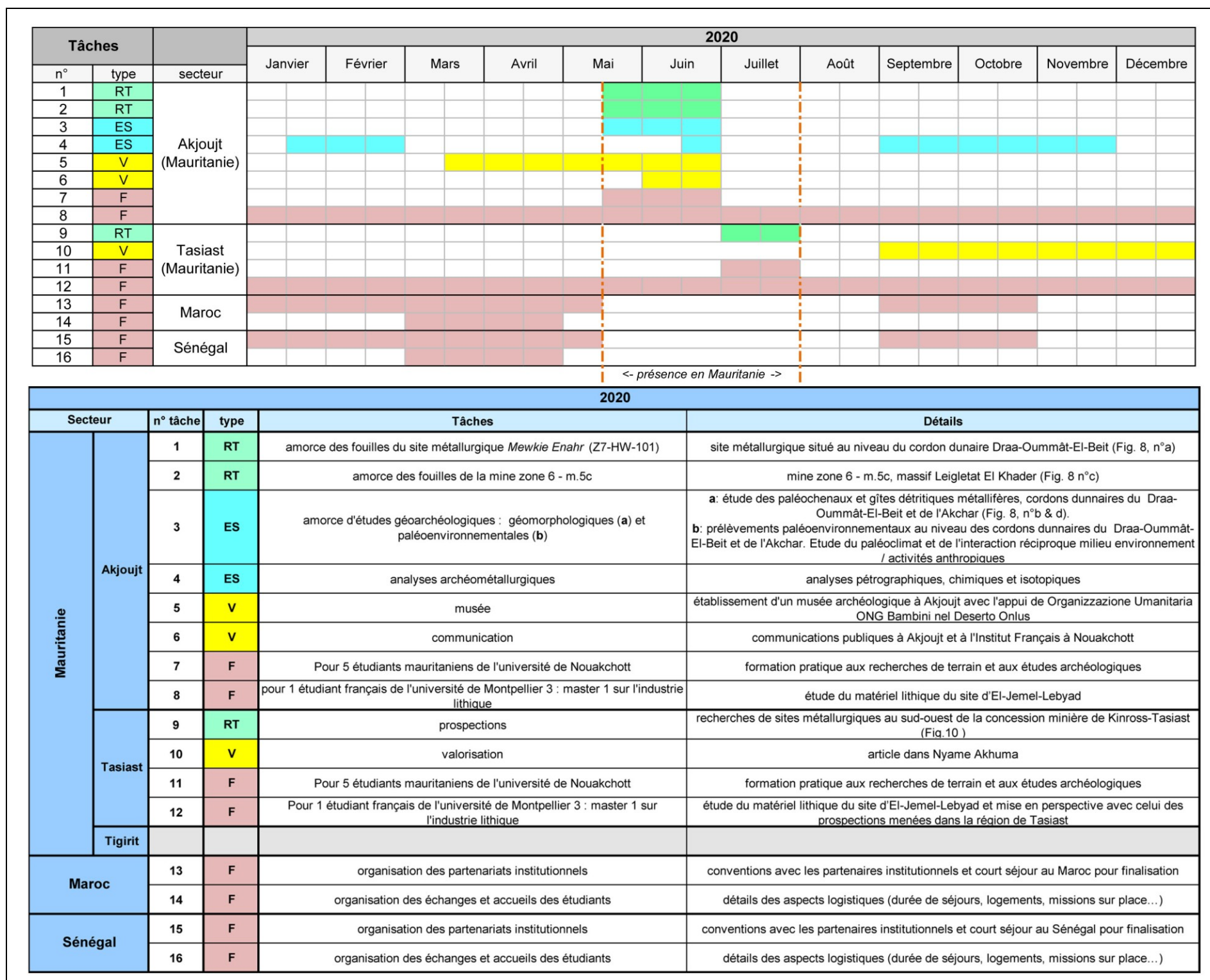


Fig. 30 : rétroplanning par diagramme de Gant de l'organisation des tâches prévues en 2020.

- *Recherches de terrain*

Les recherches de terrain se dérouleront en Mauritanie dans les secteurs d'Akjoujt et de l'Azefal. Dans le premier secteur, nous amorcerons les fouilles du site métallurgique *Mewkie Enahr* (Z7-HW-101) et de la mine Z6M5c (tâches 1 et 2, Fig. 30).

Au niveau de l'Azefal, nous mènerons des recherches par prospection afin d'identifier, décrire et étudier les sites métallurgiques dans les zones 1 et 2 à proximité des limites de la concession minière de Kinross-Tasiast (tâche n°9, Fig. 30).

- *Etudes spécifiques*

Ces recherches de terrain seront complétées par des études spécifiques : géoarchéologiques et archéométallurgiques (tâches 3 et 4, Fig. 30). Les premières consisteront à des recherches géomorphologiques et paléoenvironnementales au niveau des cordons dunaires de l'Akchar et du Draa Oummât el Beit (secteur d'Akjoujt). Ces deux études étant complémentaires, elles se dérouleront de façon parallèle.

Il s'agit, d'une part, d'étudier les paléochenaux et identifier les gîtes détritiques, et d'autre part, de mener des prélèvements dans ces zones paléo-humides afin de déterminer le paléoenvironnement et les interactions réciproques avec les activités anthropiques. Les études archéométallurgiques (tâche 4) seront réalisées sur le terrain, par le biais d'observations macroscopiques et d'analyses XRF portable qualitative semi-quantitative, et en laboratoire, à l'Université de Montpellier 3 et à l'Université d'Oklahoma, afin de réaliser des analyses pétrographiques, ICP-MS et isotopiques.

- *Formation d'étudiants*

L'ensemble de ces recherches de terrain et études spécifiques constituera une formation pratique pour cinq étudiants mauritaniens (tâche 11). Cette formation s'appuiera sur notre expérience acquise au cours du précédent quadriennal ([voir ci-dessus](#))

Cette première année sera consacrée également à établir les jalons de l'organisation des échanges et accueil d'étudiants du Maroc et du Sénégal. Avec les institutions marocaines et sénégalaises, nous constituerons ensemble les conventions de partenariat scientifique et culturel (tâches 13 à 16).

Nous proposerons à l'étudiant de l'Université de Montpellier 3, en première année de master d'archéologie, un sujet de recherche portant sur l'étude du matériel lithique (tâches 8 et 12). Ce sujet, intitulé « *L'industrie lithique du site El-Jemel-Lebyad daté du 2^e millénaire avant notre ère en Mauritanie : inventaire du matériel et estimation des premières caractéristiques en matériaux et technologies* » portera sur l'étude du matériel découvert sur le site d'*El-Jemel-Lebyad* fouillé en 2018. Au cours de cette première nous veillerons avec le professeur référent que l'étudiant établisse sa démarche et ses outils de recherche. Nous l'accueillerons lors des recherches de terrain afin qu'il puisse constituer son corpus et le mettre en perspective avec le matériel archéologique *in situ* et conservé à l'IMRFP.

- *Valorisation*

Nous viserons à répondre aux objectifs de valorisation. Nous présenterons ce nouveau quadriennal ainsi que les résultats préliminaires de nos travaux de cette première campagne dans un article qui sera publié dans la revue *Nyame Akhuma* (tâche 10).

Au cours des recherches de terrain, nous organiserons une réunion publique avec les représentants territoriaux, la communauté locale et les miniers afin de leur exposer les objectifs du quadriennal, les premiers résultats et la plus-value apportée par ce projet (tâche 6). Nous organiserons également une présentation sur ce même sujet à l'institut français de l'ambassade de France à Nouakchott. Afin de nous adapter à l'auditoire visé (représentants de l'Etat français à l'étranger et communauté scientifique mauritanienne), nous apporterons toutefois une légère inflexion, en insistant d'avantage sur les résultats scientifiques, perspectives et relations franco-mauritaniennes (tâche 6).

Avec l'appui de l'*Organizzazione Umanitaria ONG Bambini nel Deserto Onlus* et le

financement de la MCM, nous poserons les bases de l'établissement d'un musée archéologique à Akjoujt (tâche 5, Fig. 30). Fort de son [expérience à El Beyedh dans la région de l'Adrar en Mauritanie](#), Lucas Lotti, président de l'*Organizzazione Umanitaria ONG Bambini nel Deserto Onlus*, nous a proposé d'intervenir en appui à l'organisation muséographique et à la réalisation architecturale de ce musée. Ce lieu sera dédié à la présentation des découvertes archéologiques (passées et récentes) dans la région d'Akjoujt, sur le thème « *mineurs et métallurgistes à Akjoujt : de la Préhistoire à nos jours, 5000 ans d'histoire* », et mettra en valeur le rôle de la MCM pour la protection et valorisation du patrimoine archéologique et historique de la région. Ce musée comprendra également une présentation des traditions ethno-culturelles des populations de l'Inchiri. L'organisation et la réalisation de ce musée sont programmées pour quatre ans. Son inauguration clôturera ce quadriennal.

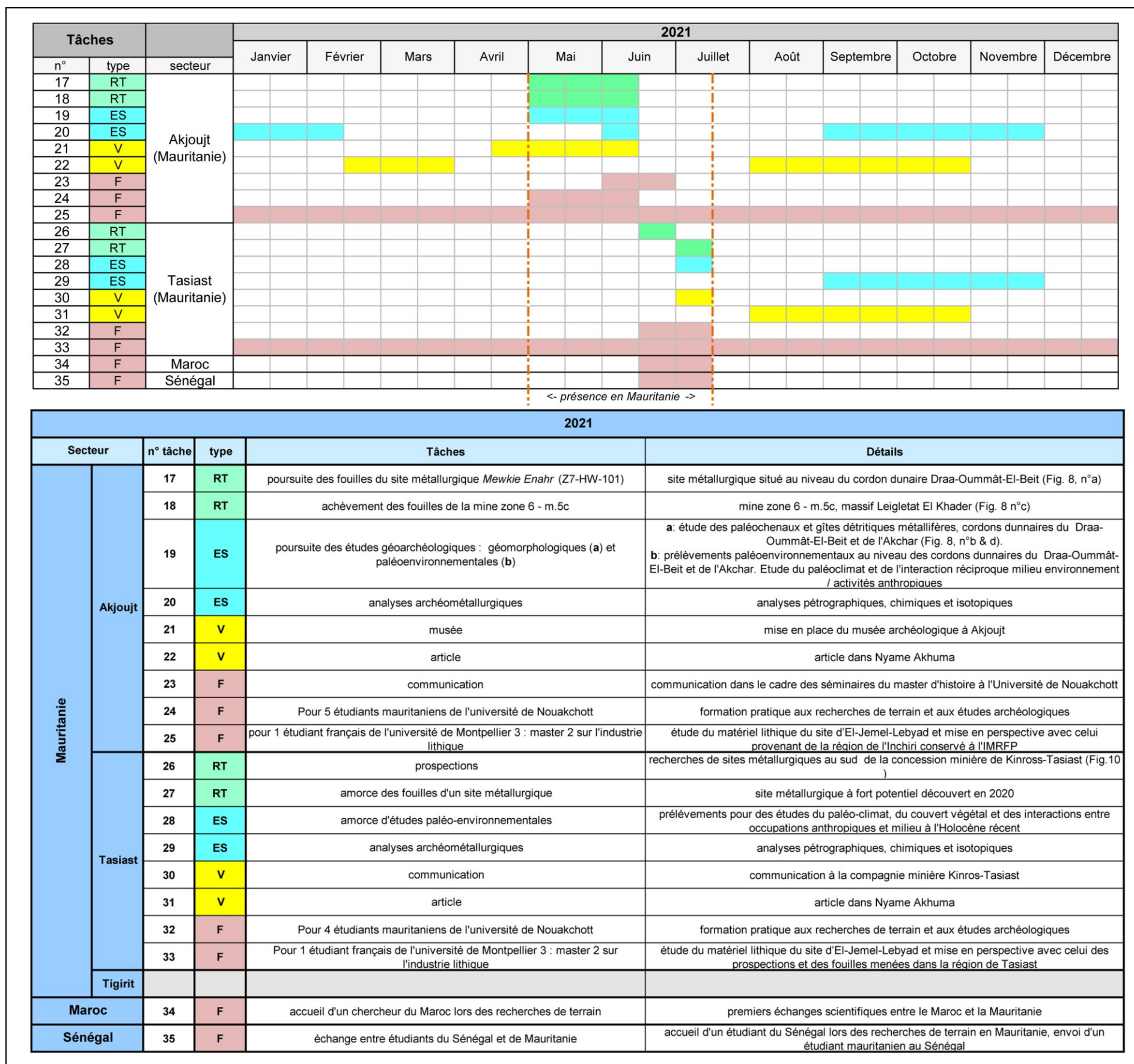


Fig. 31 : rétroplanning par diagramme de Gant de l'organisation des tâches prévues en 2021.

- *Recherches de terrain*

Les recherches se poursuivront dans les secteurs d'Akjoujt et de l'Azefal. Au niveau du premier, les fouilles du site métallurgique continueront et celles de la mine s'achèveront (tâches 17 et 18, Fig. 31). Au abords de la concession minière de Kinross-Tasiast, nous intensifierons progressivement les recherches de terrain. Parallèlement à la poursuite des prospections dans les zones 1 et 2 (Fig. 31), des fouilles seront amorcées au niveau d'un site métallurgique présentant un potentiel archéologique important qui aura été découvert en 2020 (tâche 27).

- *Etudes spécifiques*

Les études géoarchéologiques (paléoenvironnement et géomorphologiques) et archéométallurgiques se maintiendront (tâches 19 et 20). Dans le cadre de l'intensification des recherches au niveau de l'Azefal, nous les amorcerons également dans ce secteur. Il s'agira de mettre en perspectives les résultats issus de ce secteur avec ceux obtenu dans le secteur d'Akjoujt en 2020.

- *Formation d'étudiants Mauritaniens, accueil étudiant du Sénégal et accueil chercheur du Maroc*

Quatre étudiants mauritaniens seront formés sur le terrain. Un cinquième, le plus brillant, sera envoyé en formation au Sénégal conformément aux accords de partenariat avec les institutions de ce pays signés en 2020. Dans ce cadre, et par réciprocité, nous accueillerons un étudiant du Sénégal afin de le former au cours de nos recherches de terrain et étude spécifiques (tâches 35). Au cours de cette mission en Mauritanie, nous accueillerons également un chercheur du Maroc afin de mutualiser nos connaissances et mieux interpréter et comprendre les résultats du terrain (tâches 24 et 34).

Avec les membres de l'équipe, nous donnerons un cours à la FLSH dans le cadre du master d'histoire. Sur la base d'un cas pratique rencontré sur le terrain, nous exposerons la démarche choisie, les résultats obtenus et les perspectives (tâche 23)

L'étudiant français de l'Université Paul Valéry poursuivra ses recherches dans le cadre de sa seconde année de master d'archéologie. Il achèvera l'étude et la mise en perspective du matériel lithique du site d'*El-Jemel-Lebyad* (tâche 23 et 33, Fig. 31) . A l'issue de sa soutenance, avec le jury et les professeurs référents, nous évaluerons sa capacité à poursuivre en thèse.

- *Valorisation*

Nous ferons une présentation auprès du personnel et cadres de la compagnie Kinross-Tasiast afin de leur exposer les objectifs du programme et nos premiers résultats dans le secteur de l'Azefal (tâche 30).

Une second article sera soumis à la revue Nyame Akhuma. Il s'agira de présenter les résultats de la seconde campagne (tâche 31).

Avec le concours de l'*Organizzazione Umanitaria ONG Bambini nel Deserto Onlus* et le financement de la MCM, nous poursuivrons la réalisation et la mise en place d'un musée archéologique et ethno-culturel à Akjoujt (tâche 21).

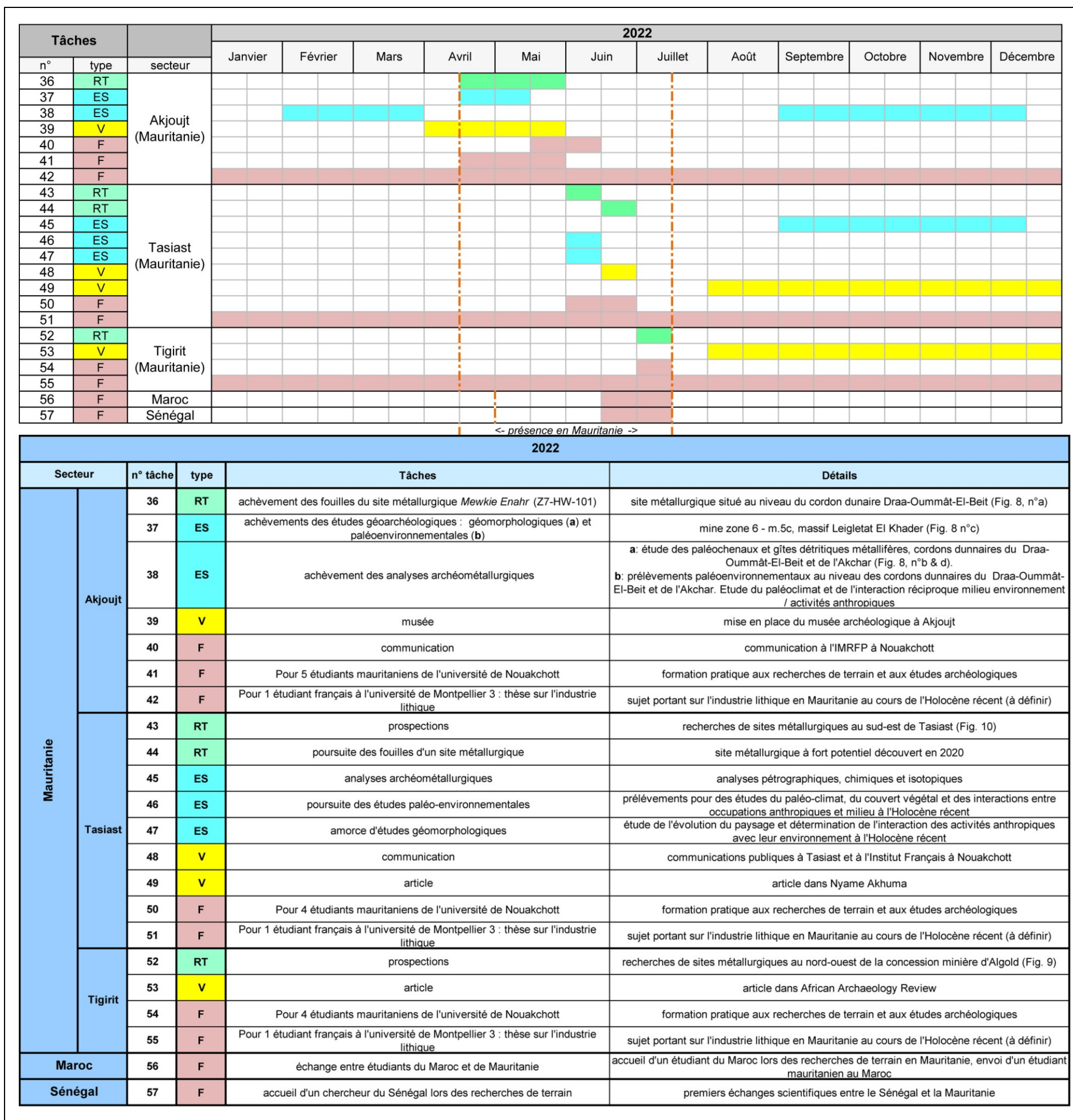


Fig. 32 : rétroplanning par diagramme de Gant de l'organisation des tâches prévues en 2022.

- *Recherches de terrain*

Conformément à l'évolution des partenaires financiers, les recherches de terrains verront un désengagement progressif dans le secteur d'Akjoujt, un renforcement dans celui de Azefal et une ouverture dans le secteur du Tigirit. Ainsi, nous achèverons la fouille du site métallurgique Mewkie Enahr (Z7-HW-101) dans le secteur d'Akjoujt (Fig. 32, tâche n°36). Nous poursuivrons les prospections et les fouilles d'un site métallurgique dans l'Azefal (tâches 43 et 44). Enfin nous amorcerons des prospections aux abords de la concession minière Algold, dans les zones 1 et 2 (Figs. 21 et 32, tâche 52)

- *Etudes spécifiques*

Nous achèverons les études géoarchéologiques et archéométallurgiques dans le secteur d'Akjoujt (tâches 37 et 38). Les études paléoenvironnementales et archéométallurgiques se poursuivront dans l'Azefal (tâches 45 et 46). Nous amorcerons également dans ce secteur des recherches géomorphologiques (tâche 47).

- *Formation d'étudiants Mauritaniens, accueil étudiant du Maroc et accueil chercheur du Sénégal*

Au travers de nos recherches de terrain et études spécifiques nous poursuivrons la formation de quatre étudiants mauritaniens (Fig. 32, tâche 54). Un cinquième sera envoyé au Maroc pour une formation pratique en archéologie conformément aux accords établis avec les institutions marocaines en 2020 (tâche 56). Egalement dans ce cadre, nous accueillerons pendant un mois sur le terrain de nos recherches un étudiant du Maroc afin de le former (tâche 56).

Nous accueillerons également sur le terrain un chercheur du Sénégal afin d'échanger nos bonnes pratiques, mutualiser nos connaissances et tenter de répondre ensemble à la problématique du programme (tâche n°57)

Avec les membres de l'équipe, nous animerons des présentations à l'IMRFP dans le cadre de la formation continue des archéologues et techniciens de cet institut d'archéologie mauritanien (tâche 40)

Sous réserve de l'obtention de son master et de ses capacités à poursuivre des recherches doctorales, le jeune chercheur de l'Université de Montpellier 3 se verra confié un sujet de thèse portant sur l'industrie lithique en Mauritanie au cours de l'Holocène (sujet précis à définir). Dans ce cadre, il effectuera ses recherches pratiques lors de cette troisième campagne (tâche 55)

- *Valorisation*

Nous veillerons à mener une présentation publique à Tasiast, en présence des représentants administratifs et des communautés locales, afin de leur présenter le programme CUPRUM et les possibilités de plus value locale en s'appuyant sur nos résultats à Akjoujt (Fig. 32, tâche 48).

Un article présentant l'ensemble des résultats des trois campagnes et les perspectives sera soumis à la revue *African Archaeological Review* (tâches 49 et 53).

Avec nos partenaires, nous poursuivrons et tâcherons d'achever la réalisation du musée archéologique et ethnographique à Akjoujt (tâche 39).



2023					
Secteur	n° tâche	type	Tâches	Détails	
Mauritanie	Akjoujt	58	V	musée	inauguration du musée archéologique à Akjoujt
		59	V	article ou ouvrage	article ou ouvrage de synthèse
		60	V	table ronde	Table ronde à Nouakchott "Contacts et échanges le long de l'axe Atlantique (Maroc, Mauritanie, Sénégal) de l'Holocène récent jusqu'à l'époque des royaumes courtiers (2e millénaire av.n.è. -17e siècle de n.è) : l'importance du métal"
		61	F	Pour 1 étudiant français à l'université de Montpellier 3 : thèse sur l'industrie lithique	sujet portant sur l'industrie lithique en Mauritanie au cours de l'Holocène récent (à définir)
	Tasiast	62	RT	achèvement des prospections	recherches de sites métallurgiques au nord de Tasiast (Fig. 10)
		63	RT	achèvement des fouilles d'un site métallurgique	site métallurgique à fort potentiel découvert en 2020
		64	ES	achèvement des études paléo-environnementales	prélèvements pour des études du paléo-climat, du couvert végétal et des interactions entre occupations anthropiques et milieu à l'Holocène récent
		65	ES	achèvement des études géomorphologiques	étude de l'évolution du paysage et détermination de l'interaction des activités anthropiques avec leur environnement à l'Holocène récent
		66	ES	analyses archéométallurgiques	analyses pétrographiques, chimiques et isotopiques
		67	V	article ou ouvrage	article de synthèse dans African Archaeology Review
		68	V	table ronde	Table ronde à Nouakchott "Contacts et échanges le long de l'axe Atlantique (Maroc, Mauritanie, Sénégal) de l'Holocène récent jusqu'à l'époque des royaumes courtiers (2e millénaire av.n.è. -17e siècle de n.è) : l'importance du métal"
	Tigirit	69	F	Pour 5 étudiants mauritaniens de l'université de Nouakchott	formation pratique aux recherches de terrain et aux études archéologiques
		70	F	Pour 1 étudiant français à l'université de Montpellier 3 : thèse sur l'industrie lithique	sujet portant sur l'industrie lithique en Mauritanie au cours de l'Holocène récent (à définir)
		71	RT	achèvement des prospections	recherches de sites métallurgiques au sud de la concession minière d'Algold (Fig. 9)
		72	RT	sondage(s) d'un site métallurgique	site métallurgique à fort potentiel découvert en 2022
		73	ES	sondages à des fins d'études paléo-environnementales	prélèvements pour des études du paléo-climat, du couvert végétal et des interactions entre occupations anthropiques et milieu à l'Holocène récent
		74	ES	analyses archéométallurgiques	analyses pétrographiques, chimiques et isotopiques
		75	V	article ou ouvrage	article ou ouvrage de synthèse
Maroc	76	V	table ronde	Table ronde à Nouakchott "Contacts et échanges le long de l'axe Atlantique (Maroc, Mauritanie, Sénégal) de l'Holocène récent jusqu'à l'époque des royaumes courtiers (2e millénaire av.n.è. -17e siècle de n.è) : l'importance du métal"	
	77	F	Pour 5 étudiants mauritaniens de l'université de Nouakchott	formation pratique aux recherches de terrain et aux études archéologiques	
Sénégal	78	F	Pour 1 étudiant français à l'université de Montpellier 3 : thèse sur l'industrie lithique	sujet portant sur l'industrie lithique en Mauritanie au cours de l'Holocène récent (à définir)	
	79	RT	prospections minières et sites métallurgiques dans l'Anti-Atlas	recherche des mines et sites métallurgiques préhistoriques	
Sénégal	80	ES	prélèvements sur objets archéologiques puis analyses	analyses à des fins de comparaisons avec le matériel mauritanien	
	81	RT	prospections minières et sites métallurgiques au Sénégal (à définir)	recherche des mines et sites métallurgiques préhistoriques	
Sénégal	82	ES	prélèvements sur objets archéologiques puis analyses	analyses à des fins de comparaisons avec le matériel mauritanien	

Fig. 33 : rétroplanning par diagramme de Gant de l'organisation des tâches prévues en 2023.

- *Recherches de terrain*

Cette dernière campagne se caractérisera par une clôture des recherches de terrain dans l'Azefal. Nous achèverons les prospections et fouilles du site métallurgiques aux abords de la concession minière de Kinross-Tasiast (Fig. 33, tâches 62 et 63). Dans le secteur du Tigirit, nous finirons également les prospection et ne mènerons que de court(s) sondage(s) sur un site métallurgique découvert en 2022 (tâches 71 et 72).

- *Etudes spécifiques*

De même les études géoarchéologiques (paléoenvironnement et géomorphologiques) seront achevées dans le secteur de l'Azefal (tâches 64 et 65). Quelques sondages seront réalisés sur des zones paléohumides du Tigirit afin de mener des études paléoenvironnementales et mettre en perspectives les résultats paléoenvironnementaux des trois secteurs de la région de l'Inchiri (Akjoujt, Azefal et Tigirit) (Fig. 33, tâche 73).

Nous clôturerons également le volet des études archéométallurgiques. Il s'agira principalement de finaliser les interprétations et de réaliser les projections graphiques (tâches 66 et 74). Nous viserons également à analyser les échantillons provenant d'objets du Maroc et du Sénégal afin de comparer leur composition et signature isotopiques à celles de la Mauritanie (tâches 80 et 82)

La réduction importante de l'équipe de recherche permettra de dégager un financement pour que je puisse réaliser de courtes recherches de terrain au Sénégal et Maroc. Il s'agira de prospections, avec nos collègues marocains et sénégalais, dans des secteurs présentant un potentiel archéologique important pour la métallurgie préhistorique. Nous veillerons à identifier, documenter et étudier les mines et sites métallurgiques de ces secteurs. Cette recherche permettra de mettre en perspective les données concernant la métallurgie préhistorique collectées en Mauritanie au cours du quadriennal.

- *Formation d'étudiants Mauritaniens*

Nous achèverons la formation des étudiants mauritaniens (tâches 69 et 77) . Il s'agira de les sensibiliser à la valorisation de la masse importante d'information et de donnée collectées au cours de ces deux quadriennaux (2016-2023).

L'étudiant en thèse à l'Université Montpellier 3 terminera l'étude de son corpus et amorcera sa synthèse et interprétation (Fig. 33, tâches 61, 70 et 78)

- *Valorisation*

Cette dernière année de ce second quadriennal verra l'inauguration du musée archéologique et ethno-culturel à Akjoujt (Fig. 33, tâche n°58). A cette fin, une exposition sera organisée avec l'aide des partenaires de l'*Organizzazione Umanitaria ONG Bambini nel Deserto Onlus* et les collaborateurs culturels de la MCM. Cette exposition, intitulée « *mineurs et métallurgistes à Akjoujt : de la Préhistoire à nos jours, 5000 ans d'histoire* », permettra, d'une part, de souligner le rôle de la MCM pour la protection et valorisation du patrimoine archéologique et historique de la région, et d'autre part, d'introduire une manifestation scientifique qui se déroulera à Nouakchott.

Nous prévoyons d'organiser avec le soutien de l'ensemble des partenaires des deux quadriennaux une table ronde intitulée « *contacts et échanges culturels le long de l'axe Atlantique (Maroc, Mauritanie, Sénégal) de l'Holocène récent jusqu'à l'époque des royaumes courtiers (2e millénaire av. n.è. -17e siècle de n.è) : l'importance du métal* » (titre non définitif) (tâches 60, 68 et 76). La table ronde se déroulera pendant trois jours à Nouakchott en octobre-novembre 2023 et réunira une dizaine de chercheurs européens, américains et de l'aire saharo-sahélien (Mali, Maroc, Mauritanie, Sénégal, Tchad et Niger). Il s'agira de débattre ensemble de cette problématique à la lumière des récentes recherches dans cette partie de l'Afrique. L'ensemble des communications donnera lieu une publication.

Enfin, nous prévoyons la réalisation d'un vaste article, ou un ouvrage, de synthèse sur l'ensemble des résultats obtenus lors de ces deux quadriennaux grâce au soutien de la commission des fouilles du Ministère de l'Europe et des Affaires Etrangères et de l'ensemble des partenaires institutionnel des domaines privées et publiques d'Afrique, d'Europe et des Etats Unis.

Références

- Alpern S.B.
2005, « Did they or did't 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 (Amatlich) en Mauritanie occidentale*, Nouakchott.
- Bernus E., P. Cressier, A. Durand, F. Paris and J.-F. Saliège
2000 *Vallée de l'Azawagh (Sahara du Niger), Etudes Nigériennes*, 57, Paris.
- 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 civilizacion del Vaso Campaniforme en Marruecos y la cuestion del sustrato calcolítico precampaniforme. El Campaniforme en la Peninsula Ibérica y su contexto europeo », *Universidad de Valladolid, Serie: Arte y Arqueologia*, 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 *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, p127-152.
- 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. Yalçin (eds.), *Studies in honour of Prof. Dr. Andreas Hauptmann on occasion of his 65th birthday*, Bochum, p. 25-36.

Crevaschi M. and S. di Lernia (eds)

1999 *Wadi Teshuinat Palaeoenvironment and Prehistory in South-Western Fezzan (Libyan Sahara)*, Milan.

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.

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.

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.), *Milieux, 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 gîtologiques 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 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.

MacDonald K.C., R. Vernet, D. Fuller and J. Woodhouse

2003, « New light on the Tichitt Tradition: a preliminary report on survey and excavation at Dhar Nema », in Mitchell P., A. Haour and J. Hobart (eds.), *Researching Africa's Past, New contributions from British Archaeologists. Proceedings of a Meeting held at St Hugh's College, Oxford Saturday April 20th 2002*, Oxford, p. 73-80

- MacDonald K.C., R. Vernet, M. Martinon-Torres and D. Fuller
2009, «Dhar Néma: from early agriculture to metallurgy in southeastern Mauritania », *Azania: Archaeological Research in Africa* 44/1, p. 3-48.
- Marcelin J.
1968, *Carte géologique de la région d'Akjoujt*, 1/200.000, BRGM. Orléans.
- 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. Halleman
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. Salpeteur
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.
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 maghrebin et son environnement depuis 100 000 ans : actes Colloque international de Maghnia*, Alger, p. 325-333.
- Paris F.
1997 « Chin Tafidet, village néolithique des rives de l'Ighazer, contexte géologique et stratigraphique », in Jungrathmayr H. and Barreteau D. and Seibert U. (eds.) *L'homme et l'eau dans le bassin du lac Tchad*, Paris, p. 123-134.
- 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.

Raimbault M.

1996, « L'impact de la dégradation climatique holocène sur les Néolithiques du Sahara malien et les données du faciès sahélien de Kobadi », *Préhistoire Anthropologie méditerranéennes*, 5 : 135-146.

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.

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 entorno artístico de Lejuad (Titris, Sahara Occidental) », *Almogaren* 44-45, p. 173-201.

Salihi 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.

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 MCM est une filiale du groupe minier [First Quantum Mineral ldt.](#)

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 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} « *El'bwama* » désigne littéralement le hibou grand duc du désert, qui occupe la cavité de la mine.

^{xvii} Galerie 1 : l : 7,4m, L : 2,4 m, H. : 2,6m ; Galerie 2 : l. : 7,4m, L. : 1,86m, H. : 0,7m.

^{xviii} Analyses réalisées sur des agglomérats carbonaté au laboratoire [Poznan Radiocarbon Laboratory](#) (Poz-87188, Poz-87189)

^{xix} Alvéoles de 0,3 à 8m de long, 0,1 à 5 m de large et de 0,2 à 3 m de haut.

^{xx} Dimensions de la chambre : 3 m de long, 4,3 m de large et 1,3 m de haut.

^{xxi} Il s'agit de bloc rocheux massifs, généralement en quartz, quartzite ou en granite, destinés au concassage de minéral et/ou de scorie par l'action d'un percuteur lithique actif.

^{xxii} Pot à soufflet, traduction de « *pot-bellows* », correspond à un système de ventilation forcée pour les foyers métallurgiques.

^{xxiii} Chalumeau, traduction de « *blow-pipe* », correspond également à un système de ventilation forcée pour les

foyers métallurgiques.

^{xxiv} *El-Jemel-Lebyad*, littéralement « le chameau blanc » désigne un camps de courte durée découvert en 2017 où paissent régulièrement des chameau blancs.

^{xxv} analyses au laboratoire [Poznan Radiocarbon Laboratory](#) (Poz-108112)

^{xxvi} 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)

^{xxvii} « *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.

^{xxviii} 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.

^{xxix} 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.

^{xxx} Ø : 0,27 × 0,21 m.

^{xxxi} 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.

^{xxxii} 4 à Akjoujt, 2 entre Damane et Lemdena, 3 à Greiret Haguet et 2 à Grara Maloueva, Lambert, 1970, 1971, 1972.

^{xxxiii} Analyses réalisées sur des charbons au laboratoire [Poznan Radiocarbon Laboratory](#) (Poz-108114).

^{xxxiv} réduction minerais, concassage/broyage scories, fonte, mise en forme.

^{xxxv} 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.

^{xxxvi} Tombe datée selon le matériel associés découvert lors de la fouille, Amblard et al., 1990.