



**HAL**  
open science

## **Programme\_CUPRUM\_Rapport d'activités de la troisième campagne de recherche 2018**

Antoine Courcier, Dadi Essaid, Mohamed Abdoullah, Ould Bagga, Aziz Ballouche, Angela Celauro, Alexander Maass, Sidi Mohamed, Ould Ethmane, Bellah Teyib, et al.

### ► **To cite this version:**

Antoine Courcier, Dadi Essaid, Mohamed Abdoullah, Ould Bagga, Aziz Ballouche, et al.. Programme\_CUPRUM\_Rapport d'activités de la troisième campagne de recherche 2018. [Rapport de recherche] UMR 5608 TRACES, SRA, Région Occitane. 2018. halshs-03774620

**HAL Id: halshs-03774620**

**<https://shs.hal.science/halshs-03774620>**

Submitted on 11 Sep 2022

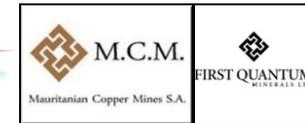
**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

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**

Rapport d'activités de la troisième  
campagne de recherche 2018

Antoine **Courcier**, Ethamne **Dadi Essaid**, Mohamed Abdoullah **Ould Bagga**,  
Aziz **Ballouche**, Angela **Celauro**, Alexander **Maass**,  
Sidi Mohamed **Ould Ethmane**, Teyib **Bellah Hamoud**,  
Mohamed **ould Abd Dayem**, Abdellahi **Malek**  
& Moulay Mohamed **Salem Moulay**



# Sommaire

<b>Remerciements</b>	<b>5</b>
<b>Introduction</b>	<b>6</b>
<b>1) Le cadre de la première campagne du projet CUPRUM</b>	<b>7</b>
1.a) L'équipe	7
1.b) Normalisation des relations avec les partenaires mauritaniens	7
1.c) Le rôle et l'importance de la MCM pour cette campagne de recherche	8
1.d) La zone d'étude	8
1.e) Les objectifs	11
▪ - La formation des étudiants	11
▪ - la métallurgie ancienne dans la région d'Akjoujt	11
▪ - Les interactions entre l'environnement et les activités anthropiques au cours de l'Holocène récent	12
1.f) Démarche et outils	12
▪ La formation des étudiants	12
▪ La métallurgie ancienne dans la région d'Akjoujt	13
▪ Les études paléoenvironnementales	15
<b>2) Les résultats préliminaires</b>	<b>16</b>
2.a) La formation des étudiants	<b>16</b>
▪ formation sur le terrain	16
▪ bourse MEAE pour un stage pratique en France	17
2.b) La métallurgie ancienne dans la région d'Akjoujt	17
2.b.1) Les études extensives de l'occupation anthropique liée à la métallurgie	17
▪ Draa Oummât el Beid	17
▪ Tourarine	21
▪ Nord-Ouest de la Dkhaina	24
2.b.2) Les études ponctuelles de structures métallurgiques	25
♦ camps métallurgiques dans le Draa Oummât El Beid	25
♦ camp métallurgique à la confluence des khatts Chouâyel, el Kleijât et er Ragg el Abeid	27
2.b.3) Les fouilles de la mine et du camps métallurgique	30
▪ <i>La mine Z-1-M-12-A dite « El Bawma »</i>	31
▪ <i>Le camp métallurgique Z-7-H-W-45</i>	31
2.c) Synthèse des connaissances relatives à la métallurgie ancienne dans la région d'Akjoujt	38
2.d) Les études paléoenvironnementales	39
2.e) Analyses en laboratoire	44
<b>3) Opérations scientifiques projetées</b>	<b>45</b>
3.a) Etude post-fouilles de la céramique et macrolithique découverts mission	45
3.b) Etude du matériel archéologique et archives conservés à l'IFAN au Sénégal	45
3.c) Formation étudiants	46
3.d) Renforcement des partenariats	46
3.e) Analyses chimiques	47
3.f) Table ronde à Nouakchott	47
3.g) Communications en Afrique et en Europe	47
3.h) Site internet	48
3.i) Publications	48
3.j) Nouveau projet dans la continuité du programme CUPRUM	48
<b>Conclusion</b>	<b>50</b>
<b>Références</b>	<b>52</b>

## Liste des figures

- Fig. 1 :** carte de localisation de la Mauritanie et carte des divisions administratives de la Mauritanie. La région d'étude est l'Inchiri (en jaune) et plus particulièrement une zone de 70 km autour de la ville d'Akjoujt (cercle rouge).
- Fig. 2 :** carte topographique d'état major de la région d'Akjoujt, 1/100.000, correspondant à la zone des recherches menées en 2017
- Fig. 3 :** image satellite de la région autour d'Akjoujt précisant les zones de prospections (en rouge) réalisés lors des deux premières campagnes de recherche 2016 & 2017.
- Fig. 4 :** image satellite de la région autour d'Akjoujt précisant les travaux réalisés en 2018.
- Fig. 5 :** carte de localisation de l'ensemble des sites archéologiques découverts par l'équipe du programme CUPRUM depuis 2016.
- Fig. 6 :** photo satellite du Guelb Moghreïn oriental et localisation des trois mines fouillées en 2017.
- Fig. 7 :** Vues de la zone de fouille du camp métallurgique Z-7-H-W45
- Fig. 8 :** fiche d'enregistrement du comptage des artefacts après ramassage et tamisage pour chaque carrés de fouille.
- Fig. 9 :** tableau récapitulatif pour l'ensemble des carrés de la fouille d'un site.
- Fig. 10 :** diagramme en radar des résultats du test soumis aux étudiants afin d'évaluer leurs connaissances et notre démarche pédagogique.
- Fig. 11 :** carte de localisation des sondages de paléoenvironnement réalisés et des sites, mines découverts lors des recherches de terrain 2018.
- Fig. 12 :** pointe de flèche en cuivre découverte sur le camp métallurgique Z-7-H-W-96.
- Fig. 13 :** résultats d'analyses réalisées avec XRF Olympus Delta sur la pointe de flèche découverte sur le camp métallurgique Z-7-H-W-96.
- Fig. 14 :** Foyers métallurgiques découverts au niveau du camp Z-7-H-W-97.
- Fig. 15 :** Foyer métallurgique identifié à Z-7-H-W-98. Il se caractérise par des fragments de terre rubéfiée et scoriacés.
- Fig. 16 :** camp métallurgique Z-7-H-W-101.
- Fig. 17 :** boucle d'oreille découverte à Z-7-H-W-101.
- Fig. 18 :** terracota de bovidé mis au jour à Z-7-H-W-101.
- Fig. 19 :** Tumuli à couloir et enclos, présentant des dimensions imposantes, découverts à l'Est du massif de Tourarine.
- Fig. 20 :** Une partie des mines Z-7-M-02 découverte au niveau du versant Nord de la montagne à l'Est du massif de Tourarine.
- Fig. 21 :** petit pendentif en coquillage découvert dans l'une des alvéoles d'abattage au feu de Z-7-M-02.
- Fig. 22 :** Mine Z-7-M-03.
- Fig. 23 :** l'un des foyers découvert au niveau du camp Z-7-H-W-108.
- Fig. 24 :** indices métallurgiques mis en évidences au niveau des camps Z-7-H-W-111, Z-7-H-W-124 et Z-7-H-W-125.
- Fig. 25 :** carte de localisation sondages paléoenvironnementaux réalisés et des camps métallurgiques et dépôts lacustres découverts au niveau du cordon dunaire de la Dkahina, au sud-ouest, entre les villages de Dâman et Touizigt.
- Fig. 26 :** carte de localisation détaillée des camps métallurgiques découverts en 2018, entre les villages de Dâman et Touizigt. Les sites découverts en 2016 et 2017, les affleurement lacustres et les sondages paléoenvironnementaux sont également précisés.
- Fig. 27 :** Indices métallurgiques découverts au niveau des camps lors de la prospection entre Damâne et Touizigt.
- Fig. 28 :** décapage de surface du foyer 1 découvert dans le camp Z-7-H-W-97.
- Fig. 29 :** Vue en direction du Sud des foyers 1 & 2 découverts sur le camp métallurgique Z-7-H-W-97.
- Fig. 30 :** Coupe Nord-Sud du foyer 1 découvert au niveau du camp métallurgique Z-7-H-W-97.
- Fig. 31 :** métallurgistes égyptiens pratiquant (à gauche) la réduction de minerais avec l'usage de chalumeau pour souffler (« *blow-pipe* ») et (à droite) la fonte de métal à partir d'un creuset.
- Fig. 32 :** schéma du chalumeau à souffler - « *blow-pipe* ».
- Fig. 33 :** expérimentation de la réduction de minerais de cuivre à l'aide de chalumeau à souffler - « *blow-pipe* ».
- Fig. 34 :** Vues en direction du nord-est du sondage au niveau du foyer métallurgique du camp Z-9-H-W-18.
- Fig. 35 :** Vues en direction du nord-est du sondage au niveau du foyer métallurgique du camp Z-9-H-W-18.
- Fig. 36 :** Une partie des parois du four réduction du camp Z-9-H-W-18 : a) et b) parties supérieures avec le col du four, c) paroi rubéfiée et scoriacée.
- Fig. 37 :** reconstruction d'un fourneau métallurgique d'après les fragments de parois découverts à Lemdena. La hauteur et le nombre de tuyère sont inconnus.

**Fig. 38** : vue en détail du comblement du four au niveau du fond de la cuvette : il s'agit d'un remplissage comprenant des fragments de parois de four, des scories, des charbons et des scories riches en métal

**Fig. 39** : Scories riches en métal, pesant au total 53g, découvertes au fond du four de réduction du camp Z-9-H-W-18.

**Fig. 40** : section des scories riches en métal découvertes au fond du four de réduction du camps Z-9-H-W-18.

**Fig. 41** : résultats normalisés et arrondis, exprimés en pourcentage massique et partie par million, de l'analyse ED-XRF, réalisées au laboratoire de la MCM, sur l'une les scories riches en métal découvertes au fond du four de réduction du camp Z-9-H-W-18.

**Fig. 42** : plans de la mine Z-1-M-12a, « *El Bawma* », dressés lors des deux dernière campagnes de fouilles en 2017 et 2018.

**Fig. 43** : Carte de localisation détaillée du camp métallurgique Z-7-H-W-45 précisant les différentes zones d'activités et structures identifiées, les zones humides, le sondage paléoenvironnemental ainsi que les autres camps à proximité.

**Fig. 44** : coupe schématique du site Z-7-H-W-45 au niveau du draa Oummât el Beit au Nord d'Akjoujt. Représentation de l'organisation spatiale des activités métallurgiques.

**Fig. 45** : Camp métallurgique Z-7-H-W-45 et zone de fouilles.

**Fig. 46** : plans de densités des indices métallurgiques mis au jour lors de la fouille du camps Z-7-H-W-45.

**Fig. 47** : plans de densité différenciés par tailles des scories mises au jour lors de la fouille de Z-7-H-W-45.

**Fig. 48** : plans de densités des éléments relatifs au four et positionnement des structures pyrométallurgiques au niveau de la fouille de Z-7-H-W-45.

**Fig. 49** : Tableau et représentation graphique de comparaison du nombre d'items découverts lors des fouilles menées sur les camps Z-7-H-W-45, Z-8-H-W-28 et sur le site de Lemdena.

**Fig. 50** : culot massif de fond de four (88,12 g.) découvert dans le carré B2 lors de la fouille du camp Z-7-H-W-45

**Fig. 51** : coupe de l'un des culots de fond de four.

**Fig. 52** : fragments de céramique interprétés comme des tessons de pots à soufflet - « *pot-bellows* ».

**Fig. 53** : fragments de *pot-bellows* découverts dans un site de l'âge du bronze en Autriche et reconstitutions expérimentale de la production et du fonctionnement du *pot-bellows*.

**Fig. 54** : une partie des minerais de cuivre découverts lors de la fouille de la zone d'activités métallurgiques au niveau du camp Z-7-H-W-45.

**Fig. 55** : une partie des billes, billettes et nodules de cuivre découverts lors de la fouille de la zone d'activités métallurgiques au niveau du camp Z-7-H-W-45.

**Fig. 56** : bille de cuivre martelée découverte lors de la fouille de la zone d'activités métallurgiques au niveau du camps Z-7-H-W-45.

**Fig. 57** : objet en cuivre fragmentaire (soit d'une pointe de flèche ?) mis au jour lors de la fouille de la zone d'activités métallurgiques au niveau du camp Z-7-H-W-45

**Fig. 58** : objets fragmentaires en fer découverts lors de la fouille de la zone d'activités métallurgiques au niveau du camp Z-7-H-W-45

**Fig. 59** : Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-01 (N 19,95282° - W 14,82156°).

**Fig. 60** : Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-02 (N 19,92136° - W 14,72488°).

**Fig. 61** : Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-03A/B (N 19,96014° - W 14,64536°).

**Fig. 62** : Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-04A/B (N 19,82171° - W 14,63659°).

**Fig. 63** : Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-05 (N 19,30662° - W 14,53988°).

**Fig. 64** : Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-06B (N 19,28945° - W 14,59567°).

**Fig. 65** : Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-07 (N 19,29196° - W 14,59861°)

**Fig. 66** : Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-08 (N 19,74886° - W 14,50413°)

**Fig. 67** : Carte de la Mauritanie et des pays adjacents précisant, d'une part, la localisation des villes (Nouakchott, Dakar, Akjoujt) où se dérouleront les opérations projetées en 2018, et d'autre part, la région visée par les perspectives de recherche.

**Fig. 68** : Carte localisant la ville d'Akjoujt, dans la région de l'Inchiri, et les concessions minières des trois compagnies MCM, Algold et Kinross-Tasiast. La zone des recherches menées depuis 2016 est comprise à l'intérieur de l'ellipse.

**Fig. 69** : retro-planning des opérations projetées en 2019 dans le cadre du programme CUPRUM (2016-2019).

## 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 et du Développement International 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, Monsieur l'attaché de coopération, Yves Mercier, Monsieur le chef du service économique, Valéry Alves, et 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 de l'autorisation de fouille pour cette première campagne. Je remercie plus particulièrement monsieur Nami Mohamed Kaber Salihy pour ses précieux conseils et son aide pour le projet.

Cette première mission du projet CUPRUM n'aurait 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 convaincu 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 de cette première année de recherche de terrain.

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 cinq étudiants, Teyeb Bellah Hamoud, Sidi-Mohamed Salem, Mohamed Ould Abd Dayem, Abdellahi Malek 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*

Le projet *CUivre : PRoduction et Usages en Mauritanie à l'Holocène* (CUPRUM) est un projet de recherche et de formation franco-mauritanien. Il a pour objectifs i) de développer des recherches archéologiques en Mauritanie, ii) de relancer des recherches de terrain couplées à des études en laboratoire et iii) de contribuer à la formation d'une nouvelle génération d'archéologues mauritaniens.

Ce projet reprend, avec une démarche interdisciplinaire novatrice, 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, pour la compréhension de l'apparition et du développement du cuivre dans la zone saharo-sahélienne.

Aujourd'hui, la question de l'origine et du développement de la métallurgie en Afrique de l'Ouest 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.

La Mauritanie, à l'interface de deux traditions métallurgiques (fer et cuivre), est une région clef pour répondre à cette problématique. Dans ce dernier pays, les études antérieures, focalisées pour la plupart sur la région d'Akjoujt (Mauny, 1951 à 1974 ; Lambert, 1965 à 1983 ; Vernet, 1983 à 2014). Ces travaux ont abordé partiellement la chaîne opératoire de la métallurgie du cuivre en occultant souvent l'aspect diachronique. De plus, elles ont eu tendance à faire converger toutes les hypothèses relatives aux débuts de la métallurgie vers la région d'Akjoujt.

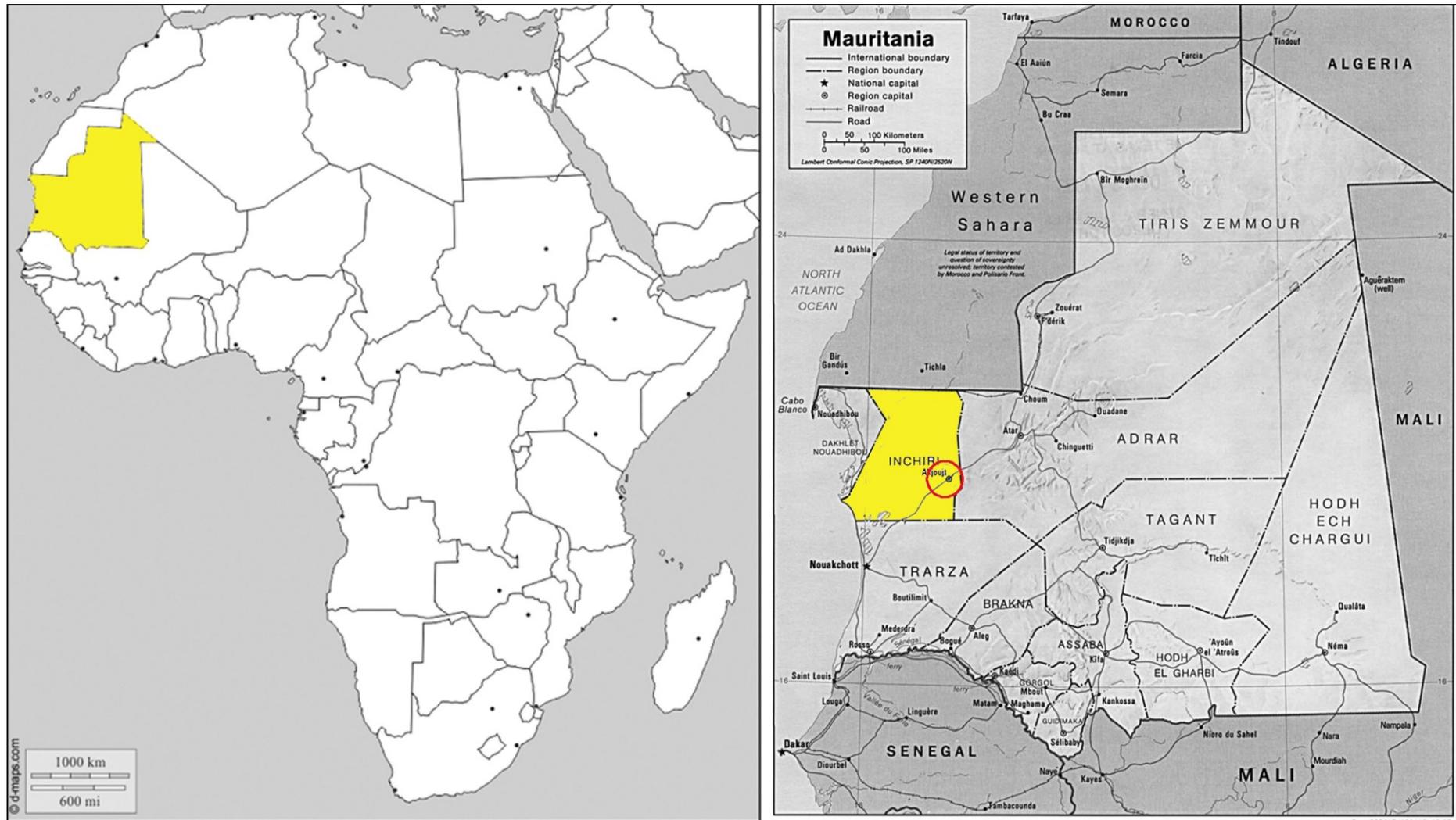
La mission préliminaire CNRS, réalisée en 2015, a démontré le potentiel archéologique de la région de l'Inchiri et plus particulièrement autour de la ville d'Akjoujt (**Fig. 1**). En 2016, la première mission du programme CUPRUM a permis de découvrir de nombreuses mines préhistoriques inconnues et d'identifier de nouveaux sites liés à la métallurgie. Elle a également permis d'esquisser une organisation spatiale de l'occupation anthropique liée à la métallurgie du cuivre. La seconde mission, en 2017, avait permis de réaliser la fouille de sites métallurgiques et d'amorcer celle d'une mine préhistorique. La précédente campagne avait également permis de découvrir plusieurs nouveaux sites liés à la métallurgie dans des zones méconnues.

Cette nouvelle campagne de recherche de terrain a permis de maintenir la formation à l'archéologie de terrain auprès des 4 étudiants, inscrits en master d'histoire et de géographie, et accueillis dans la mission depuis 2016. Ces recherches de terrain ont été l'occasion d'amorcer la formation d'un nouvel étudiant en licence de géologie. Les trois campagnes ont permis de sélectionner un étudiant brillant qui a obtenu une bourse du MEAE pour un stage de perfectionnement archéologie à l'INRAP en France.

Cette mission a continué les fouilles de la mine préhistorique amorcées en 2017. Des fouilles ont également été menées sur un site métallurgique découvert en 2017 au Nord d'Akjoujt. Cette mission 2018 a poursuivi l'étude exploratoire dans la région d'Akjoujt afin de mieux comprendre l'organisation spatiale de l'occupation anthropique en lien avec le développement de la métallurgie. Ces prospections ont permis d'identifier de nouveaux sites métallurgiques. Une étude paléoenvironnementale à visée exploratoire a été menée lors de cette campagne 2018 ; Il s'agit de saisir les interactions entre le paysage et les occupations anthropiques dans la région d'Akjoujt, au cours de l'Holocène récent.

L'ensemble des informations obtenues par ces fouilles, prospections et étude paléoenvironnementale apportent des éléments de réponse pour la compréhension de l'origine et du développement de la métallurgie dans la zone saharo-sahélienne.

Introduction



**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 70 km autour de la ville d'Akjoujt (cercle rouge).

*1- Le cadre de la troisième campagne*

## **1) Le cadre de la seconde campagne du projet CUPRUM**

### **1.a) L'équipe**

La mission s'est déroulée du 10 Juillet au 14 Aout 2018. L'équipe de terrain était composée du côté européen de :

- Antoine Courcier, chef de mission et co-directeur du projet, archéométallurgiste, membre associé au laboratoire TRACES (CNRS, UMR 5608), rattaché aux pôles « Afrique » et « Métal », Toulouse, France,
- Angela Celauro, archéomètre, archéologue minier, département « survey lab. », Université « La Sapienza », Rome, Italie,
- Aziz Ballouche, enseignant chercheur en paléoenvironnement, Département de géographie, laboratoire LETG-Angers LEESA, UMR 6554, CNRS, Université d'Angers.
- Alexander Maass, archéologue minier, chercheur post-doc à l'Université de Friburg, Allemagne,

et du côté Mauritanien de :

- Ethmane El Dadi Essaid, archéologue à L'Institut Mauritanien de Recherche et de Formation en matière de Patrimoine (IMRFP) à Nouakchott et co-directeur du projet,
- Mohamed Abdoullah Ould Bagga, géologue au département Développement Ressources de la compagnie minière *Mauritanian Copper Mines* (MCM),
- Youssouf Dedi, technicien à l'IMRFP,
- Sidi Mohamed Ould Ethmane, étudiant en master de Migration et territoire à l'Université de Nouakchott,
- Teyib Bellah Hamoud, étudiant en master d'histoire à l'Université de Nouakchott,
- Mohamed ould Abd Dayem, étudiant en master d'histoire à l'Université de Nouakchott,
- Abdellahi Malek, étudiant en master d'histoire à l'Université de Nouakchott,
- et Moulay Mohamed Salem Moulay, étudiant en licence de géologie à l'Université de Nouakchott.

Lors de nos déplacements, notre équipe de terrain était accompagnée par deux militaires de la gendarmerie d'Akjoujt, dirigés par le commandant Sidi Mohamed Ould El Mokhtar et l'adjudant Mohamed Mochtar Simbabe, à travers une rotation journalière. Les gendarmes qui nous ont accompagné sont :

- Checkna Mohamed,
- Mohamed Vetì,
- Mohamed Abdelabi Mohamed Lemine,
- Taher Babe.

### **1.b) Normalisation des relations avec les partenaires mauritaniens**

Lors de la dernière campagne en 2017, la fouille d'une tombe préhistorique au Sud d'Akjoujt avait crispé les relations avec les partenaires mauritanien, en particulier avec l'IMRFP et la MCM (voir rapport 2017, p. 15-16).

L'intervention du service de coopération et d'action culturelle de l'ambassade de France à Nouakchott, et en particulier de Monsieur le Conseiller de Coopération et d'Action Culturelle, Monsieur Malara, a permis d'abaisser les tensions avec l'IMRFP dans le courant de la fin d'année 2017. Parallèlement, l'appui de la Commission des Fouilles du MEAE et le soutien du laboratoire TRACES ont également contribué fortement à une reprise du dialogue avec la direction de l'IMRFP.

La nomination d'un nouveau directeur à la tête de l'IMRFP, Monsieur Youba Ould Cheikna, a favoriser un retour au dialogue sur la base de la convention de coopération scientifique et culturelle n°143580 signée en 2016 entre le laboratoire TRACES et l'IMRFP. Les interventions de Mohamed Bechiri, directeur adjoint de l'IMRFP, d'Ethmane Dadi Essaid, co-directeur du projet, et de Namy Mohamed Kader Salihy, Directeur Général et Conservateur National du Patrimoine et de la Culture ont contribué fortement à soutenir l'intérêt scientifique du projet et à défendre le maintien du programme de recherche.

L'ensemble de ces interventions, en appui à mes échanges avec l'IMRFP m'ont permis d'obtenir l'autorisation de recherche pour la campagne 2018. Au cours des premières semaines de cette mission, les

*1- Le cadre de la troisième campagne*

réunions avec la direction de l'IMRFP et celle de la MCM ont permis de finaliser la normalisation des relations avec ces partenaires mauritaniens.

Les réunions avec les cadres mauritaniens de la MCM ont également permis d'améliorer nos relations avec la communauté de la ville d'Akjoujt. L'entretien avec Monsieur le Préfet de la région de l'Inchiri, Monsieur le Waly Mohamed Ould Saleck, a permis d'obtenir le soutien et la bienveillance des autorités locales.

A l'issue de la mission 2018, nos relations avec les l'IMRFP et la MCM se sont améliorées. La direction de l'IMRFP soutient fortement le programme archéologique franco-mauritanien CUPRUM et souhaite le développement des axes de recherches du projet. Le directeur de l'IMRFP a autorisé l'exportation des échantillons de la campagne 2018 et nous invite à contribuer à la formation le personnel de l'IMRFP. A l'heure actuelle, j'ai reçu l'engagement du Directeur Général et Conservateur National du Patrimoine et de la Culture mauritanien pour la résolution de la question relative à l'exportation des échantillons 2017 ; Il est intervenu auprès du Ministre de la culture et de l'artisanat afin qu'il intervienne et contacte le directeur de l'IMRFP. La direction et les correspondants scientifiques de la MCM nous ont témoigné de leur confiance et soutien de la compagnie minière pour ce programme de recherche.

1.c) Le rôle et l'importance de la MCM pour cette campagne de recherche

La MCM, dirigée par le directeur général Antony Mukutuma, soucieuse de préserver et valoriser le patrimoine archéologique de la région de l'Inchiri, soutient le projet CUPRUM dans le cadre de la convention de partenariat n°145593 avec le laboratoire TRACES. L'aide et le soutien apportés par la MCM pour cette première campagne de recherches de terrain ont été au-delà de cet accord. Je les en remercie très fortement.

La MCM a mis à la disposition de l'équipe des logements sécurisés pour les ressortissants européens et une maison pour le logement des collègues mauritaniens. Cette maison, de par sa taille, a permis de faire également office de base de recherche. La compagnie minière a pris à sa charge les frais de séjours (nourriture, blanchiment et internet) et de déplacement (essence). La MCM a octroyé à l'équipe deux véhicules 4x4 avec chauffeur, des équipements de sécurité (trackers GPS, téléphone satellitaire), du matériel de travail pour le terrain (pelles, pioches, petit outillage). La MCM a également délégué une partie de l'équipe de la section topographie afin de nous aider à effectuer les relevés et plans de terrain. Nous avons également été autorisés à mener des analyses semi-quantitatives sur quelques échantillons afin de contrôler des hypothèses.

La MCM a également mis à notre disposition un bureau dans les locaux de l'administration. Ce bureau, entièrement équipé, permettait de mener nos réunions et nos entretiens avec les étudiants.

L'équipe de la MCM a toujours répondu présent à nos sollicitations face aux difficultés logistiques rencontrées et a apporté rapidement et avec efficacité 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.

Parmi l'ensemble du personnel de la MCM, les personnes suivantes ont directement été impliquées dans le soutien matériel et scientifique :

- Antony Mukutuma, directeur général de la MCM,
- Robert Longley, directeur adjoint, responsable en chef du département métaux précieux
- Sidi Mohamed Malik, chef de bureau, département logistique,
- Mohamed Nour Mohamed Abdallahi, responsable en chef de la communication,
- Ahmed Salem Mantallah, chargé des relations sociales,
- Thomas Branch, géologue au département ressource
- Kenin Chikwata, responsable du laboratoire d'analyse
- Craig Landman, responsable général de la sécurité,
- Eric Girard, co-responsable pour la MCM de MSS sécurité.

1.d) La zone d'étude

La zone d'étude est située au nord-ouest de la Mauritanie, à 250 km au nord-est de Nouakchott, dans la région de l'Inchiri (**Fig. 1**). Cette zone d'étude couvre une zone de 70 km autour de la ville d'Akjoujt (**Figs. 1 et 2**). Les zones de recherche en 2018 complètent celles réalisées lors des deux dernières campagnes

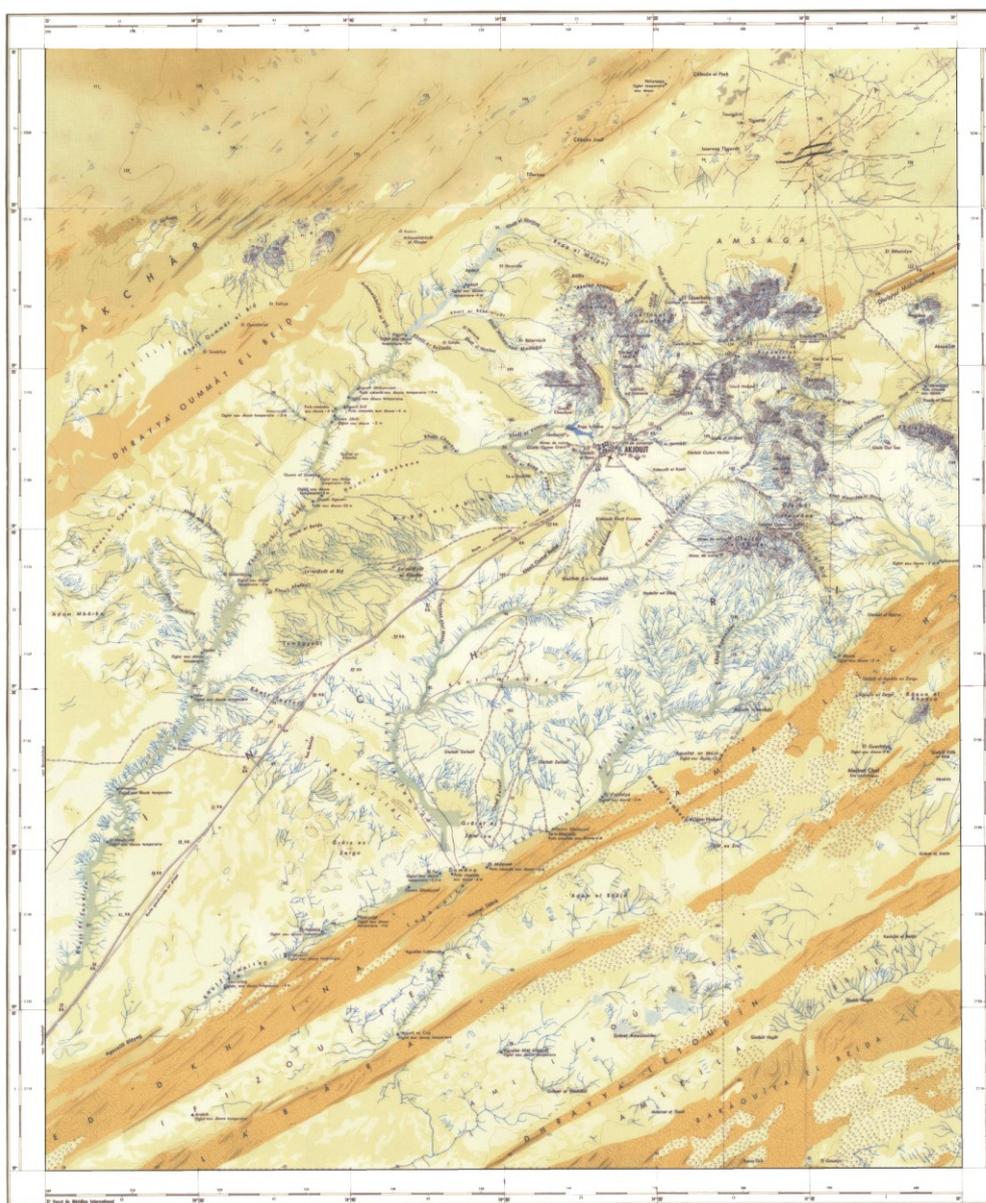
*1- Le cadre de la troisième campagne*

(**Figs. 3 et 4**). Nos recherches se sont focalisées, d'une part, au niveau de secteurs connus mais nécessitant de nouvelles études, et d'autre part, au niveau de zones méconnues.

Les recherches de terrain ont porté sur la zone au Sud du Khatt Oummât el Bid, entre El Guebliyé et El Talliyé. Cette zone a été étendue à l'ensemble du massif de Tourarine et a intégré une bande, de 4 km de large sur 18km de long, de El Talliyé à Amalli (**Fig. 4, A et B**). Ce secteur était vierge de recherche archéologique. Les découvertes faites au niveau de cette aire ont imposé de mener une étude sur l'ensemble du massif de Tourarine, qui n'avait été que partiellement prospecté en 2016 (voir rapport 2017, p. 51). L'importance des indices métallurgiques repérés en 2017 au niveau versant Nord du draa Oummât el Bid a imposé une étude approfondie (voir rapport 2017, p. 40).

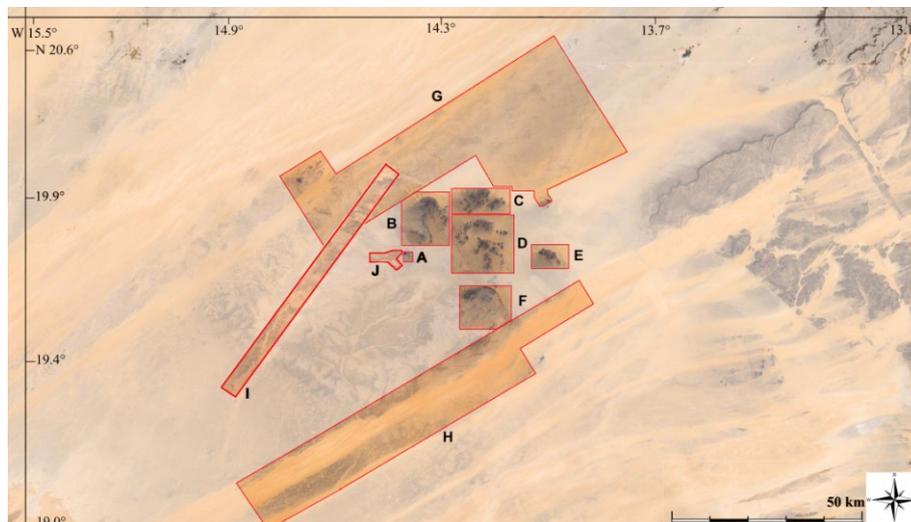
Nous avons intensifié les recherches au niveau de la confluence des khatts Chouâyel, el Kleijât et er Ragg el Abeid (**Fig. 4, C**) et le long de l'oued Lakhraiza, au sud-ouest de Damâne (**Fig. 4, D**). Les prospections menées en 2017 sur ces secteurs avaient souligné la question d'un rapport entre la présence de zones humides et celle d'activités métallurgiques (voir rapport 2017, p. 13, 15, 21, 25, 37, figs. 44 et 51). Des études paléoenvironnementales se sont donc imposées dans ces deux zones.

Ces recherches de terrain ont permis d'identifier plusieurs nouveaux sites qui complètent la compréhension de la répartition spatiale de l'occupation anthropique dans la région.

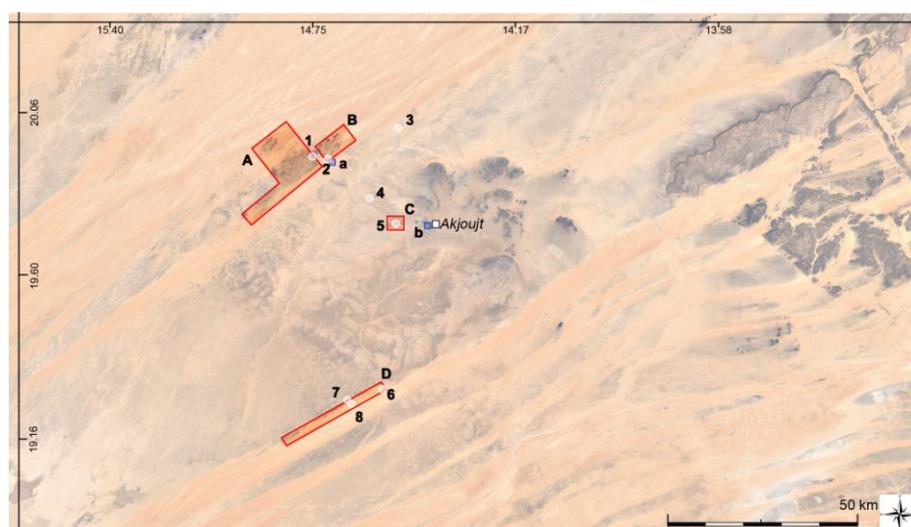


**Fig. 2** : carte topographique d'état major de la région d'Akjoujt, 1/100.000, correspondant à la zone des recherches menées en 2017.

*1- cadre de la troisième campagne*

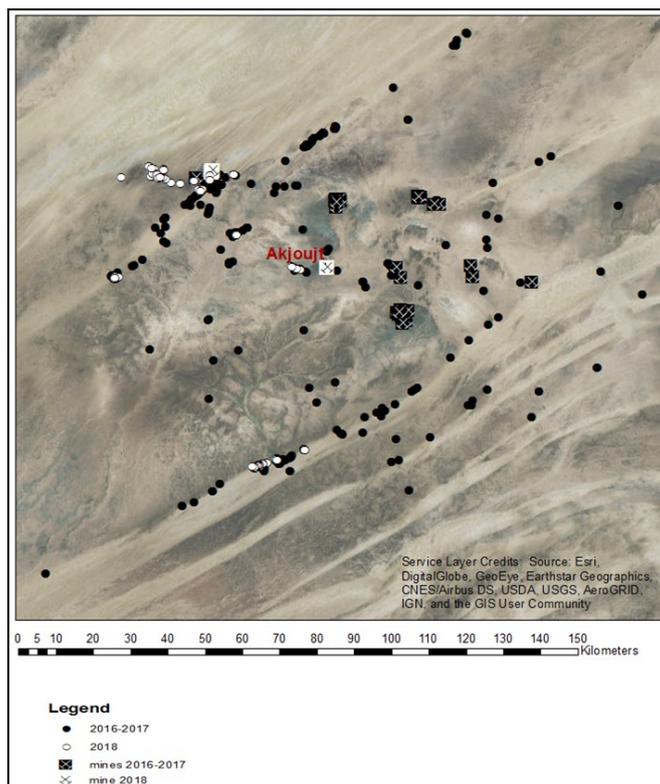


**Fig. 3** : image satellite de la région autour d'Akjoujt précisant les zones de prospections (en rouge) réalisés lors des deux premières campagnes de recherche 2016 & 2017. A- zone de prospection 1, B- zone de prospection 2, C- zone de prospection 3, D- zone de prospection 4, E- zone de prospection 5, F- zone de prospection 6, G- zone de prospection 7, H- zone de prospection 8, I- zone de prospection 9, J- zone de prospection 10.



**Fig. 4** : image satellite de la région autour d'Akjoujt précisant les travaux réalisés en 2018 : zones de prospections (en rouge), les secteurs de fouilles (en bleu) et la localisation des études paléoenvironnementales (en blanc). Zones de prospection : A - draa Oummât el Beit (versant sud-est), à l'Ouest El Guelbliyé jusqu'à El Talliyé, B - confluence des khatts Chouâyel, el Kleijât et er Ragg el Abeid, D - sud-ouest du cordon de la Dkhaina, du sud-ouest de Deman à Touzig. Secteurs de fouilles : a- Z-7-H-W45, b- site Z-1-M-12A. Prélèvements paléoenvironnement : 1- MAK-01 (Ouest de Z-7-H-W-135), 2- MAK-02 (Nord de Z-7-H-W-101), 3- MAK-03 (nord-ouest de Z-7-H-W-69), 4- MAK-04 (Sud de Z-9-H-W-11), 5- MAK-08 (au sud-est de Z-9-H-W-23), 6- MAK-05 (au Sud de Z-8-H-W-28), 7- MAK-07 (au Sud de Z-8-H-W-59), 8- MAK-06 (au Nord de Z-8-H-W-56).

1- cadre de la troisième campagne



**Fig. 5** : carte de localisation de l'ensemble des sites archéologiques découverts par l'équipe du programme CUPRUM depuis 2016 : les points noirs correspondent aux sites découverts lors des deux premières campagnes (2016 et 2017), les points blancs correspondent aux sites découverts lors de cette dernière campagne (2018).

1.e) Les objectifs

Nous avons visé trois objectifs : 1) poursuite de la formation des étudiants, 2) appréhender la métallurgie ancienne dans la région d'Akjoujt et 3) estimer l'interaction entre l'environnement et les activités anthropiques au cours de l'Holocène récent.

▪ Formation des étudiants

Nous avons poursuivi la formation des quatre étudiants qui nous avaient rejoints lors de recherches de terrain en 2016 et 2017. Nous avons également invité dans l'équipe un nouvel étudiant en licence de géologie. Sur la base de ses connaissances en géologie nous l'avons initié aux études géo-archéologiques et aux recherches archéologiques de terrain.

Nous avons visé à former ces cinq étudiants à l'ensemble des activités de recherche de terrain (fouilles, prospections, enregistrement) et à l'étude du matériel archéologique. Les prospections autour des secteurs minéralisés et des mines ainsi que les recherches paléoenvironnementales furent l'occasion de former les étudiants aux études géo-archéologiques. Par le biais de cette formation pratique, nous les avons également sensibilisés à la question d'un choix pour un sujet de recherche de master dans l'optique d'une formation universitaire en France.

Leur participation à cette mission 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.

▪ La métallurgie ancienne dans la région d'Akjoujt

Afin de répondre à cet objectif, nous avons menées des recherches extensives (prospections), ponctuelles (sondages) et détaillées (fouilles) dans un rayon de 70 km autour d'Akjoujt.

- Etude extensive de l'occupation anthropique liée à la métallurgie

Nos recherches en 2017 avaient souligné le déséquilibre de recherches entre le Sud et le Nord de la région d'Akjoujt ; La zone septentrionale restait méconnue (voir rapport 2017, p. 10). Au cours de cette

*1- cadre de la troisième campagne*

campagne 2018, nous avons poursuivi la recherche exploratoire dans la zone au Nord d'Akjoujt (**Fig. 4, A**). Il s'agit de repérer d'éventuels sites archéologiques et d'identifier la présence d'activités métallurgiques. Nous souhaitons vérifier l'hypothèse d'une limite au-delà de laquelle les sites métallurgiques ne sont plus présents, car trop éloignés des sources d'approvisionnement en minerais (mines). Nous avons étudié les traces d'occupation anthropique et nous tentons de proposer des hypothèses sur les raisons d'implantation dans cette zone. Nous visons par cette recherche de relativiser l'importance des sites métallurgiques au Sud d'Akjoujt et de comprendre l'organisation et la répartition spatiale des sites liés à la métallurgie sur l'ensemble de la région autour d'Akjoujt.

*- Etudes ponctuelles de structures métallurgiques*

Des études ponctuelles (sondages) ont été réalisées au niveau des foyers métallurgiques découverts en 2018 dans les sites Z-7-H-W-96 et Z-7-H-W-97 au niveau du Draa Oummât El Beid. Un sondage fut également réalisé sur le foyer métallurgique du site Z-9-H-W-18, identifié en 2017, au niveau de la confluence des khatts Chouâyel, el Kleijât et er Ragg el Abeid (voir rapport 2017, p. 48).

Les objectifs de ces études étaient de déterminer le type d'activité métallurgique pratiquée, de comprendre les procédés technologiques et de collecter des charbons pour la datation de ces structures.

*- Etude détaillée de mine et site métallurgique*

La mine Z-1-M-12A, découverte en 2016, a commencé être fouillée en 2017 (voir rapport, 2016 p. 29-31 et rapport 2017, p. 17-18 et annexe 1). La fouille s'est poursuivie au cours de cette campagne 2018. L'objectif était d'appréhender les dimensions totales de la structure et de déterminer les phases d'exploitation. Le dégagement complet du comblement ne fait pas partie des objectifs. Il nécessite des moyens humains et logistiques supérieurs à nos capacités de recherche.

Afin de relativiser les résultats obtenus lors des fouilles du site de Lemdena et du camp métallurgique Z-8-H-W-28 (cf. rapport 2017, p. 23-29), et de compléter nos connaissances sur les caractéristiques de la métallurgie du cuivre à l'Holocène récent, nous avons fouillé une partie du camp métallurgique Z-7-H-W-45.

- Les interactions entre l'environnement et les activités anthropiques au cours de l'Holocène récent

Les recherches menées en 2017 ont souligné l'existence d'une corrélation entre les zones humides et la présence à proximité de celles-ci d'activités métallurgiques (cf. rapport 2017, p. 51).

L'un des objectifs de cette campagne est d'amorcer une recherche exploratoire visant à étudier quelques zones humides proches de sites présentant des activités métallurgiques. Au travers de ces études paléoenvironnementales, nous cherchons à déterminer l'existence d'indices permettant d'assurer la corrélation chronologique entre le fonctionnement de ces zones humides et celui des activités métallurgiques.

Ces études paléoenvironnementales permettront également de renseigner l'environnement, le climat et les interactions entre ce milieu et les activités anthropiques au cours de l'Holocène récent.

1.f) Démarche et outils

- Formation des étudiants

Dans la perspective de les former à l'ensemble des tâches relatives aux recherches de terrain, nous avons établi un roulement des étudiants.

Au cours de la période dédiée aux fouilles, deux équipes de travail ont été établies : l'une travaillant dans les mines, la seconde menant des recherches au niveau des sites métallurgiques. A tour de rôle, quatre étudiants, à raison de deux groupes de deux, rejoignaient chaque jour l'une des deux équipes. En alternance, un étudiant restait à la base de recherche pour inventorier, documenter et étudier le matériel découvert.

Il en a été de même lors de la période de recherche exploratoire, quatre étudiants participaient aux études de terrain. Nous avons maintenu l'alternance d'un étudiant à la base dédié au travail sur le matériel.

L'encadrement pédagogique de formation était assuré par les chercheurs participant à la mission. Après leur avoir expliqué les objectifs et les moyens mis en place, les étudiants étaient responsabilisés et mis en autonomie pour la réalisation des tâches. Nous restions à leur disposition pour toute question ou complément d'information. Lors de la réunion journalière, en fin de journée, nous faisons ensemble le bilan des acquis et difficultés des étudiants. Ce moment était également destiné à échanger sur les avancées scientifiques et les hypothèses de chacun.

*1- cadre de la troisième campagne*

De façon journalière, nous avons évalué la progression d'acquisition des connaissances par les étudiants. Les points de difficulté étaient repris ensemble afin de s'assurer de la bonne compréhension des notions transmises. En fin de mission, nous avons évalué l'acquisition de ces connaissances par un test noté. Ce test a permis d'une part, pour les étudiants de faire le point sur leurs connaissances, et d'autre part, pour l'équipe d'évaluer notre formation et d'identifier les problèmes de notre démarche de formation. Nous avons revu notre pédagogie et nous avons abordé ces notions sous un nouvel angle.

▪ La métallurgie ancienne dans la région d'Akjoujt

Afin d'étudier les caractéristiques chronologiques, technologiques et culturelles de la métallurgie dans la région d'Akjoujt, nous avons mené des prospections, des sondages et des fouilles.

➤ Les études extensives de l'occupation anthropique liée à la métallurgie

Plusieurs prospections pédestres ont été menées au nord-ouest et à l'Est du massif de Tourarine, sur le versant Nord du draa Oummât el Bid, à la confluence des khatts Chouâyel, el Kleijât et er Ragg el Abeid et au niveau du versant Nord du cordon dunaire de la Dkhaina (**Fig. 4, A à D**).

Nous avons géolocalisé et décrit l'ensemble des sites repérés et détaillé les indices métallurgiques associés. Ces prospections ont également permis d'identifier, à proximité des secteurs présentant des indices métallurgiques, plusieurs zones humides.

L'ensemble des sites repérés lors de ces prospections a été référencé dans la base de données du SIG du projet. Ces prospections ont également donné lieu à un échantillonnage de prélèvements d'artefacts métallurgiques à des fins d'analyses en laboratoire. Nous avons aussi collecté au niveau des sites, des objets susceptibles d'apporter une datation (coquillages, tessons)

➤ Les études ponctuelles de structures métallurgiques

Des sondages ont été pratiqués sur des fours métallurgiques découverts dans les sites Z-7-H-W-96 et Z-7-H-W-97 et Z-9-H-W-18.

La démarche consista à fouiller la moitié du four selon un axe Nord-Sud ou Est-Ouest, afin d'obtenir une section. Suite à l'enregistrement des données, dans un second temps, la seconde moitié est fouillée.

Ces sondages ont permis de recueillir des éléments métallurgie, qui à l'issue d'analyses en laboratoire, permettront de mieux comprendre les procédés techniques de la métallurgie à l'Holocène. Des charbons de bois ont été collectés et seront le support pour des analyses radiocarbone.

➤ Les études détaillées et fouilles des mines et des sites métallurgiques

Une mine et un camp métallurgique ont été étudiés en détail et fouillés en parallèle (**Figs. 4, n° a et b**).

*- La mine*

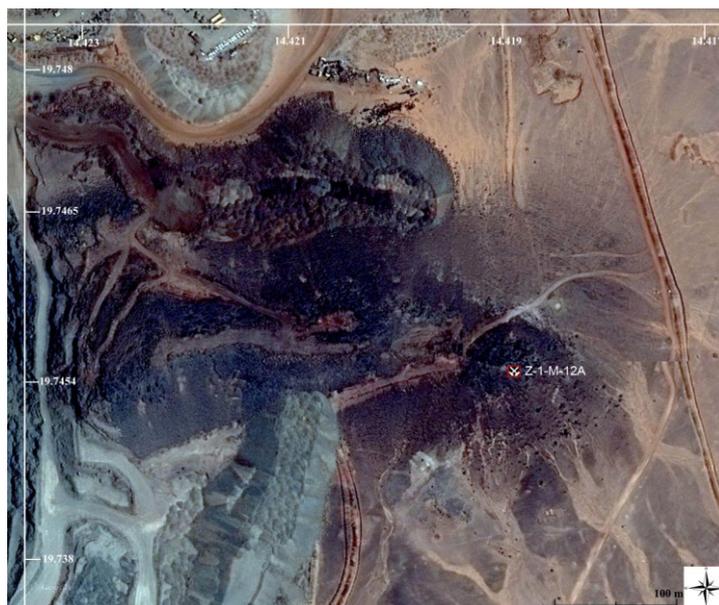
La fouille de la mine Z-1-M-12A, dite « *El bwama<sup>1</sup>* », a été amorcée en 2017. Elle avait permis de déterminer la structure générale de la mine. Elle se caractérise par trois ouvertures débouchant dans deux vastes cavités communicantes, fortement ensablées. Il s'agit d'une vaste mine d'exploitation de cuivre comprenant plusieurs niveaux. L'étude des traces au niveau des parois suggère une exploitation par abattage au feu (cf ; rapport 2017, p.17-18).

Les fouilles se sont poursuivies cette année. Elles ont consisté à poursuivre le dégagement du comblement (roches et sable) du premier niveau et à fouiller une galerie latérale à l'Ouest de l'entrée inférieure.

---

<sup>1</sup> El'bwama désigne le hibou grand duc du désert (grand duc d'Ascalaphe, *Bubo ascalaphus*) qui occupe la cavité de la mine.

1- cadre de la troisième campagne



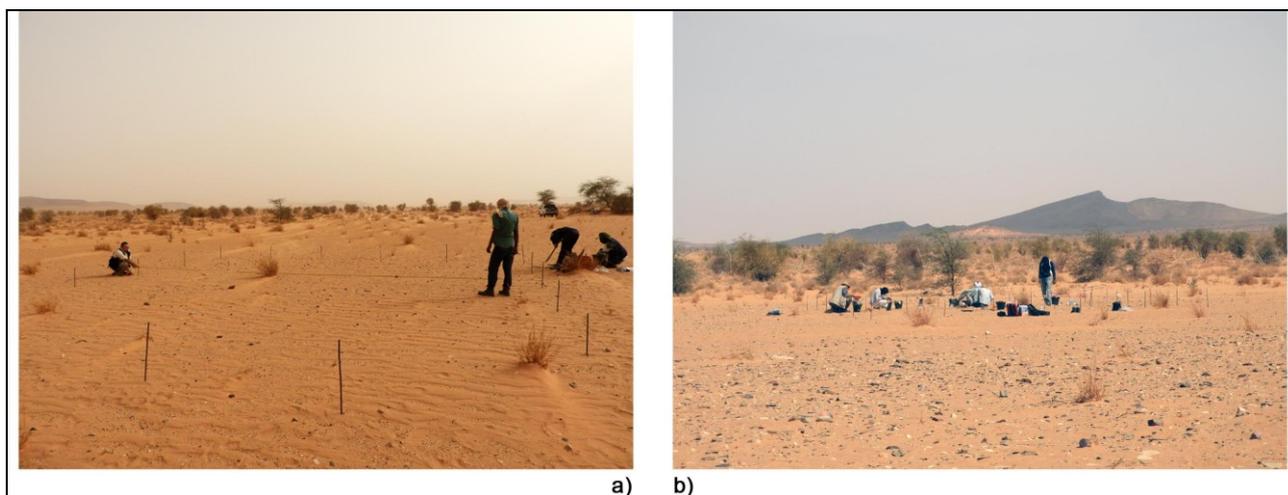
**Fig. 6** : photo satellite du Guelb Moghreïn oriental et localisation des trois mines fouillées en 2017.

*- Le site métallurgique*

Le site Z-7-H-W-45 a été découvert en 2017. Le secteur fouillé correspond à une partie de la zone où se concentrent les indices métallurgiques (scories, minerais, fragment de fours, fragments de creusets) au Nord du site à proximité de la zone humide.

Comme la majorité des sites archéologiques de la région d'Akjoujt, ce camp se caractérise par un « voile archéologique ». En raison d'une érosion intense, les artefacts affleurent en surface et/ou à quelques centimètres de celle-ci. Pour les fouilles, nous avons décidé d'établir un carré de 10 m × 10 m subdivisé par un quadrillage de 2 m × 2 m. Un ramassage exhaustif y a été mené. Il a été complété par un tamisage du sable sur 15 cm de profondeur à l'aide de tamis d'un maillage de 0,2 mm (**Fig. 7**). Pour chaque carré, on reporte les résultats du comptage de chacun des types d'objet dans une fiche d'enregistrement (**Fig. 8**). L'ensemble de ces fiches est saisi dans un tableau récapitulatif (**Fig. 9**). L'objectif est d'établir un plan de densité pour chaque type d'artefact.

Ces fouilles ont permis de découvrir de nombreux charbons, dont une partie fut sélectionnée pour des analyses radiocarbone. En outre, des échantillons ont été prélevés sur certains artefacts métallurgiques dans l'objectif de réaliser des analyses en laboratoire.



**Fig. 7** : Vues de la zone de fouille du camp métallurgique Z-7-H-W45, carrés de fouille (10m × 10m) et avec un quadrillage (2m × 2m). a) vue en direction de l'Est lors de l'installation du quadrillage, b) vue en direction du Nord de lors de la fouille de la zone.

1- cadre de la troisième campagne

Nom du site :		Date :	
Secteur :		Nom du fouilleur :	
Zone :			
	Lettre	Numéro	
Artefacts :		Remarques :	
nombre			
tessons			
scories			
minerais			
éléments de four			
objets métal			
microlithique			
macrolithique			

Fig. 8 : fiche d'enregistrement du comptage des artefacts après ramassage et tamisage pour chaque carrés de fouille.

	1	2	3	4	5	TOTAL
A	tessons					0
	scories					0
	minerais					0
	éléments de four					0
	objets métal					0
	microlithique					0
	macrolithique					0
TOTAL	0	0	0	0	0	0
B	tessons					0
	scories					0
	minerais					0
	éléments de four					0
	objets métal					0
	microlithique					0
	macrolithique					0
TOTAL	0	0	0	0	0	0
C	tessons					0
	scories					0
	minerais					0
	éléments de four					0
	objets métal					0
	microlithique					0
	macrolithique					0
TOTAL	0	0	0	0	0	0
D	tessons					0
	scories					0
	minerais					0
	éléments de four					0
	objets métal					0
	microlithique					0
	macrolithique					0
TOTAL	0	0	0	0	0	0
E	tessons					0
	scories					0
	minerais					0
	éléments de four					0
	objets métal					0
	microlithique					0
	macrolithique					0
TOTAL	0	0	0	0	0	0

TOTAUX	
tessons	0
scories	0
minerais	0
éléments de four	0
objets métal	0
microlithique	0
macrolithique	0
	0
	0

Fig. 9 : tableau récapitulatif pour l'ensemble des carrés de la fouille d'un site.

▪ Les études paléoenvironnementales

Ces recherches ont été menées sous la direction d'Aziz Ballouche. Aucune étude paléoenvironnementale n'avait encore été menée dans la région d'Akjoujt. Il s'agit d'une première campagne exploratoire. Pour cette raison, nos travaux ont visé à renseigner ponctuellement plusieurs secteurs distincts sur l'ensemble de la zone. Huit sondages ont été menés ; le numéro attribué correspond à **M**auritanie **AK**joujt correspondant à l'acronyme **MAK**-n°échantillon. Les secteurs retenus correspondent se caractérisent par des indices de zones humides (paléo-chenal, dépression, affleurement lacustre), à proximité d'occupations anthropiques présentant souvent des témoignages d'activités métallurgiques.

La démarche de sondage consista dans un premier temps à faire une tranchée de 1,5m à 2m de long sur 50-70 cm de profondeur. Tous les 10 cm, un prélèvement d'une centaine de grammes de sédiment a été prélevé. Dans un second temps, nous avons utilisé la tarière afin de poursuivre le sondage. De nouveau, tous les 10 cm un prélèvement a été effectué. La profondeur des sondages et de l'ordre d'une centaine de centimètres soit entre 10 et 14 prélèvements sédimentaires pour chaque sondage.

2- Résultats préliminaires

2) Les résultats préliminaires

2.a) La formation des étudiants

*- formation sur le terrain*

Pour la majorité des étudiants, il s'agissait de leurs premières fouilles. Nous les avons formés aux principes et techniques de fouilles des sites et des mines ainsi qu'aux démarches d'enregistrement des données.

Les étudiants ont acquis progressivement une maîtrise des techniques de fouilles, la capacité à reconnaître les artefacts métallurgiques et à enregistrer les données dans les inventaires. Ils ont été sensibilisés aux notions d'archéoméallurgie et aux principes des analyses en laboratoire.

Les chercheurs participant à la mission les ont également sensibilisés aux études paléoenvironnementales, matériel lithique, artefacts métallurgiques à l'interprétation des artefacts préhistoriques et à la constitution d'un SIG.

Le jeune étudiant, Moulay, en licence de géologie, qui a été intégré à l'équipe cette année, a été formé aux principes de base de l'archéologie. Nous nous sommes basés sur son socle de connaissance en géologie, pour l'amener vers les notions de géo-archéologie et les interactions entre ces deux disciplines. Nous l'avons responsabilisé pour des tâches de géo-archéologie lors des missions de terrain. Avec difficulté, il a acquis ces notions et participé aux recherches de terrain. A l'issue de son stage, il a reconnu avoir utilisé la mission pour tenter d'obtenir un stage dans la mine MCM. Il ne souhaite pas intégrer des études archéologiques mais poursuivre ses études en géologie dans la spécialité geo-mine.

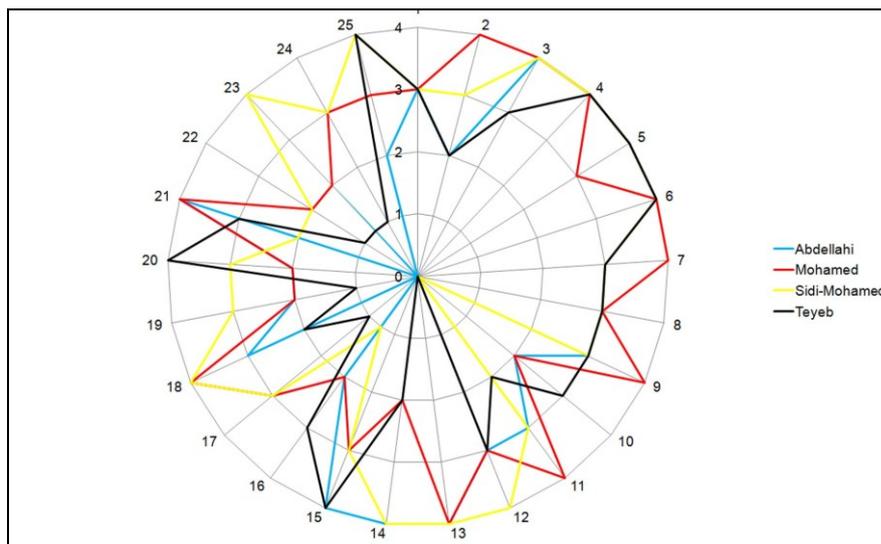
Sensibilisés aux indices anthropiques pour la reconnaissance des sites, les deux nouveaux étudiants, qui nous ont rejoints en 2017, ont démontré cette année leur capacité à repérer des sites et participer à leur description et à l'enregistrement des données métriques. Nous leur avons confié des responsabilités de prospections et de sondages. Autonomes lors de ces opérations, nous supervisons la démarche, la réalisation et l'enregistrement des données. Ils ont brillamment réalisé ces travaux

Les deux étudiants, Sidi Mohamed et Tiyeb, qui participent à la mission depuis 2016 se sont perfectionnés dans la reconnaissance des sites et l'étude du matériel. Leur maîtrise des opérations archéologique leur permet une large autonomie au cours des recherches de terrain. Ils constituent aujourd'hui des référents pour les autres étudiants.

Par le biais de cette formation pratique, nous les avons également sensibilisés à la question d'un choix pour un sujet de recherche de master dans l'optique d'une formation universitaire en France. L'un des étudiants, Mohamed, a montré un intérêt dans l'étude des indices métallurgiques. Il souhaite poursuivre ses études en France dans le cadre d'un master d'archéologie africaine focalisé sur la question de la métallurgie extractrice dans la région de l'Assaba au Sud de la Mauritanie.

Le test a permis d'évaluer les connaissances des quatre étudiants ; Mouley a refusé de faire le test en dépit de nos relances. Les résultats mettent en évidence une homogénéité des notes avec un écart type de 74/100 : 70/100, 80/100, 79/100 et 67/100 (**Fig. 10**). Par le biais de cette évaluation, nous avons identifié un problème dans la démarche d'explications des notions techniques de la métallurgie ancienne. Nous avons abordé ces notions par une pédagogie différentes s'appuyant sur des bases de chimie, physique et de géologie. A l'issue de ces nouvelles explications, les étudiants ont mieux compris ces notions.

## 2- Résultats préliminaires



**Fig. 10** : diagramme en radar des résultats du test soumis aux étudiants afin d'évaluer leurs connaissances et notre démarche pédagogique.

### - bourse MEAE pour stage pratique en France

Sidi Mohamed a obtenu la bourse du MEAE pour un stage pratique en archéologie en France. Il réalisera du 1 octobre au 30 Novembre 2018 un stage intitulé « *la chaîne opératoire de l'archéologie préventive* » au sein de la direction régionale de l'INRAP des Haut de France à Villeneuve d'Ascq. Il participera aux opérations de diagnostics archéologiques et à celles d'étude et de conservation du matériel découvert.

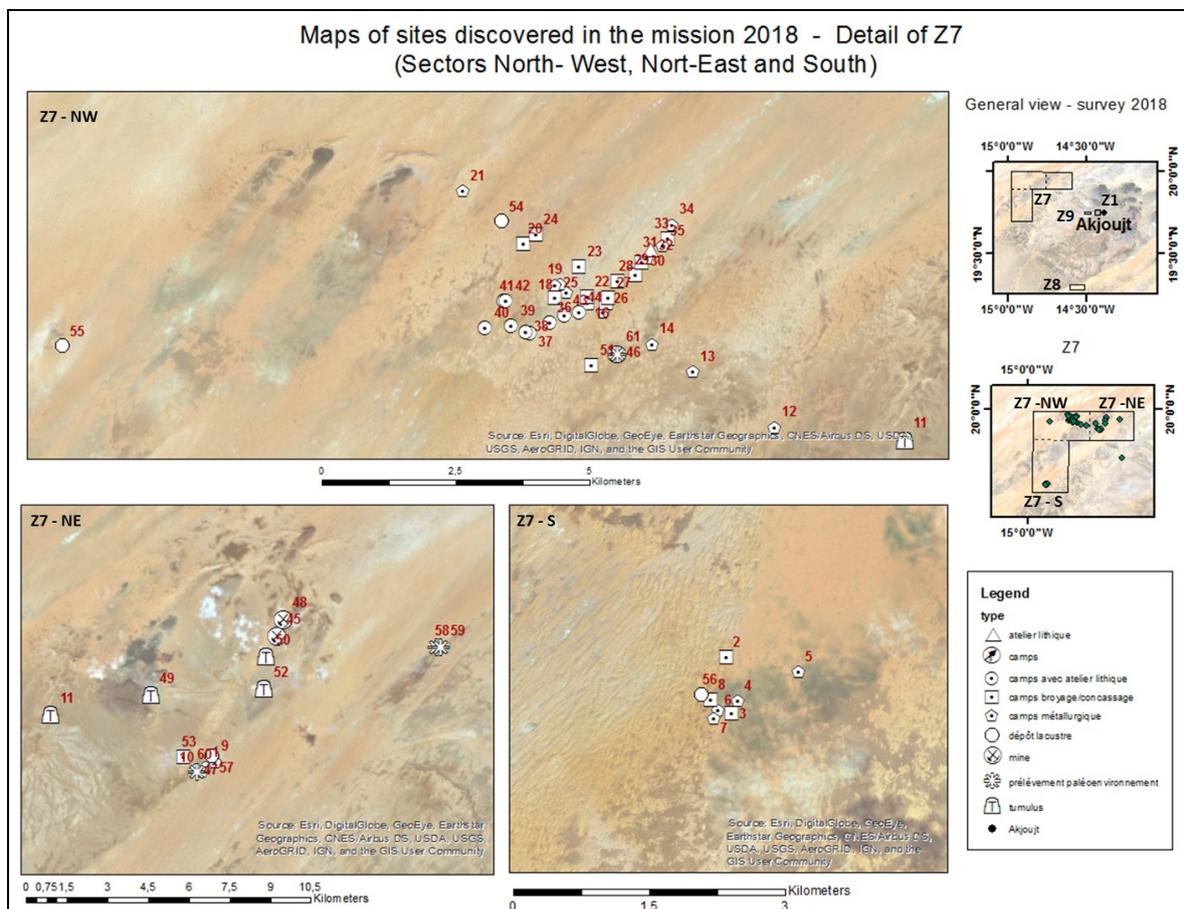
### 2.b) La métallurgie ancienne dans la région d'Akjoujt

#### 2.b.1) Les études extensives de l'occupation anthropique liée à la métallurgie

##### - Draa Oummât el Beid

Suite à la découverte en 2017 de fragments de tuyères au niveau du site Z-7-HW-27, nous avons intensifié les prospections autour de site dans un rayon de 800 m (voir rapport 2017, p. 41 Fig. 59). Nous avons identifié trois camps de broyage concassage comprenant des macro-outils (pilon, meule, percuteurs) à l'Ouest, Nord et au Sud de Z-7-HW-27. Quatre nouveaux camps métallurgiques ont été localisés au Sud et à l'Est de Z-7-HW-27. Ces camps se caractérisent par des scories et fragments de parois de fours. Une pointe de flèche fut découverte à Z-7-H-W-96 (**Fig. 12**). Selon l'analyse XRF, elle est en cuivre légèrement allié à l'arsenic (**Fig. 13**). Ces camps métallurgiques sont à proximité d'un affleurement lacustre. Sous réserve que cette zone humide soit contemporaine de l'occupation anthropique, l'hypothèse d'une corrélation entre les zones humides et la présence à proximité de celles-ci d'activités métallurgiques semble se confirmer.

2- Résultats préliminaires



**Fig. 11** : carte de localisation des sondages de paléoenvironnement réalisés et des sites, mines découvertes lors des recherches de terrain 2018 :

- ♦ **campements métallurgiques** : 1- Z-7-H-W-45, 4- Z-7-H-W- 95, 5- Z-7-H-W-96, 6- Z-7-H-W-97, 7- Z-7-H-W-98, 9- Z-7-H-W-100, 10- Z-7-H-W-101, 12- Z-7-H-W-102, 13- Z-7-H-W-103, 14- Z-7-H-W-104, 15- Z-7-H-W-105, 17- Z-7-H-W-107, 18- Z-7-H-W-108, 19- Z-7-H-W-109, 21- Z-7-H-W-111, 31- Z-7-H-W-121, 34- Z-7-H-W-124, 35- Z-7-H-W-125, 47- Z-7-H-W-136,
- ♦ **campements de broyage/concassage** : 2- Z-7-H-W-93, 3- Z-7-H-W-94, 8- Z-7-H-W-99, 16- Z-7-H-W-106, 20- Z-7-H-W-110, 22- Z-7-H-W-112, 23- Z-7-H-W-113, 24- Z-7-H-W-114, 25- Z-7-H-W-115, 26- Z-7-H-W-116, 27- Z-7-H-W-117, 28- Z-7-H-W-118, 29- Z-7-H-W-119, 30- Z-7-H-W-120, 33- Z-7-H-W-123, 51- Z-7-H-W-137, 53- 51- Z-7-H-W-138
- ♦ **camp** : 46- Z-7-H-W-135 ,
- ♦ **campements avec atelier lithique** : 36- Z-7-H-W-126, 37- Z-7-H-W-127, 38- Z-7-H-W-128, 39- Z-7-H-W-129, 40- Z-7-H-W-130, 41- Z-7-H-W-131, 42- Z-7-H-W-132, 43- Z-7-H-W-133, 44- Z-7-H-W-134
- ♦ **atelier lithique** 32- Z-7-H-W-122 ,
- ♦ **mines** : 45- Z-7-M-02 ; 48- Z-7-M-03
- ♦ **tumuli** : 11- Z-7-T-03, 49- Z-7-T-04, 50- Z-7-T-05, 52- Z-7-T-06
- ♦ **dépôt lacustres** : 54, 55, 56, 57
- ♦ **sondages de paléoenvironnement** : 58- MAK-03a, 59-MAK-03b, 60- MAK-02, 61-MAK-01.

2- Résultats préliminaires

Au niveau des camps Z-7-H-W-97 et Z-7-H-W-98, des foyers métallurgiques ont été identifiés (Ø 0,31 - 0,39 m). Ils se caractérisent par de nombreux fragments de terre cuite rubéfiée et scoriacés et des scories (Fig. 14). Nous avons décidé de mener des études ponctuelles au niveau de ces foyers métallurgiques (voir ci-après, § 2.b.2).



Fig. 12 : pointe de flèche en cuivre découverte sur le camp métallurgique Z-7-H-W-96.

n°analyse/elements	Cu	Fe	S	Ca	K	Cl	As	Zn	Th	P	Mn	Ni	Rb	Nb	Mo	Rh	Pt	Sr	U
1 (mg/kg)	571473,1	51468	24390	22092	9968	8910	10624	8429	8096	5825	2636	762	722	259	319	319	269	196	151
2 (mg/kg)	764548	4904	8853	9110	4034	4155	976	835	150	2121	1004	128	90	27,9	25,8	26	104	17,5	36,3
moyenne (mg/kg)	668010,55	28186	16621,5	15601	7001	6532,5	5800	4632	4123	3973	1820	445	406	143,45	172,4	172,5	186,5	107,75	93,65
moyenne (% massique)	66,801055	2,8186	1,66215	1,5601	0,7001	0,65325	0,58	0,4632	0,4123	0,3973	0,182	0,0445	0,0406	0,014345	0,01724	0,01725	0,01865	0,010775	0,009365
moyenne normalisée	87,43	3,69	2,18	2,04	0,92	0,86	0,76	0,61	0,54	0,52	0,24	0,06	0,05	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01
moyenne arrondie	87,40	3,70	2,20	2,00	0,90	0,90	0,80	0,60	0,50	0,50	0,20	0,10	0,10	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01

Fig. 13 : résultats d'analyses réalisées avec XRF Olympus Delta sur la pointe de flèche découverte sur le camp métallurgique Z-7-H-W-96.

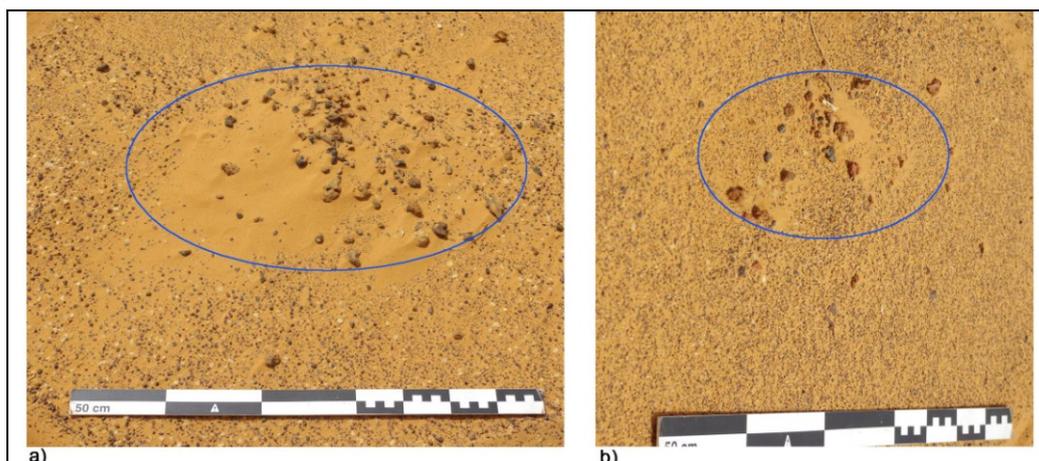


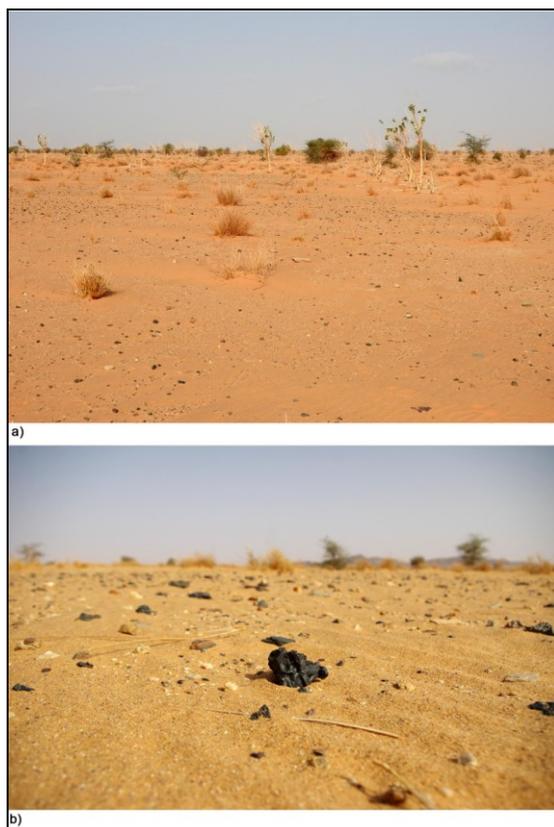
Fig. 14 : Foyers métallurgiques découverts au niveau du camp Z-7-H-W-97 : a) foyer F.1 comprenant de nombreux petits fragments de terre rubéfiés et scoriacés ainsi que des petites scories, b) foyer F.2, 300m à l'Ouest de F.1, caractérisé par quelques fragments de terre rubéfiée.



Fig. 15 : Foyer métallurgique identifié à Z-7-H-W-98. Il se caractérise par des fragments de terre rubéfiée et scoriacés.

2- Résultats préliminaires

Une prospection fut menée autour du camp Z-7-H-W-45, en complément à la fouille menée sur ce site (voir ci-après, § 2.b.3). Dans un rayon de 300 m autour de celui-ci, trois autres camps métallurgiques ont été découverts : Z-7-H-W-100, Z-7-H-W-101, Z-7-H-W-136 (voir ci-après, **Fig. 41**). Ils se caractérisent par des macro-outils lithiques, de nombreuses scories, des fragments de creusets et des parois de four. Parmi les camps découverts aux alentours immédiats de Z-7-H-W-45, Z-7-H-W-101 se distingue des autres de part sa taille (4 km<sup>2</sup>) et les nombreux indices métallurgiques découverts : fragments de creusets, parois de fours, amoncellements de scories brutes et concassées, objet en métal (**Figs. 16 & 17**). Une terracota représentant un bovidé fut également découverte (**Fig. 18**). Ce type d'objet est caractéristique des cultures Saharo-Sahélienne au cours du second millénaire (Coutros, 2017, p. 191). De nombreux exemples sont connus au Mali, au Niger, au Tchad, au Sénégal et en Mauritanie (*ibidem*).



**Fig. 16** : camp métallurgique Z-7-H-W-101 : a) vue en direction du Nord, on distingue au premier et second plans les zones de concassage de scorie (parties foncées), b) vue de détail de la concentration d'indices métallurgiques, au premier plan, une scorie et une paroi de four, au second plan des scories et au troisième plan un fragment de creuset.



**Fig. 17** : boucle d'oreille découverte à Z-7-H-W-101



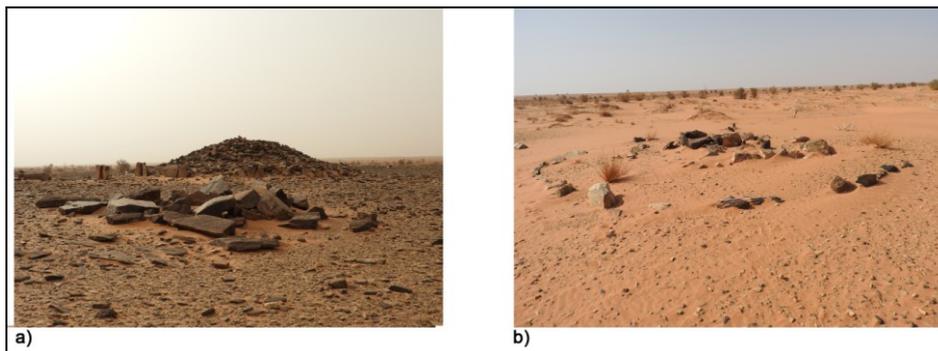
**Fig. 18** : terracota de bovidé mis au jour à Z-7-H-W-101.

2- Résultats préliminaires

- Tourarine

• Sites funéraires

Au sud-ouest de la mine Z-7-M-1, découverte. Une cinquantaine de tumuli ont été dénombrés dans chacune de ces zones. Un troisième secteur de concentration de tumulus a été découvert à l'Est de du massif de Tourarine. Aucune étude détaillée n'a été menée au cours de cette campagne, puisqu'il ne s'agissait pas des objectifs visés par cette mission. Toutefois, deux tumuli à couloir et enclos se distinguent des autres par leur forme et leur dimensions (**Fig. 19** : tumuli). Autour de ces structures imposantes, des petits tumulus ont également identifiés. Les tumuli à couloir et enclos sont connus au Niger et leur origine serait la vallée de Tassili N'Ajer en Algérie ; ils sont datés entre la fin du 5<sup>e</sup> et celle du 4<sup>e</sup> millénaires avant notre ère (Paris, 1993, p. 96-97).

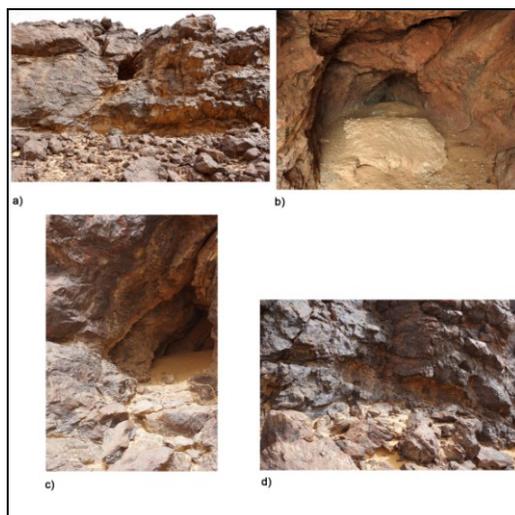


**Fig.19** : Tumuli à couloir et enclos, présentant des dimensions imposantes, découverts à l'Est du massif de Tourarine. a) tumulus présentant des dalles dressées au niveau du couloir et des dalles le long de la base de l'amoncellement de pierre ; b) tumulus dont il ne subsiste que les premières pierres du couloir et la chambre funéraire au centre, probablement recouverte par l'amoncellement de pierres aujourd'hui disparu.

• Mines

- Z-7-M-02

Au niveau de la montagne à l'Est du massif de Tourarine, sur le versant Nord, un ensemble de mines fut découvert. Au niveau d'une falaise, plusieurs alvéoles et fronts de taille ont été identifiés. 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. Nos recherches n'ont pas permis d'identifier la minéralisation et de déterminer le type de matière première exploitée. Il convient de noter la découverte d'un petit pendentif en coquillage à l'intérieur d'une des alvéoles d'abattage au feu profonde de 4 m (**Fig. 20**, n°a & b).



**Fig. 20** : Une partie des mines Z-7-M-02 découverte au niveau du versant Nord de la montagne à l'Est du massif de Tourarine. a) vue en direction du Sud d'une alvéole et d'un front de taille exploités par abattage au feu et maillet ; b) vue de détail de l'intérieur de l'alvéole d'abattage au feu, profondeur estimée < 4m ; c) alvéole d'abattage au feu ; d) front de taille.

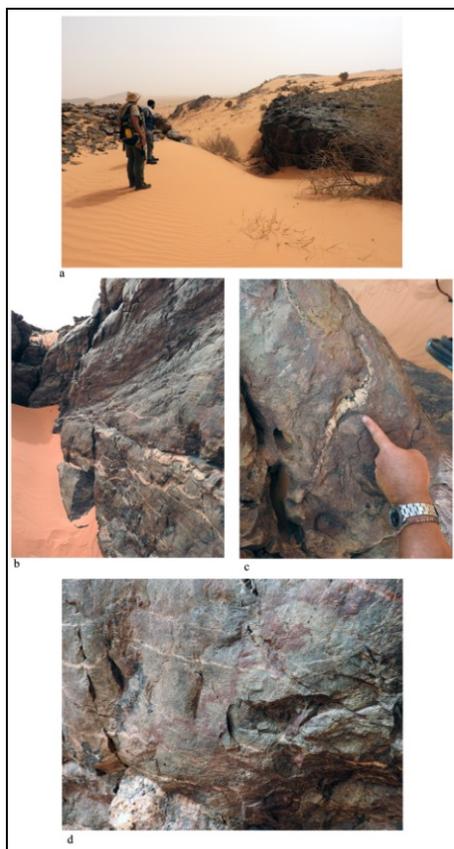
2- Résultats préliminaires



**Fig. 21** : petit pendentif en coquillage découvert dans l'une des alvéoles d'abattage au feu de Z-7-M-02 (Fig. 20, n°a).

Z-7-M-03

Cette exploitation se situe sur le versant nord-ouest du massif au niveau duquel la mine Z-7-M-02 a été identifiée. L'encaissant correspond à de la quartzite abritant des veines de quartz. Les traces d'exploitation ont été observés au niveau d'une zone de 5 à 10 m de large sur 30 m de long sur une falaise (**Fig. 22**, a). Il semblerait que ce canyon corresponde 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 (**Fig. 22**, n°d). Ce mode d'exploitation suggèrent que cette mine date de l'époque médiévale. Au regard de l'encaissant, des veines de quartz, il est fort probable que le minerai extrait soit de l'or ; toutefois, nos travaux ne sont pas parvenus à le prouver. En contrebas de la falaise, plusieurs haldes de stérile ont été identifiées.

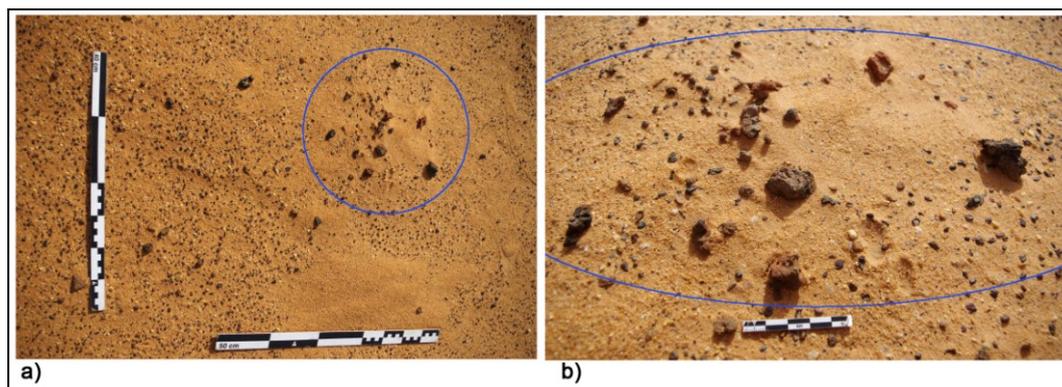


**Fig. 22** : Mine Z-7-M-03 : a) vue général de la falaise présentant des traces d'exploitation, b) vue de détail du secteur Sud, c) détail de la minéralisation portée par la veine de quartz, d) traces d'exploitation au pic et/ou ciseau en fer.

- Camps

Les prospections au nord-ouest du massif de Touraraine, en direction du piton isolé d'Amalli, ont permis de découvrir de nombreux camps. Un grand nombre comportaient des foyers d'un diamètre compris entre 0,22 et 0,34 m et caractérisés par des fragments de terre cuite rubéfiée (**Fig. 23**). Nous ignorons la fonction de ces structures qui ne sont clairement pas associées à la métallurgie.

2- Résultats préliminaires

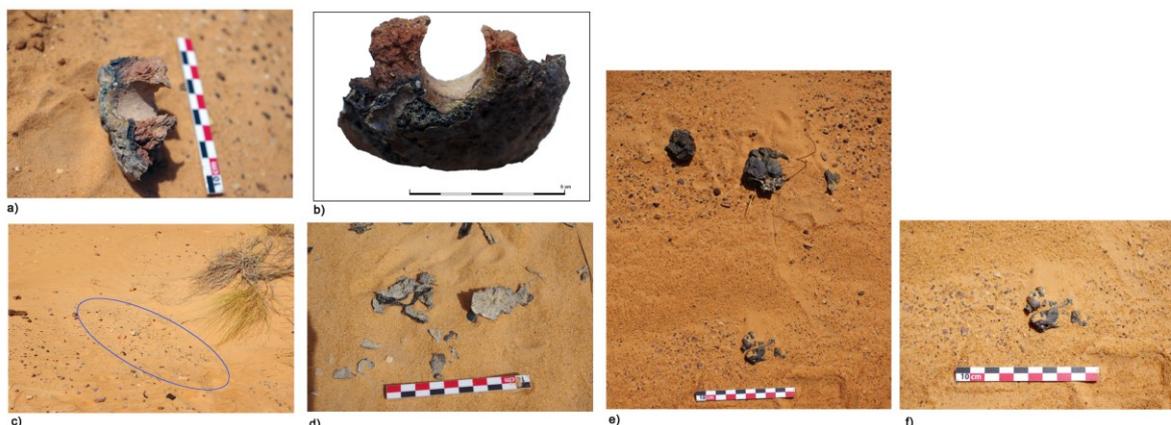


**Fig. 23** : l'un des foyers découvert au niveau du camp Z-7-H-W-108. a) vue générale en direction du Sud du foyer, b) vue de détail des petits fragments de terre cuite rubéfiés.

Au niveau du secteur à l'Ouest de la zone de prospection, des camps comportant des ateliers de productions microlithiques ont principalement été découverts. Ils comprennent des nucléus de roches siliceuses, des éclats de tailles, des retoucheurs, des raclours et des pointes de flèches.

Au centre et à l'Est de la zone de prospection, de camps de broyage/concassage et une dizaine de camps métallurgiques ont été découverts. Les camps de broyage/concassage correspondent à des ateliers de courte durée d'occupation. Ils se caractérisent par la présence en surface de macro-outils lithiques : meules, pilon, percuteurs, molettes. Les camps métallurgiques, également caractérisés par une courte durée d'occupation, comprennent des scories, des fragments de creusets.

Au niveau des camps Z-7-H-W-111, Z-7-H-W-124 et Z-7-H-W-125 des indices particuliers témoignent d'activités métallurgiques. Des nodules métalliques associés à des scories ont été découverts à l'Est du camp Z-7-H-W-111 (**Fig. 24**, n°e et f). Il pourrait s'agir de fond de four. Une zone de concentration de scories vitrifiées a été identifiée au Nord du camp Z-7-H-W-124 (**Fig. 24**, n°c et d). Ces scories semblent correspondre à du sable vitrifié. La zone a vraisemblablement été exposée à des températures de l'ordre de 1500°C à 1700°C. Il pourrait s'agir d'une coulée de métal en fusion. Toutefois, aucun autre indice lié à la métallurgie n'a été découvert à proximité. L'hypothèse d'une relation avec des activités métallurgiques nécessite des études plus approfondies. L'analyse en laboratoire de ces scories devrait permettre de connaître leur structure, leur composition et ainsi de déterminer la raison de leur formation. Un fragment d'extrémité de tuyère (Ø 1,5 cm) fut mis au jour à l'Est du camp Z-7-H-W-125 (**Fig. 24**, n°a et b). Des fragments de parois de four, des scories et un culot métallique furent également découverts à proximité ; ces indices témoignent de la présence d'un four métallurgique de réduction. Cette découverte confirme l'hypothèse de la pratique de ventilation forcée par tuyère dans structures pyrométallurgiques. Des fragments de tuyères avaient été découverts en 2017 à Lemdena et au niveau des camps Z-8-H-W-28 et Z-7-H-W-27 (cf. rapport 2017, p. 26, 28 et 41).



**Fig. 24** : indices métallurgiques mis en évidence au niveau des camps Z-7-H-W-111, Z-7-H-W-124 et Z-7-H-W-125 ; a) vue in situ de l'extrémité de tuyère mis au jour sur le camp Z-7-H-W-125, b) vue de détail du fragment de scorie, c) vue de zone de concentration des scories vitrifiées sur le camps Z-7-H-W-124, d) détail des scories vitrifiées, e) scories et nodules métalliques découverts au niveau du camp Z-7-H-W-111, f) vue de détail de l'un des fonds de creuset découvert au niveau de Z-7-H-W-111.

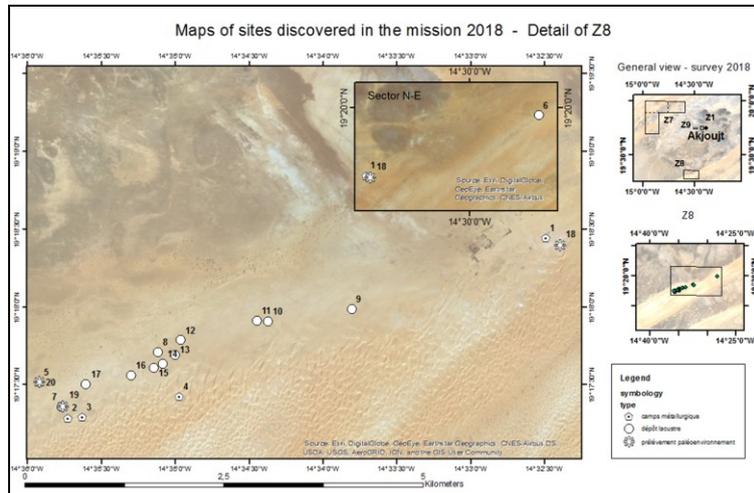
2- Résultats préliminaires

• Bilan des prospections dans le secteur de Tourarine

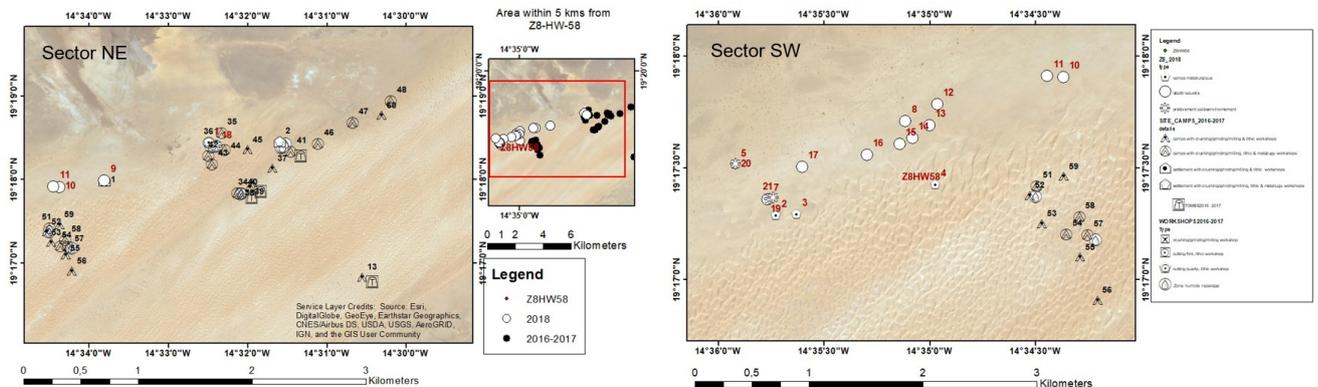
Les prospections au Nord de Tourarine mettent en évidence une occupation anthropique dense de cette zone du cordon dunaire de l'Akchar. La culture matérielle découverte est similaire à celle qui fut mis au jour au niveau du Draa Oummât el Beit en 2016 et 2017 (voir rapport 2016, p. 54-55 et rapport 2017, p. 40-44). Les céramiques découvertes sont également proches et situent l'occupation anthropique au cours du 2<sup>e</sup> millénaire avant notre ère.

Les camps métallurgiques repérés dans cette zone posent la question de l'approvisionnement en matières premières. Les mines les plus proches sont à 10 km au Sud au niveau du massif de Tourarine ; toutefois nos recherches n'ont pas permis de confirmer le type de matériau exploité au niveau de ces mines (voir ci-dessus, voir rapport 2016, p. 55). Les minéralisations de cuivre les plus proches connues sont à 42 km au Sud, au niveau du massif d'Atomaye (voir rapport, 2016, p. 32-35). Cette distance est excessive pour un approvisionnement en minerais. Nous supposons l'existence d'exploitation de cuivre à proximité de ces camps métallurgiques. Il pourrait s'agir de minéralisations secondaires de cuivre présentes sous la forme de dépôts alluviaux (placer). De plus, les activités métallurgiques nécessitent de l'eau pour certaines étapes, comme celle de l'enrichissement. Nos recherches au Nord de Tourarine n'ont toutefois pas mis en évidence de paléo-rivière, seul des affleurements de dépôt lacustre ont été repérés. La question de la dynamique paléo-hydrologique reste entière et mériterait une étude spécifique.

- Nord-Ouest de la Dkhaina



**Fig. 25** : carte de localisation sondages paléoenvironnementaux réalisés et des camps métallurgiques et dépôts lacustres découverts au niveau du cordon dunaire de la Dkahina, au sud-ouest, entre les villages de Dâman et Touzigit. sondages paléoenvironnementaux : **18-** MAK-05, **19-** MAK-06a et MAK-06b, **20-** MAK-07 ; Camps métallurgiques : **1-** Z-7-H-W-28 (site découvert en 2017), **2-** Z-7-H-W-56, **3-** Z-7-H-W-57, **4-** Z-7-H-W-58, **5-** Z-7-H-W-59 ; dépôts lacustres : **6** à **17**.



**Fig. 26** : carte de localisation détaillée des camps métallurgiques découverts en 2018 (**1-** Z-8-H-W-28, **2-** Z-8-H-W-56, **3-** Z-8-H-W-58, **4-** Z-8-H-W-59), entre les villages de Dâman et Touzigit. Les sites découverts en 2016 et 2017 (n°**41** à **59**), les affleurement lacustres (n°**6** à **17**) et les sondages paléoenvironnementaux (**18-** MAK-05, **19-**MAK-06b, **20-**MAK-07, **21-** MAK-06a) sont également précisés.

## 2- Résultats préliminaires

Parallèlement aux études paléoenvironnementales menée dans cette zone (voir § 2.d), une prospection a été menée du Sud du village de Dâmane à l'Est de celui de Touizigt (**Figs. 25 & 26**). Au Nord-Ouest d'un groupe de sites découverts en 2017, comprenant notamment plusieurs camps métallurgiques (voir rapport 2017, p. 31), quatre nouveaux camps caractérisés par des activités métallurgiques ont été découverts cette année. Plusieurs indices témoignent de ces activités : fragment de pot à soufflet (« *pot-bellows* »), scories et objet en métal (**Fig. 27**). La répartition des camps métallurgiques suggère une installation de part et d'autre de la vaste zone humide dont ne subsiste aujourd'hui que des affleurements lacustres ; une partie de ces derniers a disparu par l'érosion fluviale provoquée par l'Oued Lakhraiza. L'hypothèse d'une corrélation entre la localisation des activités métallurgiques et celle des anciennes zones humides se trouve ainsi confortée.



**Fig. 27** : Indices métallurgiques découverts au niveau des camps lors de la prospection entre Damâne et Touizigt : a) vue en direction du Nord du camp Z-8-H-W-56, au premier plan les artefacts archéologiques, au second plan les affleurements lacustre, au troisième plan le lit de l'Oued Lakhraiza, b) fragment de *pot bellows* découvert au niveau du camp Z-8-H-W-57, c) objet en métal mis au jour sur ce même camp, d) vue de la zone de concentration de scorie de réduction du camp Z-8-H-W-58, e) détail de l'une des scories au niveau de cette zone de concentration.

### 2.b.2) Les études ponctuelles de structures métallurgiques

#### - camps métallurgiques dans le Draa Oummât El Beid

Un premier sondage a été mené sur le foyer découvert sur le camp Z-7-H-W-98. La structure foyère d'un diamètre de 22,5 cm, correspond à une petite cuvette profonde de 7,8 cm. Des fragments de terre cuite rubéfiée et scoriacés sont visibles en surface et dans les premiers centimètres du comblement. A l'exception de petites scories aucun autre indice métallurgique n'a été découvert lors de ce sondage.

Nous avons également mené des sondages sur les deux foyers découverts au niveau des camps Z-7-H-W-97. Un décapage de surface a permis de délimiter les limites des structures foyères (**Fig. 28**).



**Fig. 28** : décapage de surface du foyer 1 découvert dans le camp Z-7-H-W-97. Le gonfleur pour les pneus est ici utilisé pour propulser de l'air et souffler le sable de surface.

Dans un premier temps la moitié du foyer est fouillée selon un axe de coupe Nord-Sud, afin d'étudier la coupe. Puis, la seconde partie est étudiée. L'ensemble du comblement a été tamisé.

Les foyers se caractérisent par des fonds de cuvette d'une profondeur de 8 à 9,5 cm. Leur remplissage est hétérogène et différent pour chacun des deux foyers. Le premier comportent des fragments de parois de four rubéfiés et scoriacés, des paillettes et fragments de charbon et des fragments de creusets (**Fig. 29, n°f ; Fig. 30**).

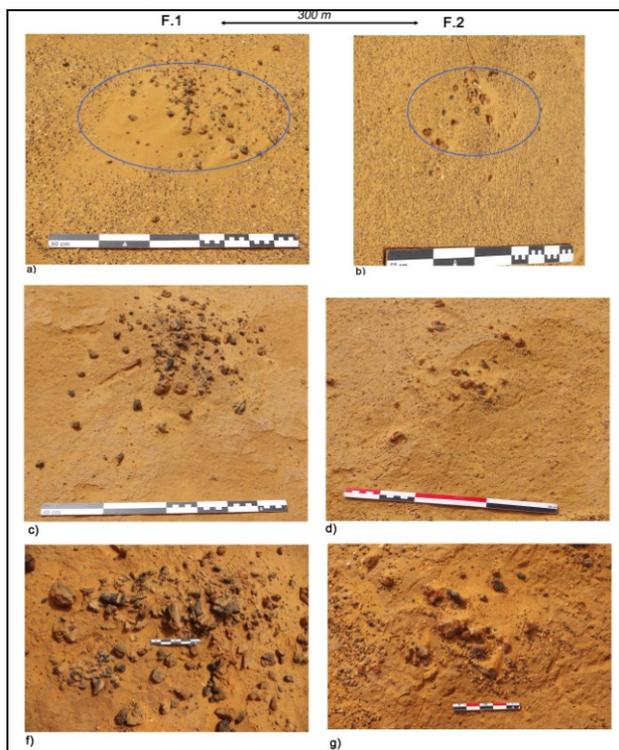
2- Résultats préliminaires

Le second foyer ne comportait en surface des fragments de parois de four rubéfiés et scoriacés, des charbons et des fragments de buses en terre cuite (**Fig. 29**, n°g). Le tamisage du comblement de ce second foyer a permis de mettre au jour des billettes de métal.

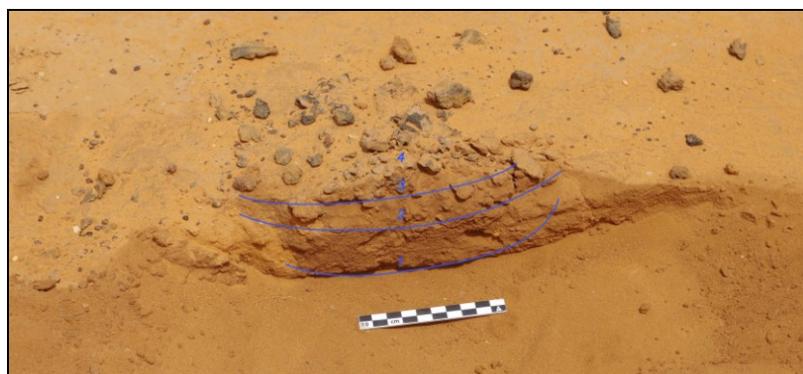
L'étude du comblement de ces deux foyers révèle l'usage de deux pratiques métallurgiques dans ces foyers distants de 300m.

Dans le second foyer, la présence de fragments de buses en argile suggère l'usage de chalumeaux (« *blow-pipe* ») comme ventilation forcée pour la réduction de minerai (**Figs 31 & 32**). La découverte de billettes de métal au fond de la cuvette conforte l'hypothèse d'un foyer de réduction.

Le premier foyer serait plutôt lié à la fonte comme le laisse supposer la découverte de fragments de creusets en surface. Réduction et fonte sont donc pratiquées au niveau de ce camp métallurgique. La pratique de ces deux étapes au niveau d'un même site avait été mise en évidence à Lemdena et à Z-8-H-W-28, lors de la précédente mission de terrain (voir rapport 2017, p. 28-29).

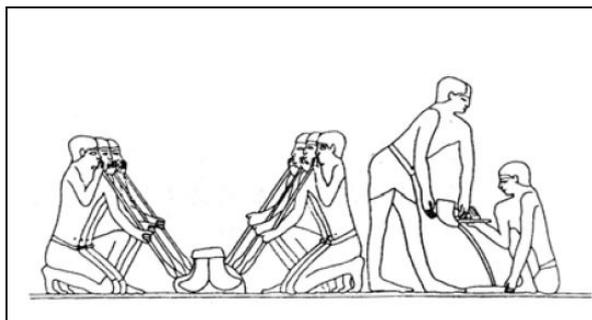


**Fig. 29** : Vue en direction du Sud des foyers 1 & 2 découverts sur le camp métallurgique Z-7-H-W-97. a) et b) : état avant le décapage, c) et d) état après le décapage de surface, f) et g) vue de détail du comblement en surfaces des deux foyers.

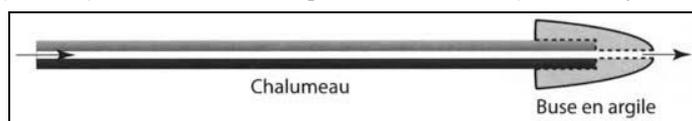


**Fig. 30** : Coupe Nord-Sud du foyer 1 découvert au niveau du camp métallurgique Z-7-H-W-97 : *couche 1* : niveau de sable rubéfiée rouge-brun, *couche 2* : niveau sablo-charbonneux ocre-gris avec paillettes et fragments de charbon, *couche 3* : niveau de comblement comportant des fragments de parois de four et des fragments de creuset.

2- Résultats préliminaires



**Fig. 31** : métallurgistes égyptiens pratiquant (à gauche) la réduction de minerais avec l'usage de chalumeau pour souffler (« *blow-pipe* ») et (à droite) la fonte de métal à partir d'un creuset (C.J. Davey, 1998, p. 64, fig. 6.4).



**Fig. 32** : schéma du chalumeau à souffler - « *blow-pipe* » - (Rehder, 1994).



**Fig. 33** : expérimentation de la réduction de minerais de cuivre à l'aide de chalumeau à souffler - « *blow-pipe* » (Martinon-Torres M., 2004)

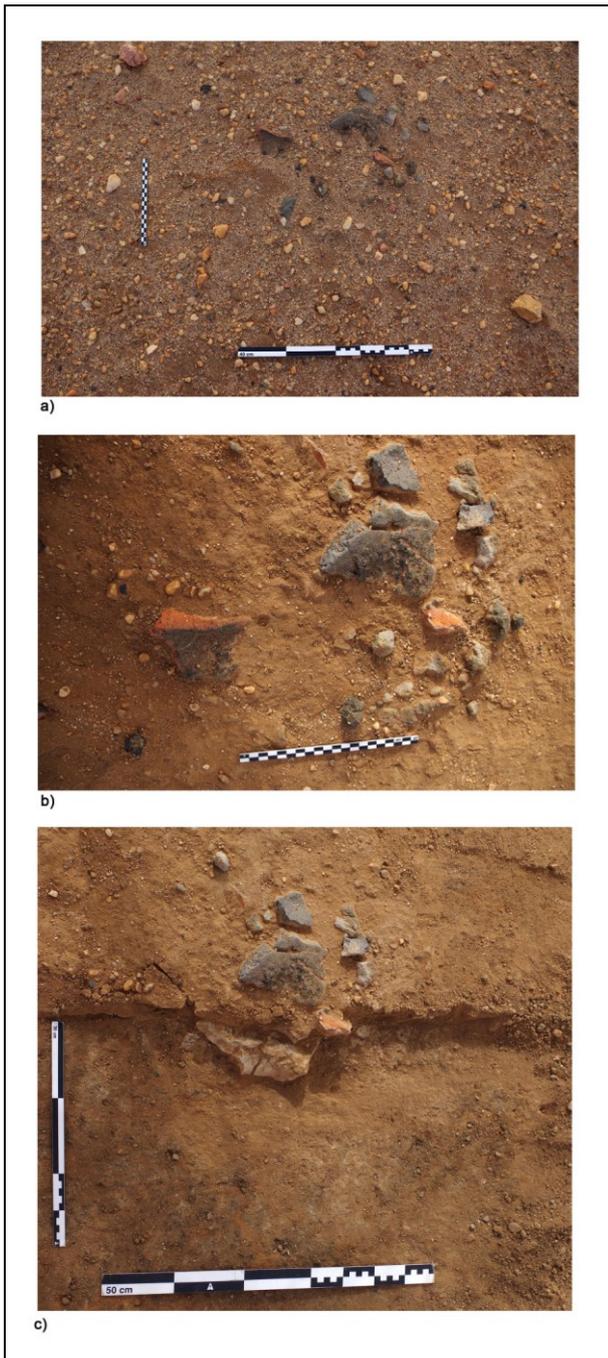
- *camp métallurgique à la confluence des khatts Chouâyel, el Kleijât et er Ragg el Abeid*

La structure de chauffe pyrométallurgique découverte en 2017 au niveau du camp Z-9-H-W-18 a été fouillée par un sondage. Après avoir délimité les limites de la structure, la moitié du foyer a été fouillé selon un axe Nord-Sud.

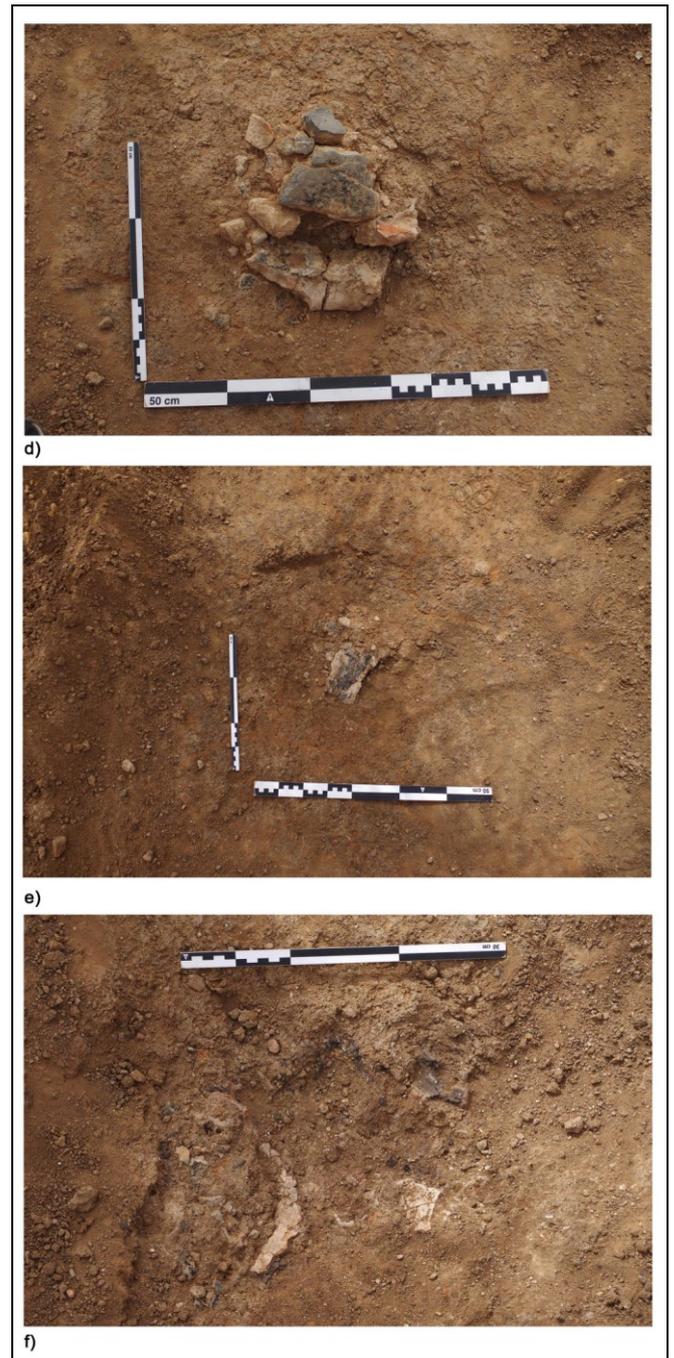
Le four se caractérise par une cuvette d'un diamètre de 32 cm et 13,3 cm de profondeur. des fragments de parois rubéfiées et scoriacées (**Fig. 34**). La forme de certaines parois (**Fig. 34**, n°a et b) suggèrent qu'il s'agit de la partie supérieur avec le col du four. Ces fragments sont proches de ceux découverts sur le site de Lemdena lors des fouilles menées en 2017 (voir rapport 2017, p. 27, fig. 39). Ce four pourrait s'apparenter à celui proposé par la reconstitution de H. Bessac (**Fig. 37**).

Le comblement du four se caractérise par un remplissage hétérogène de fragments de parois de four, de charbons et de scories. La fouille a permis découvrir au fond de la cuvette, quatre lourdes scories riches en métal (**Fig. 39**). Il est surprenant qu'une telle masse de métal ait été laissée au fond du four. Il semblerait que le processus de réduction fut incomplet, l'ensemble de la charge partiellement réduite a été abandonnée et le four a ensuite été détruit.

2- Résultats préliminaires

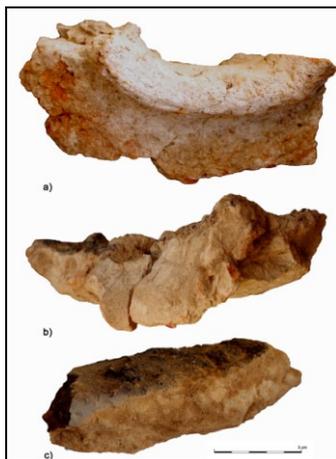


**Fig. 34** : Vues en direction du nord-est du sondage au niveau du foyer métallurgique du camp Z-9-H-W-18 : a) état initial, b) état après le décapage de surface, c) section nord-sud et amorce de la fouille côté Ouest.

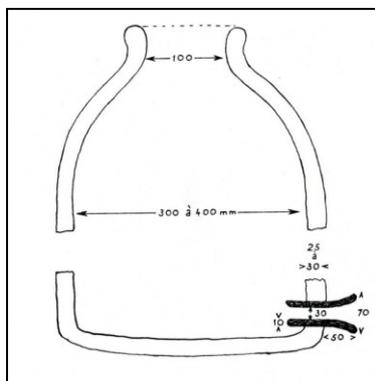


**Fig. 35** : Vues en direction du nord-est du sondage au niveau du foyer métallurgique du camp Z-9-H-W-18 : d) achèvement fouille partie Ouest, e) état après le dégagement des fragments de parois du four, e) fond de la cuvette du four avec les derniers fragments de parois.

2- Résultats préliminaires



**Fig. 36** : Une partie des parois du four réduction du camp Z-9-H-W-18 : a) et b) parties supérieures avec le col du four, c) paroi rubéfiée et scoriacée.



**Fig. 37** : reconstruction d'un fourneau métallurgique d'après les fragments de parois découverts à Lemdena. La hauteur et le nombre de tuyère sont inconnus (Bessac, 1958, pl. 13, n°14).



**Fig. 38** : vue en détail du comblement du four au niveau du fond de la cuvette : il s'agit d'un remplissage comprenant des fragments de parois de four, des scories, des charbons et des scories riches en métal

Nous avons réalisé une section sur l'ensemble des quatre lourdes scories (**Fig. 39**). Leur section révèle la présence de métal (cuivre) piégé dans la matrice stérile partiellement réduite (**Fig. 40**). Cette étude confirme l'hypothèse d'un problème de réduction.

Une analyse ED-XRF a été réalisée au laboratoire de la MCM sur l'une des scories (**Fig. 41**). 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 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 gauge stérile du métal. Les taux des éléments traces et particulièrement ceux du manganèse et du nickel suggèrent l'utilisation de minerais du Guelb Moghreïn. Le

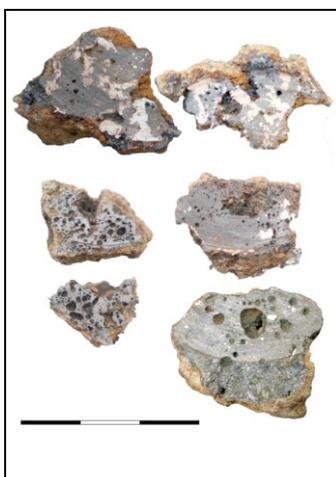
2- Résultats préliminaires

minerais pourrait provenir de la mine préhistorique El’Bawma qui est à 7km au sud-est du camp Z-9-H-W-18. Des analyses de type ICP-MS et isotopiques permettraient de vérifier cette hypothèse.

Les scories lourdes ont été prélevées afin de réaliser des études archéométriques plus approfondies en laboratoire. Des échantillons de charbons bois prélevés dans le comblement de la cuvette du four ont également été collectés afin de dater ce four de réduction.



**Fig. 39** : Scories riches en métal, pesant au total 53g, découvertes au fond du four de réduction du camp Z-9-H-W-18



**Fig. 40** : section des scories riches en métal découvertes au fond du four de réduction du camps Z-9-H-W-18. Une quantité importante de métal (cuivre) est restée piégé dans la matrice de la scorie caractérisée par des phases non complètement liquéfiées.

weight %						mg/kg (ppm)																	
Fe	Cu	Si	Ca	Al	P	Cl	Mn	K	As	Ti	S	Ni	Zn	V	Cr	Sr	Zr	Rb	Ba	Pb	Th	Br	
66.14	18.93	9.68	1.58	1.02	1.02	4300	3400	2800	1600	1100	1100	1000	540	250	220	140	110	90	70	60	60	50	
mg/kg (ppm)																							
Sb	Te	Y	Sn	U	Cs	Co	I	Ag	Cd	La	Ce	Nb	Mo	Hf	Ta	W	Hg	Tl	Bi	Ga	Ge	Se	
30	20	20	20	<20	<7	<5.2	<5.2	<3.5	<3.5	<3.5	<3.5	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<1.8	<0.9	<0.9	<0.9	

**Fig. 41** : résultats normalisés et arrondis, exprimés en pourcentage massique et partie par million, de l’analyse ED-XRF, réalisées au laboratoire de la MCM, sur l’une les scories riches en métal découvertes au fond du four de réduction du camp Z-9-H-W-18.

2.b.3) Les fouilles de la mine et du camps métallurgique

- La mine Z-I-M-12-A dite « El Bawma »

La fouille de cette mine a été amorcée en 2017. Nous avons poursuivi l’excavation de cette structure afin de déterminer précisément ses dimensions et ses phases d’exploitation (**Fig. 42**). Trois secteurs ont concentré les recherches.

Le premier secteur est situé à 2 m à l’Ouest de l’entrée inférieure. Il s’agit d’une galerie de prospection longue de 3,6 m se rétrécissant progressivement. 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.

2- Résultats préliminaires

La seconde zone de fouille est située à l'intérieur de la mine, à l'Ouest de l'entrée inférieure. Suite à l'identification d'une phase d'exploitation médiévale, l'objectif visé était de déterminer la période d'exploitation de ce niveau dans lequel un charbon avait été collecté en 2017. A 20 cm d'épaisseur, un comblement composé de roches chauffées et de concrétions sableuses, a été identifié. Ce niveau avait été repéré en 2017 juste au dessus du sol de la mine. Il semble donc que ce niveau corresponde à l'effondrement d'une brèche du plafond de la mine après son exploitation au cours de la première phase, à l'Holocène récent. Ce niveau ne présentant pas de remaniement postérieur, nous supposons donc qu'il remonte au Néolithique ; le charbon prélevé en 2017 permet donc de dater cette première phase d'exploitation.

Le troisième secteur de fouille est localisé à l'Ouest de la mine. Il s'agissait de déterminer les dimensions de la mine. Néanmoins, en dépit du dégagement du comblement sur plus de 2 m à l'Ouest et au nord-ouest de la mine, l'extrémité de la mine n'a pas été atteinte.

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 humain dépassant les capacités du programme en cours. Cette opération devra être planifiée dans le cadre d'un nouveau projet plus ambitieux. Toutefois, l'obtention du charbon dans le niveau de la première phase d'exploitation permet d'assurer la datation de ce niveau.

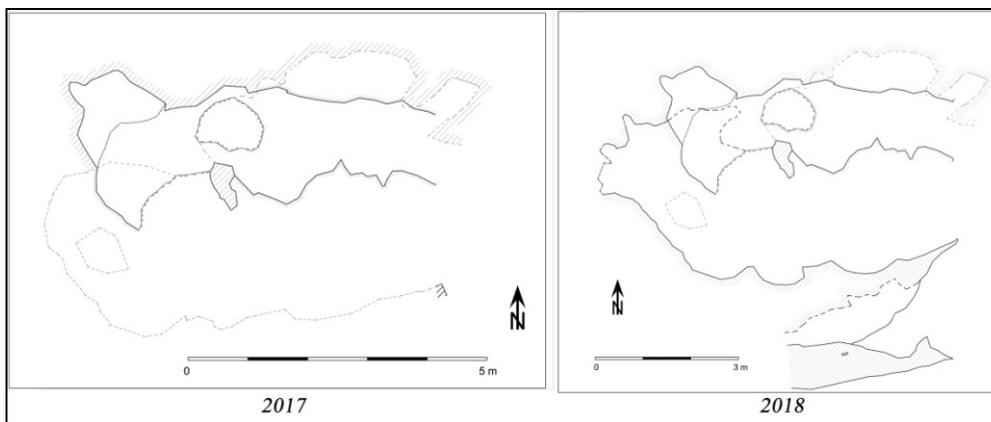


Fig. 42 : plans de la mine Z-1-M-12a, « El Bawma », dressés lors des deux dernière campagnes de fouilles en 2017 et 2018.

- Le camp métallurgique Z-7-H-W-45

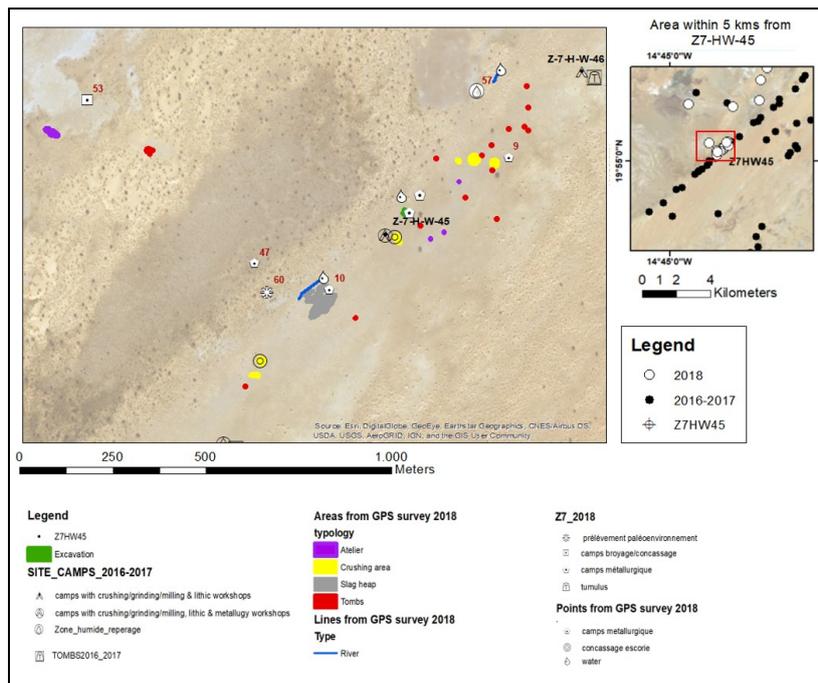
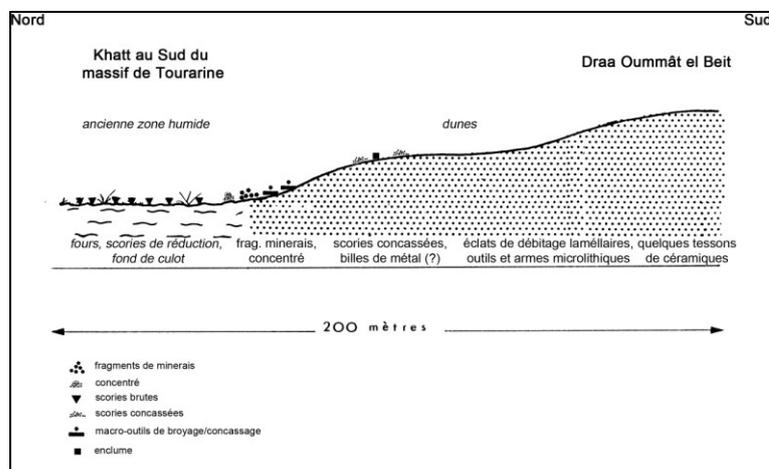


Fig. 43 : Carte de localisation détaillée du camp métallurgique Z-7-H-W-45 précisant les différentes zones d'activités et structures identifiées, les zones humides (traits bleu et paléolac n°57), le sondage paléoenvironnemental (n°60) ainsi que les autres camps à proximité (10- Z-7-H-W-101, 47- Z-7-H-W-136, 53- Z-7-H-W-138)

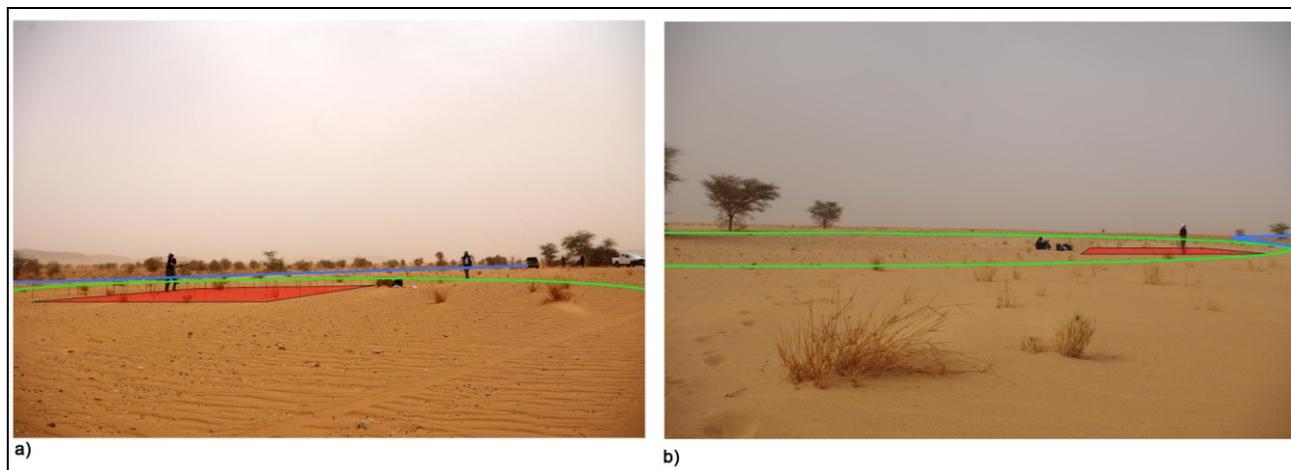
2- Résultats préliminaires

Le camp se situe sur versant Nord du draa Oummât el Beid, rattaché au cordon dunaire de l'Akchar, au Sud du massif de Tourarine (**Fig. 43**). Ce site a été découvert en 2017 (voir rapport 2017, p. 44). Il se caractérise par une occupation anthropique répartie du sommet des dunes jusqu'au khatt en passant par la pente Nord du draa Oummât el Beid (**Fig. 44**). 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 (**Fig. 44**).



**Fig. 44** : coupe schématique du site Z-7-H-W-45 au niveau du draa Oummât el Beid au Nord d'Akjoujt. Représentation de l'organisation spatiale des activités métallurgiques (schéma d'après Lambert, 1983).

La zone d'activités métallurgiques se caractérise par des scories (brutes et concassées), des fragments de minerais, des fonds de culot de creuset et une dizaine de foyers (Ø 35-38 cm) dont il ne subsiste, en surface, que les parois. La zone de fouille a été implantée au niveau du secteur où se concentrent ces foyers métallurgiques (**Fig. 45**).



**Fig. 45** : Camp métallurgique Z-7-H-W-45 et zone de fouilles (carré rouge) : a) vue en direction de l'Est de la partie Nord qui concentre les activités métallurgiques (au premier plan, jusqu'à la ligne verte), au bord de la zone humide (au second plan, au delà de la ligne bleu), b) vue en direction de l'Ouest de la zone d'activités métallurgique (à l'intérieur de l'ellipse verte) qui tangente la zone humide (au troisième plan, à droite de la ligne bleu).

La fouille du secteur a consisté en un ramassage exhaustif. Il a été complété par un tamisage du sable sur 15 cm de profondeur à l'aide de tamis d'un maillage de 0,2 mm. L'ensemble du matériel découvert a été comptabilisé et les valeurs statistiques ont été portées sur des plans de densités. D'un point de vue général, la diversité et le nombre d'indices métallurgiques découverts confirment qu'il s'agit d'un secteur d'activités métallurgiques intenses (**Fig. 45**).

Une zone de concentration de scories est particulièrement visible au Nord du secteur (**Fig. 46**). 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 (**Fig. 46**) ; en effet, les zones de concentration 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

2- Résultats préliminaires

légèrement au Sud des amoncellements de scories brutes et concassées (Fig. 46). Le secteur sud-ouest est particulièrement marqué par une concentration de billes et billettes de métal, située de part et d'autre des deux fours métallurgiques en B2 (Figs. 46 & 47). 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, visiblement 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.

La confrontation de la répartition des indices métallurgiques avec les éléments de fours (parois, fond de four) permet de caractériser les structures pyrométallurgiques.

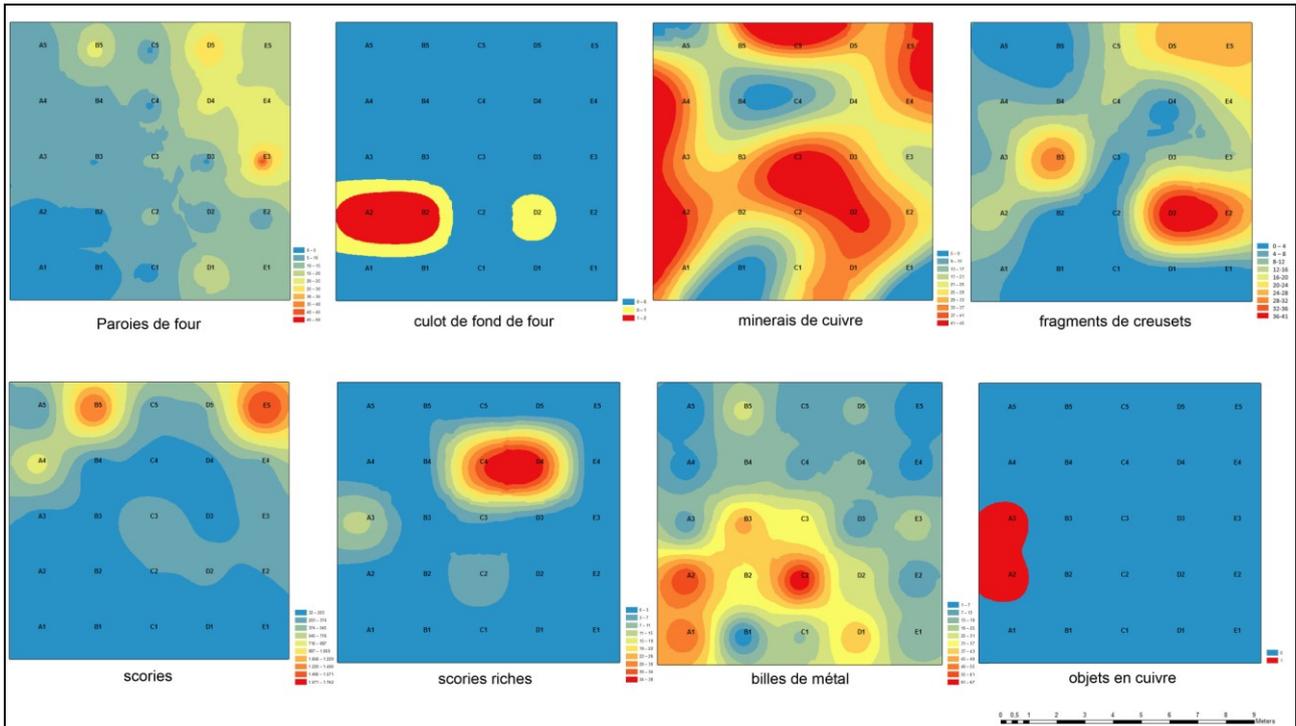


Fig. 46 : plans de densités des indices métallurgiques mis au jour lors de la fouille du camp Z-7-H-W-45.

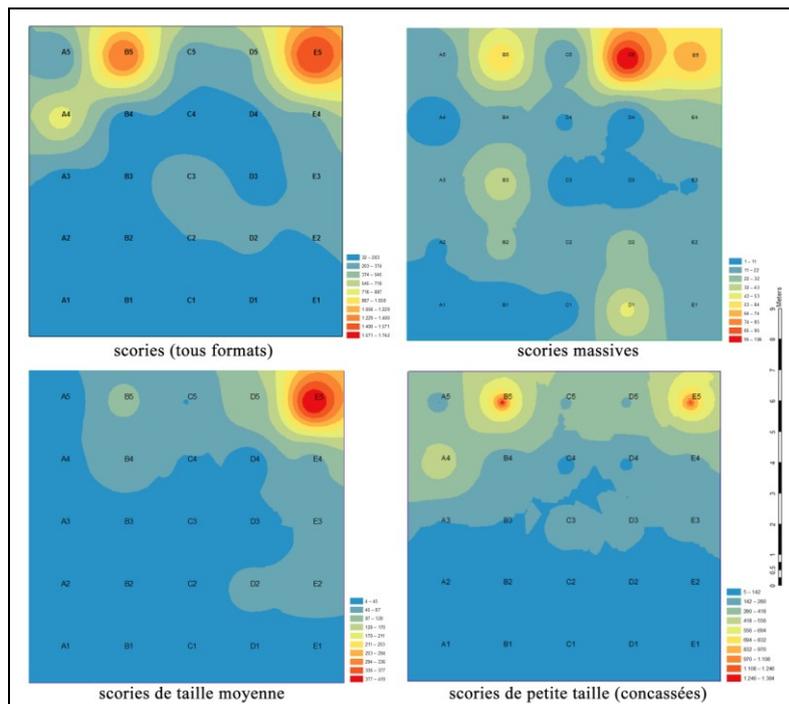
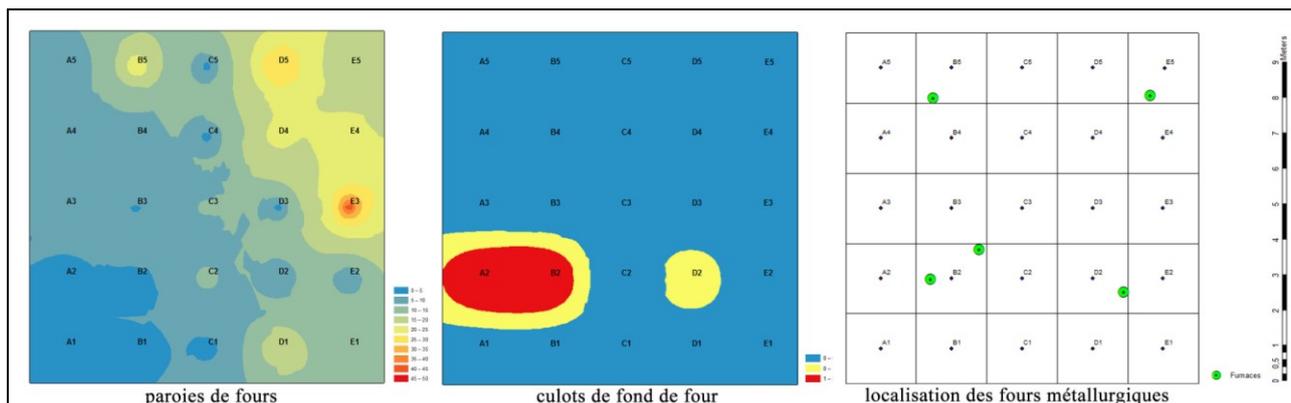


Fig. 47 : plans de densité différenciés par tailles des scories mises au jour lors de la fouille de Z-7-H-W-45.

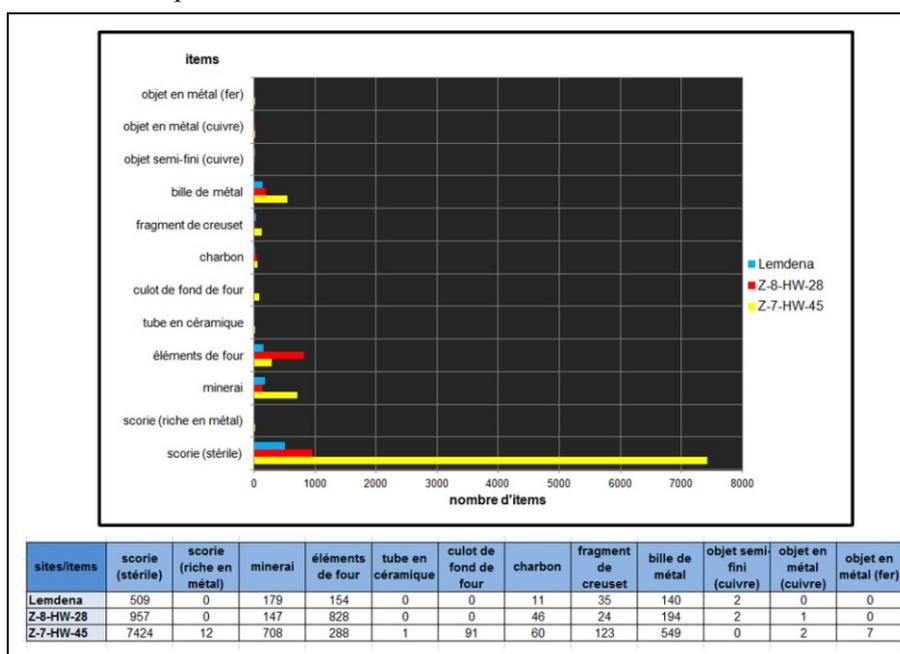
2- Résultats préliminaires



**Fig. 48** : plans de densités des éléments relatifs au four et positionnement des structures pyrométallurgiques au niveau de la fouille de Z-7-H-W-45.

En prenant en compte la répartition des minerais et des creusets confrontées à l'emplacement des fours métallurgiques, on peut suggérer la fonction de ces structures. Le four en D2 serait lié à la fonte du métal stocké dans la zone sud-ouest ; la concentration de fragments de creusets va dans ce sens. Les fours en B2, B5 et E5 seraient plutôt en lien avec la réduction de minerais (**Fig. 48**).

D'un point de vue général, le camps métallurgique Z-7-H-W-45 est plus riche que les deux autres sites fouillés en 2017 (**Fig. 49**). Au regard de la densité des activités métallurgiques, nous ne pouvons exclure que les activités se soient surimposées les unes sur les autres au cours des différentes occupations saisonnières au niveau du camp.



**Fig. 49** : Tableau et représentation graphique de comparaison du nombre d'items découverts lors des fouilles menées sur les camps Z-7-H-W-45, Z-8-H-W-28 et sur le site de Lemdena.

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 bases de fond de four (**Fig. 50**). 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 (**Fig. 51**, n°2 à 5). La zone B regroupe le métal fondu sous la forme de billettes et de billes de cuivre piégées dans une matrice scoriacée non-complètement liquéfiée (**Fig. 51**, n°2, 6 et 7).

2- Résultats préliminaires

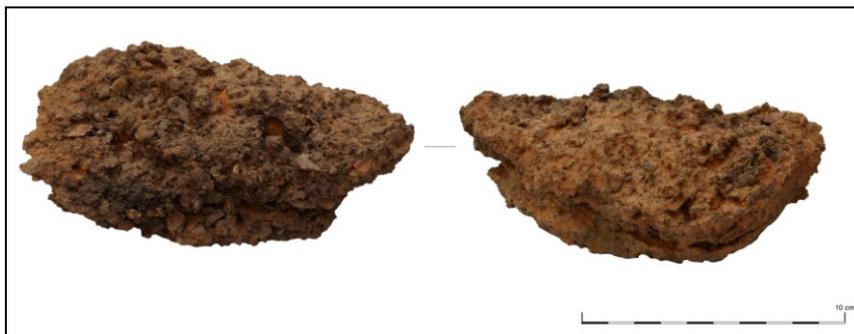


Fig. 50 : culot massif de fond de four (88,12 g.) découvert dans le carré B2 lors de la fouille du camp Z-7-H-W-45.

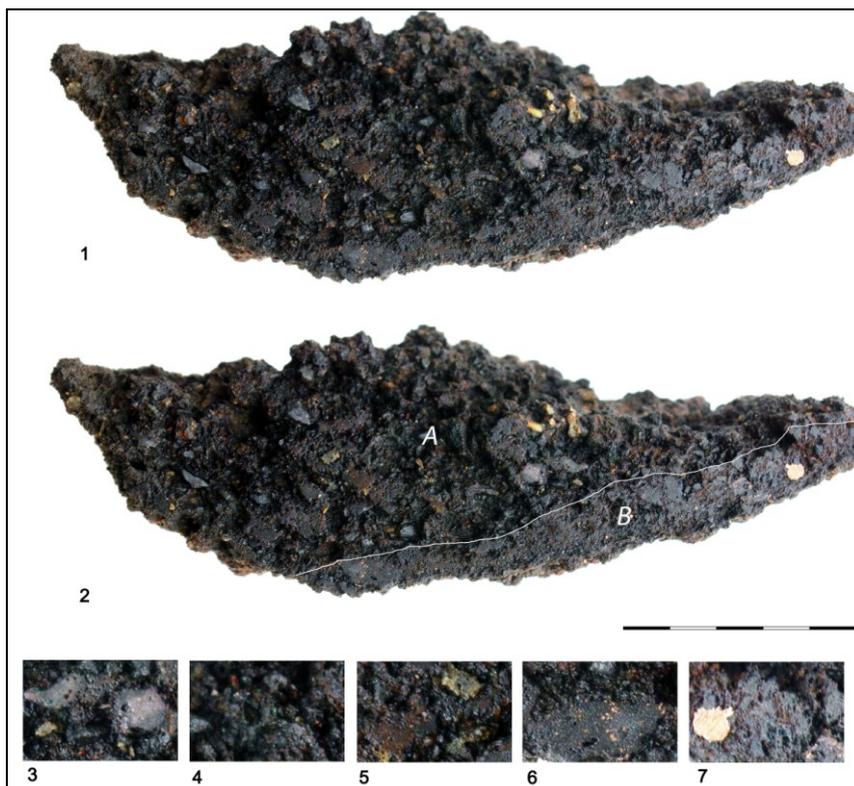


Fig. 51 : coupe de l'un des culots de fond de four. 1- vue de section ; 2- hétérogénéité du culot : A- zone d'agglomérat de scories gangue minérale et minerais semi-réduits/semi-liquéfiés, B- zone de concentration de métal (cuivre) complètement fondu piégé dans la matrice scoriacé non totalement liquéfiée ; 3- vue de détail de scories semi-liquéfiée dans la partie A, 4- vue de détail de minerais (malachite) semi-réduite dans la partie A ; 5- vue de détail de la gangue minérale semi-réduite dans la partie A ; 6- vue de détail de billettes de cuivre fondues dans la partie B ; 7- vue de détail d'une bille massive de cuivre fondu dans la partie B.

La découverte, lors d'une prospection au niveau du camps Z-7-H-W-45, de céramiques particulières (Fig. 52) a permis l'interprétation de ces nouveaux artefacts métallurgiques (tube en céramique et des bases de fond de four). Ces tessons de céramiques, présentant un orifice, correspondent probablement à des pots à soufflet (« pot-bellows »). Ce type de ventilation forcée est bien connu et documenté au Proche-Orient et en Europe au cours de la fin du Chalcolithique, début de l'âge du Bronze (Fig. 53 ; Davey, 1979 ; Morrey, 1999 ; Betancourt *et al.*, 2006 ; Töchterle U. *et al.*, 2013).

Aux tuyères et aux « blow-pipes » s'ajoutent donc ici un troisième type de ventilation forcée. Ces différents modes de réduction de minerais de cuivre illustrent la diversité des méthodes métallurgiques pratiquées au Néolithique dans la région d'Akjoujt.

2- Résultats préliminaires



Fig. 52 : fragments de céramique interprétés comme des tessons de pots à soufflet - « *pot-bellows* ».

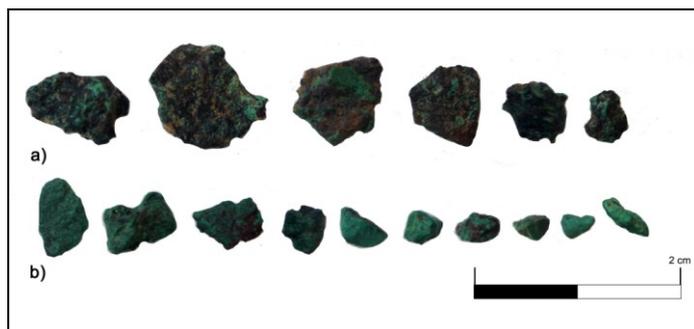


Fig. 53 : fragments de *pot-bellows* découverts dans un site de l'âge du bronze en Autriche et reconstitutions expérimentale de la production et du fonctionnement du *pot-bellows* (Töchterle U. et al., 2013).

Les fouilles de la zone d'activités métallurgiques du camp Z-7-H-W-45 ont permis de mettre au jour des fragments de minerais de malachite/chrysocolle (Fig. 54). On distingue deux types de fragments : ceux à bords irréguliers correspondant à du minerai primaire concassé (Fig. 54, a) et des ceux à bords arrondis qui sont des minerais secondaires d'origine fluviale (Fig. 54, b). Les minerais primaires proviennent des mines. Les minerais secondaires sont issus d'une minéralisation secondaire d'origine alluvionnaire ; ils proviennent du lessivage et de la désagrégation des gisements cuprifères conduisant à la dissolution des éléments métallifères ; ceux-ci sont transportés jusque les rivières dans lesquelles ils se reminéralisent sous la forme de gîtes détritiques (placers). Ce type de minerai découvert en contexte archéologique suggère l'exploitation des placers au cours de l'Holocène récent dans l'Inchiri. Ainsi aux mines connues dans la région, il convient aujourd'hui de prendre également en compte l'exploitation des gisements de cuivre alluviaux.

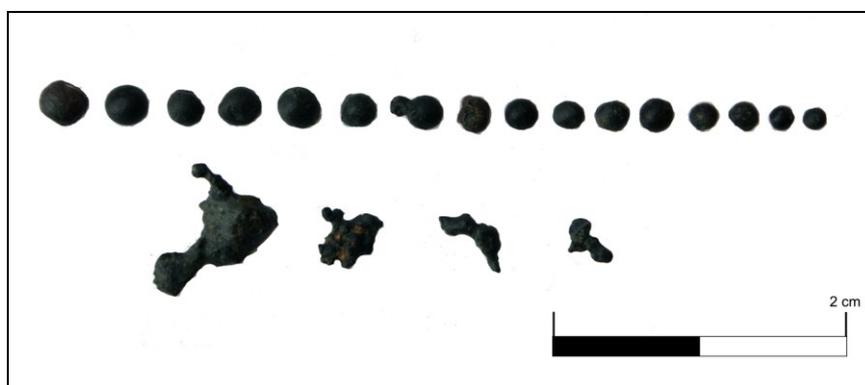
Quelques fragments de chalcocite,  $Cu_2S$ , ont également été découverts dans la zone d'activités métallurgiques. Ces minerais sulfurés ont probablement été utilisés. Ils pourraient être la cause des difficultés de réduction constatées au niveau des culots de fond de four (voir ci dessus). La chalcocite est un minerai de cuivre plus complexe que la malachite ; Sa réduction nécessite l'extraction du soufre et nécessite des étapes comme le grillage ou la réduction progressive d'une matre de cuivre. Nous n'excluons pas des pratiques empiriques de co-réduction (malachite, chrysocolle, chalcocite).

2- Résultats préliminaires



**Fig. 54** : une partie des minerais de cuivre découverts lors de la fouille de la zone d'activités métallurgiques au niveau du camp Z-7-H-W-45 : a) minerais primaires concassés, b) minerais secondaires.

Les fouilles ont également permis de mettre au jour de nombreuses billettes, billes et nodules de métal (**Fig. 55**). Les billes sont issues du concassage des scories dans lesquelles elles sont piégées lors de la réduction ; ce constat confirme l'hypothèse émise en 2017 (voir rapport 2017, p. 28-29). Nos recherches nous permettent d'envisager également une autre origine pour les billes et billettes.



**Fig. 55** : une partie des billes, billettes et nodules de cuivre découverts lors de la fouille de la zone d'activités métallurgiques au niveau du camp Z-7-H-W-45.



**Fig. 56** : bille de cuivre martelée découverte lors de la fouille de la zone d'activités métallurgiques au niveau du camp Z-7-H-W-45.

La découverte d'une bille martelée (**Fig. 56**) suggère la mise en forme directement de ce type de demi-produit, sans passer par la fonte. Un objet en cuivre fragmentaire, probablement une pointe de flèche dont il subsiste que la soie, fut mis au jour (**Fig. 57**). La concordance entre ce type d'objet cassé et des activités de fonte, déjà observée au niveau du camp Z-7-H-W-96 (§2.b.1), permet d'envisager la pratique du recyclage.

Nous avons également mis au jour trois fragments d'objets en fer dans la zone métallurgique du camp Z-7-H-W-45 (**Fig. 58**). L'absence d'activités de production de fer, suggère qu'il s'agit de témoins d'échanges avec des sites produisant ce type de métal. Ces objets soulignent également la contemporanéité des métallurgies du cuivre et du fer dans la région d'Akjoujt. Ce constat conforte l'hypothèse d'échanges voire de transfert de connaissances entre les cultures maîtrisant la métallurgie du cuivre et celles pratiquant la métallurgie du fer (voir rapport 2017, p. 29 et 50).

2- Résultats préliminaires



**Fig. 57**: objet en cuivre fragmentaire (soie d'une pointe de flèche ?) mis au jour lors de la fouille de la zone d'activités métallurgiques au niveau du camp Z-7-H-W-45.



**Fig. 58** : objets fragmentaires en fer découverts lors de la fouille de la zone d'activités métallurgiques au niveau du camp Z-7-H-W-45.

2.c) Synthèse des connaissances relatives à la métallurgie ancienne dans la région d'Akjoujt

2.c.1) métallurgie minière

Nos travaux ont permis d'identifier un nouveau district minier à l'Est du massif de Tourarine. Les traces d'exploitation suggèrent l'abattage au feu et au maillet. Des traces d'exploitation au pic témoigneraient d'une occupation plus tardive, probablement médiévale. En l'absence de minéralisation visible, le type et la nature de la matière première extraite n'a pas pu être déterminée.

Les dernières recherches au niveau de la mine El'Bawma (Z-1-M-12A) ont mis en évidence deux phases d'exploitation : l'une préhistorique et la seconde plus tardive, remontant probablement à l'époque médiévale.

La campagne 2018 a également mis en évidence l'utilisation de minerais cuprifères secondaires qui suggèrent l'exploitation de gisements alluviaux. Ces dépôts, présents dans des paléo-chenaux, ont du être exploités par des puits.

2.c.2) métallurgie extractrice

Les recherches de terrain ont permis de confirmer la pratique de ventilation forcée pour la réduction de minerais de cuivre. L'usage de tuyère semble certain au regard des dernières découvertes sur les camps de métallurgie. Certains indices suggèrent l'utilisation de chalumeaux, « *blow-pipe* », et de pots à souffler, « *pot-bellows* ». Il s'agirait des premières évidences de ces types de ventilation forcée au Sahara.

Plusieurs artefacts témoignent de pratiques empiriques de réduction de minerais de cuivre. Des culots de fonds de four et des scories illustrent des difficultés lors de cette étape. Il traduisent 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 fouilles au niveau du camp Z-7-H-W-45, confirment la chaîne opératoire proposée suite à nos travaux en 2017 (voir rapport 2017, p. 28-29). Les minerais concentrés, malachite et chrysocolle, sont réduits directement dans les foyers avec l'apport fort probablement de fondant ; contrairement à ce que l'on supposait, l'usage d'un creuset de réduction semble exclu. Les scories issues de cette réduction sont concassées afin de collecter les billes de métal piégées.

La récurrence d'objets cassés en métal dans les camps métallurgiques suggère une récupération et un recyclage de cette masse métallique.

2- Résultats préliminaires

2.c.3) métallurgie de mise en forme

La fonte des billettes, billes et nodules de métal est pratiquée dans des fours à proximité des zones de réduction et concassage de scories. Certaines billes massives semblent être directement mises en forme par martelage.

2.c.4) circulations et échanges des production métalliques

Très peu d'objets en cuivre fini sont découverts au niveau des camps métallurgiques. Nous supposons qu'ils alimentent des réseaux de circulation et d'échanges entre les groupes culturels.

La découverte fréquente d'objet en fer dans ces camps, et l'absence d'indice de production d'une métallurgie ferreuse, suggèrent, d'une part, une contemporanéité des deux métallurgies (cuivre et fer) et des échanges de productions entre les cultures maîtrisant chacune l'une de ces métallurgies.

2.d) Les études paléoenvironnementales

2.d.1) Contexte de recherche

Ces recherches se sont déroulées du 4 au 14 août 2018, sous la direction d'Aziz Ballouche.. L'objectif principal était de tester les différents sites préalablement identifiés et géolocalisés par l'équipe archéologique dans la région étudiée. Ces sites consistent essentiellement en indices de paléo-lacs ou paléo-zones humides. La prospection s'est organisée en deux séquences. La première semaine a été consacrée à la visite ciblée des sites les plus favorables dans la partie nord de la zone d'étude (Akchar, Draa Oum El Beit, Khatt Inchiri es Sahli). La seconde semaine a été consacrée à la zone sud (bordure de l'Ametlich).

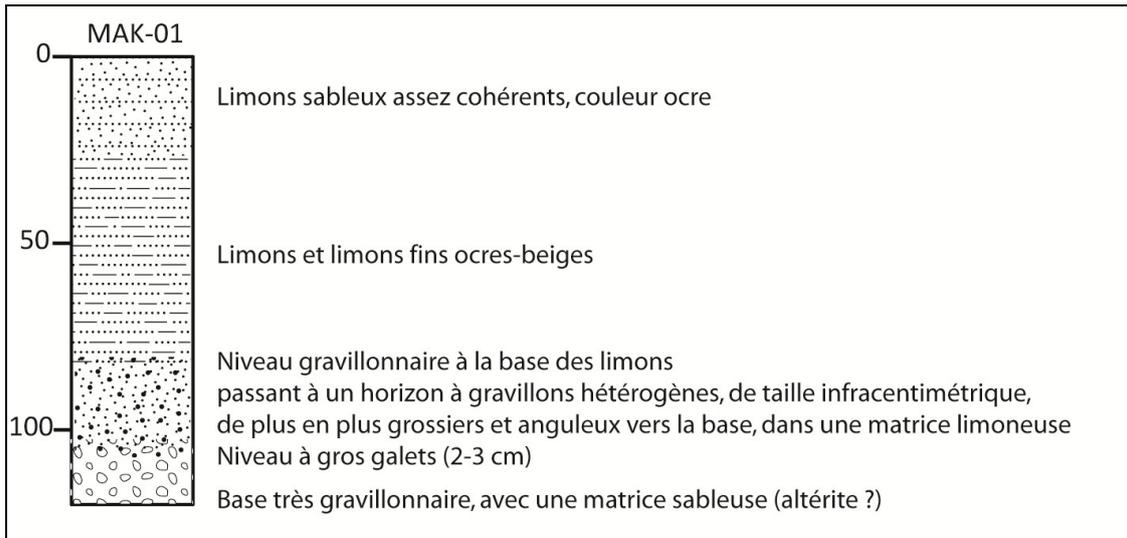
Ainsi, une douzaine de profils ont été observés, dont 8 ont été relevés sur le plan lithologique et échantillonnés (tab. I)

Profil	Coordonnées géographiques	Profondeur	Nb. échantillons
MAK-01	N 19,95282° - W 14,82156°	120 cm	6
MAK-02	N 19,92136° - W 14,72488°	190 cm	19
MAK-03A/B	N 19,96014° - W 14,64536°	45 cm	5
MAK-04A/B	N 19,82171° - W 14,63659°	125 cm	14
MAK-05	N 19,30662° - W 14,53988°	160 cm	14
MAK-06B	N 19,28945° - W 14,59567°	140 cm	12
MAK-07	N 19,29196° - W 14,59861°	60 cm	0
MAK-08	N 19,74886° - W 14,50413°	150 cm	15

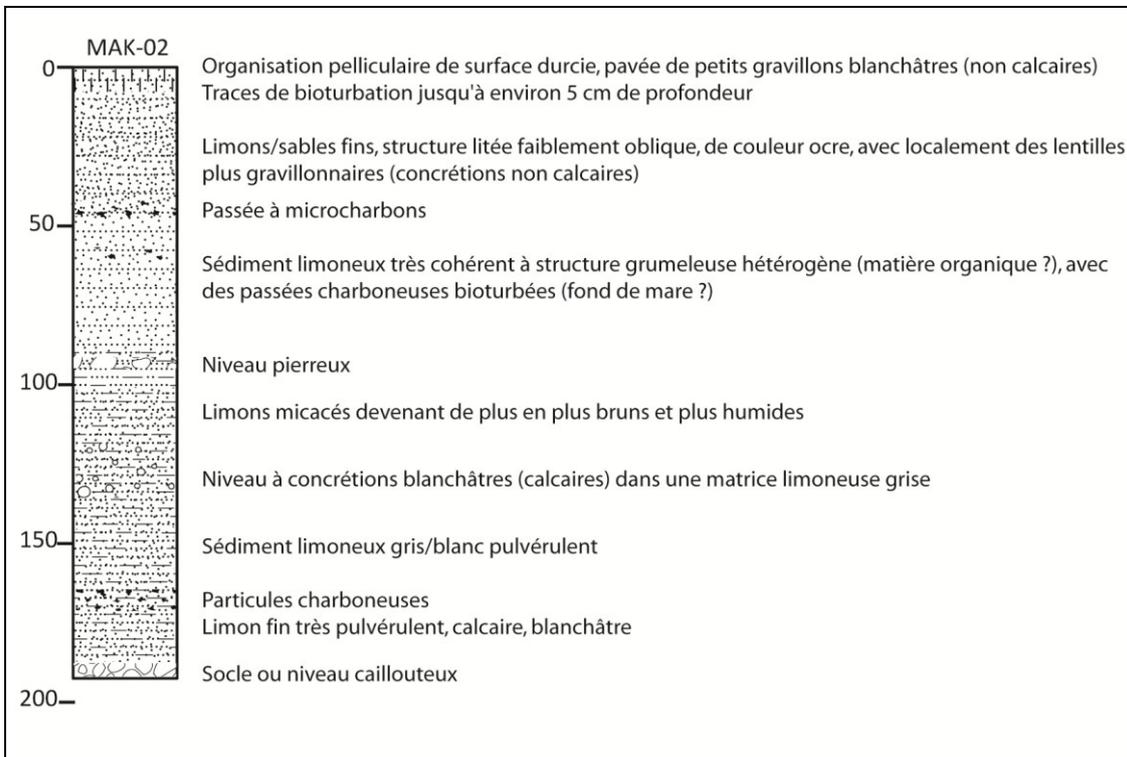
2.d.2) résultats préliminaires

Dans l'état actuel de l'étude, nous nous en tiendrons à une description lithologique des faciès sédimentaires des profils étudiés.

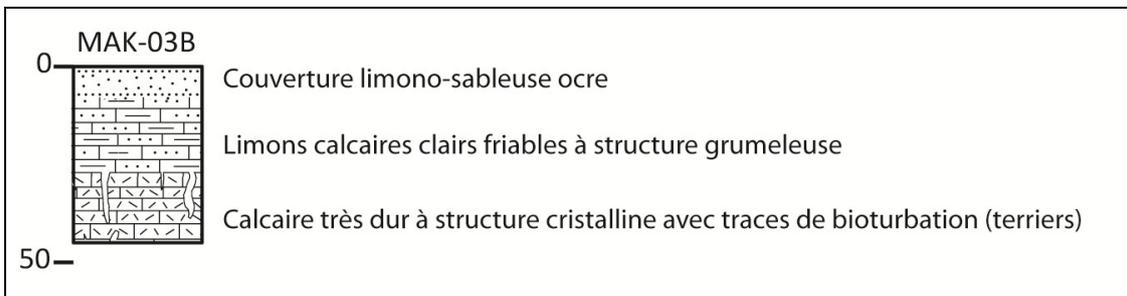
2- Résultats préliminaires



**Fig. 59** : Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-01 (N 19,95282° - W 14,82156°).



**Fig. 60**: Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-02 (N 19,92136° - W 14,72488°)



**Fig. 61** : Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-03A/B (N 19,96014° - W 14,64536°).

2- Résultats préliminaires

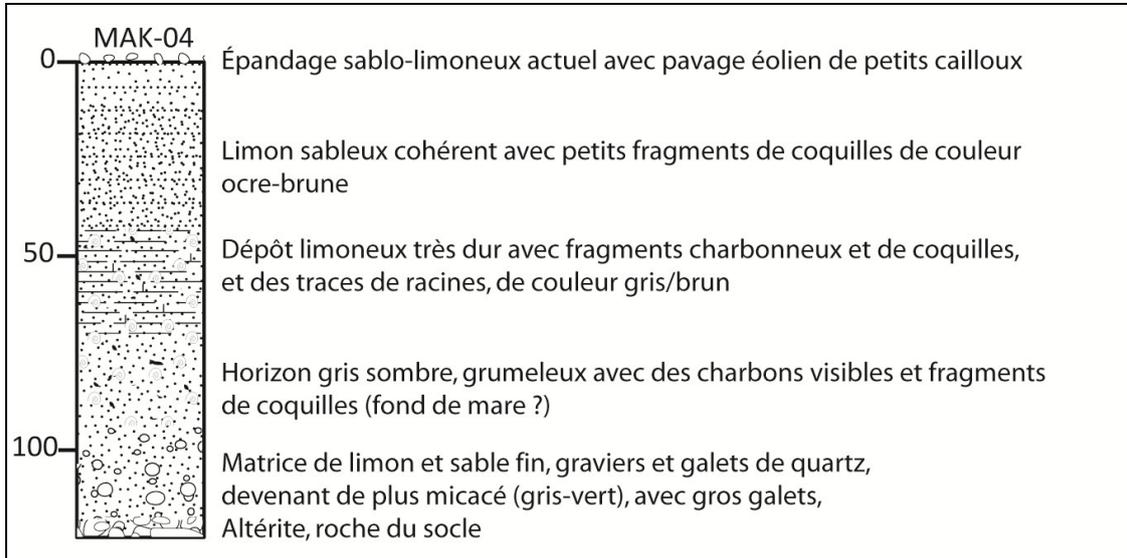


Fig. 62 : Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-04A/B (N 19,82171° - W 14,63659°).

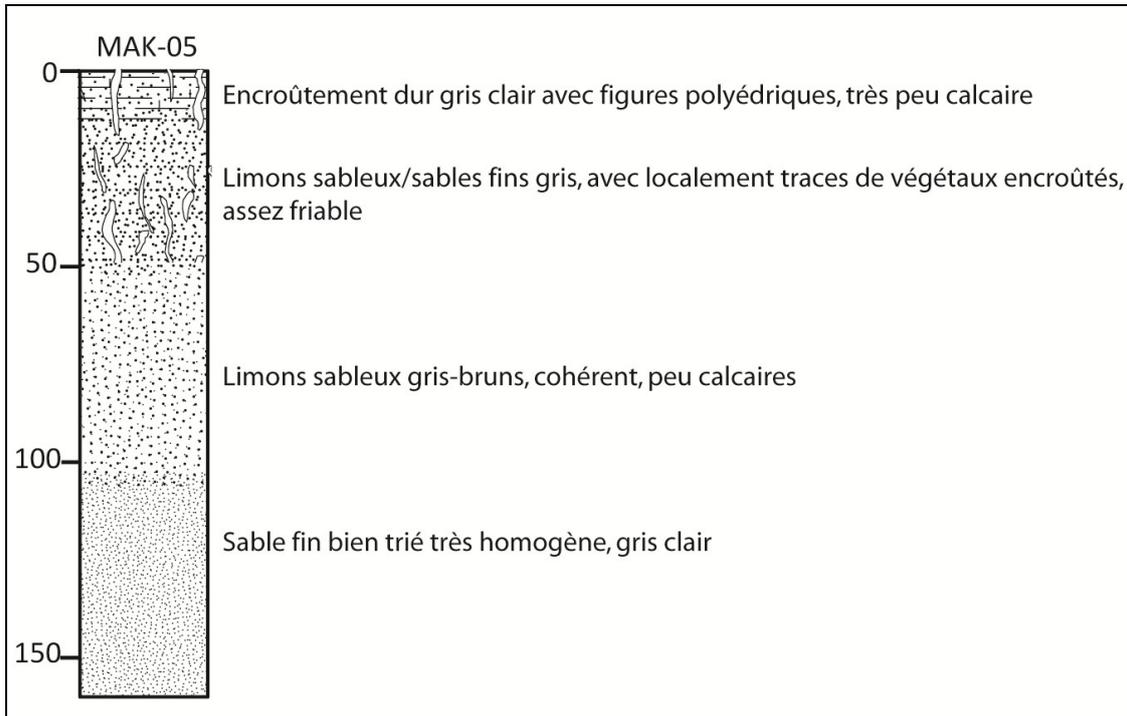


Fig. 63 : Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-05 (N 19,30662° - W 14,53988°)

2- Résultats préliminaires

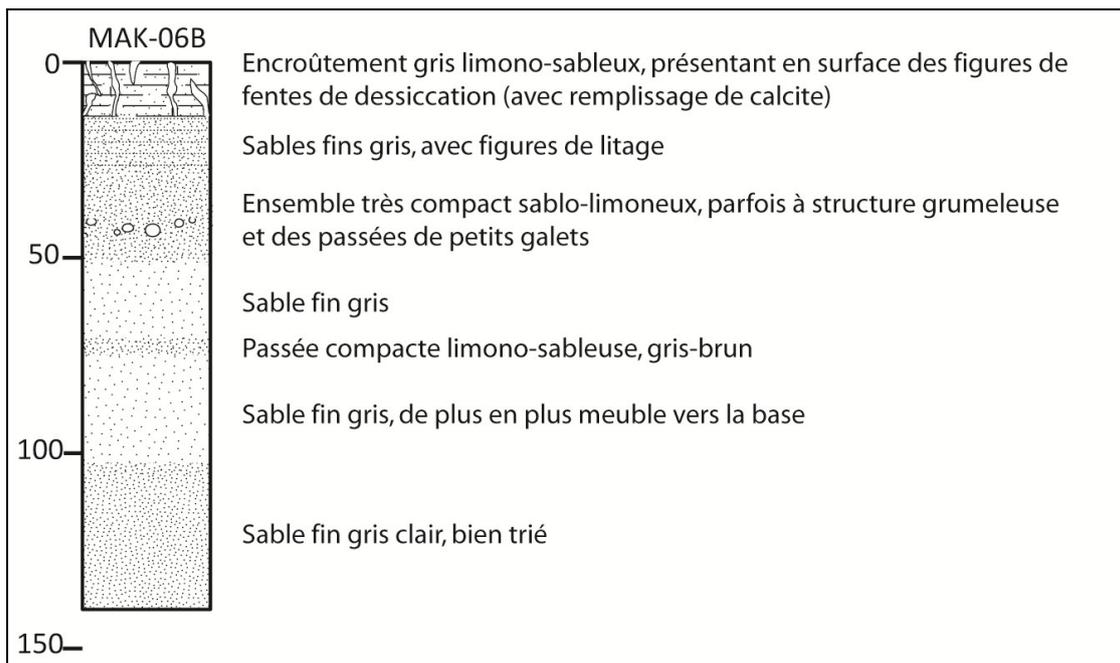


Fig. 64 : Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-06B (N 19,28945° - W 14,59567°)

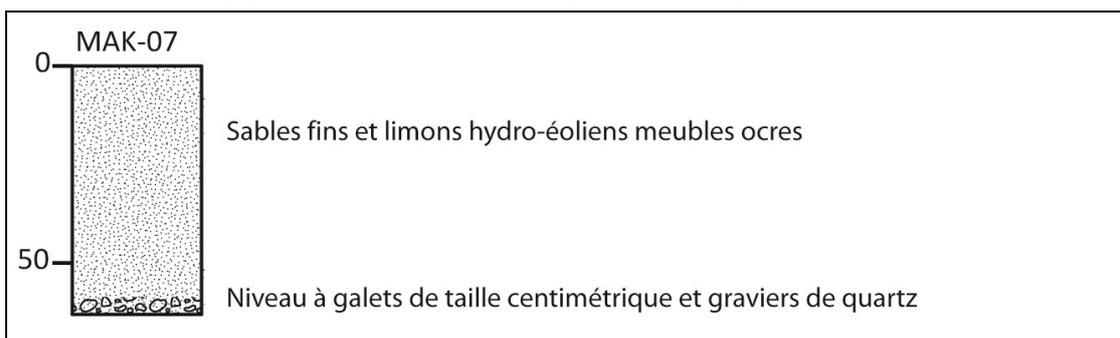


Fig. 65 : Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-07 (N 19,29196° - W 14,59861°)

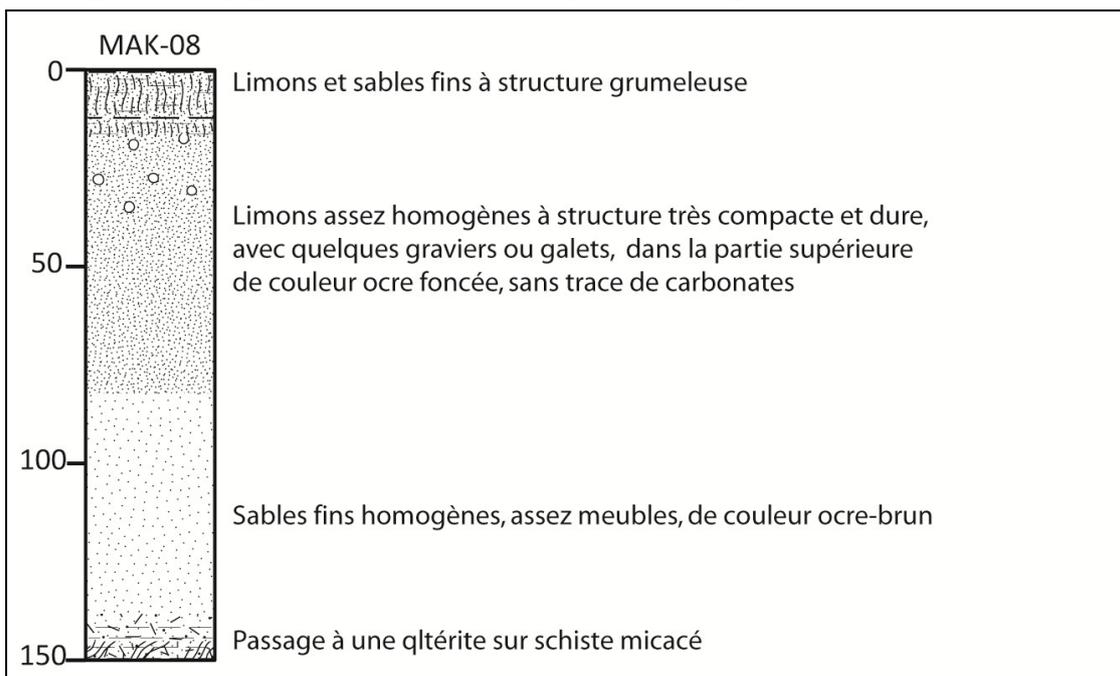


Fig. 66 : Description lithologique du faciès sédimentaire du profil du sondage MAK-08 (N 19,74886° - W 14,50413°)

## 2- Résultats préliminaires

Pendant l'étude de terrain, nous avons particulièrement attaché notre attention à reconnaître dans les dépôts les indicateurs des paléo-milieus. Dans le contexte actuel hyperaride de la région d'Akjoujt, tous les profils décrits ci-dessus ont été retenus car nous y avons reconnu des faciès sédimentaires ou des indicateurs morphologiques de milieux palustres, voire lacustres.

Les analyses en laboratoire permettront ultérieurement d'en préciser les conditions de dépôt mais, dans tous les cas, il s'agit d'indicateurs de conditions hydro-climatiques nettement plus humides que les actuelles.

Aucune attribution chronologique n'est possible à ce stade, même si certaines coupes décrites ont été choisies en raison de leur possible connexion avec des sites archéologiques. Il est donc difficile de les attribuer à l'une ou à l'autre des phases humides holocènes de la zone saharo-sahélienne.

Les paragraphes qui suivent permettent simplement une mise au point sur l'état de nos connaissances paléoclimatiques sur les périodes possiblement concernées. Il s'agit principalement de l'Holocène récent, même si le site MAK-03 nous semble présenter des caractéristiques lithologiques qui le situeraient dans une période lacustre plus ancienne, à l'Holocène ancien, voire peut-être au Pléistocène (MIS 5e ?).

### 2.d.3) Commentaire et discussion

En l'absence de cadrage chronologique exact du développement de la métallurgie du cuivre dans la zone d'Akjoujt, son insertion dans le cadre paléoenvironnemental régional ne peut être qu'approximatif. On peut s'en tenir ici à une esquisse très générale des deux derniers millénaires BC en domaine saharo-sahélien.

A l'échelle de l'Holocène, les grandes tendances climatiques sont aujourd'hui assez bien connues. Il est notamment admis que la phase appelée « Période humide holocène » se termine il y a 5500 ans dans les enregistrements marin au large de la Mauritanie (deMenocal *et al.* 2000). Cette date est surtout valable pour le Sahara mais l'aridification se décale progressivement vers le sud, sur toute la zone sahélo-soudanienne et connaît un paroxysme il y a 4200 à 4000 ans (Gasse 2000, Maley 2010, Lespez *et al.* 2011, Maley & Vernet 2015). Ainsi, le développement de la métallurgie dans notre zone d'étude se situe clairement dans un contexte d'aridité déjà marqué de l'Holocène récent. Pour autant, si un palier est franchi il y a 4000 ans vers l'aridité, les tendances postérieures ne sont pas univoques et les fluctuations hydro-climatiques, quoique de moindre amplitude, entraînent des variations réelles des hydrosystèmes et des écosystèmes.

Pour les trois derniers millénaires, la dernière synthèse de Maley & Vernet (2015) permet à la fois d'identifier les jalons paléoclimatiques régionaux et de montrer la diversité des situations locales, même si elles sont parfois interprétées de façons divergentes par les différents auteurs. Ces auteurs proposent d'ailleurs sur une de leur figure une corrélation des changements environnementaux au « chalcolithique d'Akjoujt ». Cette corrélation mérite cependant discussion.

Sans connaître des conditions aussi favorables que celles de l'Holocène moyen (il y a 7000 et 5000 ans), le 2<sup>ème</sup> millénaire avant notre ère est plutôt humide, surtout au Sahel, avant une tendance à l'aridification qui s'affirme progressivement à partir du milieu du 1<sup>er</sup> millénaire avant notre ère. Lézine *et al.* (2011) ont compilé l'ensemble des indicateurs paléohydrologiques dans les dépôts lacustres, fluviaux ou palustres et démontrent que le Sahel connaît une période de relative humidité entre 1500 et 500 avant notre ère et évolue vers l'aridité par la suite.

Bien que les données au Sahara soient rares, le 1<sup>er</sup> millénaire BC est à la fois marqué par des fluctuations importantes et certainement des situations locales assez contrastées. D'après Nizou *et al.* (2011), les données minéralogiques du site GeoB 9503-5, au large du fleuve Sénégal dans l'Atlantique, affichent une période humide de 800 avant jusqu'au tout début de notre ère. Toujours au large du Sénégal, Bouimetarhan *et al.* (2009) montrent qu'une petite phase humide "little humid phase" (LHP) serait enregistrée entre 950 et 550 avant notre ère. Cette phase plus ou moins humide, à l'échelle régionale se termine selon les données actuellement connues par une crise hydro-sédimentaire majeure au Sahel qui est interprétée différemment selon les auteurs. Pour nous, elle correspond certainement à une phase de péjoration climatique marquée dans la bande sahéenne (Mayor *et al.* 2005, Lespez *et al.* 2011, Ozainne *et al.* 2014, Garnier *et al.* 2015).

Dans tous les cas, la grande variabilité spatiale des paléoenvironnements des deux derniers millénaires avant notre ère, impose que des études paléoenvironnementales soient menées à l'échelle locale des sites ou au moins à l'échelle de la zone d'étude, avant toute spéculation sur les milieux environnants ou les dynamiques locales des paysages en lien avec la métallurgie du cuivre.

## 2- Résultats préliminaires

Les travaux menés lors de cette première prospection paléoenvironnementale sur la zone d'Akjoujt démontrent l'intérêt des dépôts d'origine lacustre, palustre ou fluviale dans les études paléoenvironnementales en lien avec les sites de métallurgie. Malgré leur caractère très préliminaire, les observations permettent d'avancer significativement dans les hypothèses déjà émises par l'approche strictement archéologique d'une paléogéographie des sites archéologiques en partie liée aux zones humides. Sans tomber dans un déterminisme simplificateur, il est probable que le contexte paléoenvironnemental de l'époque considérée (1<sup>er</sup> millénaire BC), déjà relativement aride, faisait de ces zones humides des environnements favorables à des occupations humaines saisonnières offrant des ressources, à la fois en eau, en pâturages et autres moyens de subsistance. Les analyses en laboratoire des échantillons prélevés devraient permettre de préciser ces conditions de milieu. Les analyses granulométriques visent notamment à reconstituer les dynamiques hydro-sédimentaires des dépôts. Le caractère assez oxydé des sédiments de couleur ocre, en partie d'origine hydro-éolienne, n'est pas très favorable à la conservation des pollens en revanche, les échantillons gris-brun en milieu palustre peuvent avoir un potentiel d'étude palynologique. L'analyse des palynofaciès devrait en particulier cibler le signal incendie. Une évaluation plus large du potentiel d'autre proxy est envisagée (diatomées, ostracodes...)

### 2.e) Analyses en laboratoire

#### 2.e.1) analyses des charbons

Les 43 charbons collectés lors des campagnes en 2017 et 2018 seront analysés laboratoires « [Poznan Radiocarbon Laboratory](#) », « [Beta Analytic](#) » et du département d'anthropologie de l'Université Rice aux Etats-Unis. Les résultats compléteront ceux obtenus en 2016. Une petite partie sera prise en charge par l'allocation de recherche archéologique. Le professeur Susan MacIntosh, rattachée au département d'anthropologie de l'Université Rice, m'a proposé de prendre à sa charge les autres analyses radiocarbone dans le cadre de notre partenariat et afin de faire avancer la recherche dans cette région clé.

Des analyses anthracologiques seront menées sur les plus gros fragments de charbon échantillonnés. Ces analyses seront menées au [centre archäologie und archäobotanik Afrikas](#) de l'Université Goethe. Elles permettront d'apporter des éléments de réponse sur le couvert végétal et compléteront les données issues de l'étude paléoenvironnementale.

#### 2.e.2) analyses chimiques

Sur la base de cette chronologie, nous retiendrons les sites essentiels à la problématique et nous sélectionnerons des échantillons d'artefacts métallurgiques prélevés dans ces lieux. Des analyses minéralogiques, géochimiques et isotopiques seront réalisées dans les laboratoires de sciences physico-chimiques conventionnés avec l'UMR 5608 TRACES et au laboratoire d'archéométrie rattaché au Deutsches Bergbau Museum à Bochum, en Allemagne.

### 3- Opération projetées

#### 3) Opérations scientifiques projetées

Conformément au plan quadriennal du programme de recherche déposé en 2016, la quatrième année sera consacrée à la valorisation des données collectées lors des trois années précédentes.

Les recherches de terrain en Mauritanie se limiteront, d'une part, à une étude du matériel collecté lors des précédentes campagnes et conservé dans les réserves de l'Institut d'Archéologie à Nouakchott, et d'autre part, à une étude comparative de matériel à l'IFAN à Dakar.

Les autres opérations correspondront principalement à des communications scientifiques et des publications.



**Fig. 67** : Carte de la Mauritanie et des pays adjacents précisant, d'une part, la localisation des villes (Nouakchott, Dakar, Akjoujt) où se dérouleront les opérations projetées en 2018, et d'autre part, la région visée par les perspectives de recherche (rectangle rouge, voir en détail **Fig. 68**).

#### 3.a) Etude post-fouilles de la céramique et macrolithique découverts mission

Avec l'aide du professeur Susan MacInstosh, nous étudierons l'ensemble des céramiques collectées lors des trois dernières campagnes. Nous les confronterons à celles connues dans l'aire Saharo-Sahélienne afin d'établir une chronologie relative des sites et proposer des hypothèses de relations inter-culturelles. Cette étude est planifiée pour une vingtaine de jour au maximum (**Fig. 69**).

Nous prévoyons également de confier à un étudiant l'étude du matériel macrolithique découvert au cours des missions de terrain. Il s'agirait de déterminer la fonction de ces outils et de tenter de les rattacher à des activités anthropiques (mine, métallurgie, agriculture, production de pigments). Cette étude serait reliée, d'une part, aux recherches sur la métallurgie ancienne, et d'autre part, à celles amorcées sur le paléoenvironnement. Caroline Hamon, tracéologue rattachée à l'UMR 8215 *trajectoires* du CNRS, pourrait encadrer cet étudiant.

#### 3.b) Etude du matériel archéologique et archives conservés à l'IFAN au Sénégal

Le matériel archéologique précédentes missions archéologiques menées dans la région d'Akjoujt par Théodore Monod, Raymond Mauny, Henry Bessac et Nicole Lambert sont conservés dans les réserves de [l'Institut Fondamental d'Afrique Noire \(IFAN\) rattaché au Laboratoire d'archéologie préhistorique et protohistorique à Dakar](#).

Au cours d'un court séjour d'une dizaine de jours, nous étudierons ce matériel afin de le mettre en perspective nos découvertes et éprouver nos hypothèses (**Fig. 69**). Nous consulterons également les archives des travaux précédents menées par nos prédécesseurs afin de compléter cette recherche. Cette étude sera

### 3- Opération projetées

menée avec l'aide de Abdoulaye Touré, directeur de l'IFAN, Hamady Bocum, historien et Matar Ndiaye, chercheur post-doctorant.

#### 3.c) Formation étudiants

Nous poursuivrons la formation des étudiants mauritaniens en les invitant à participer au travail d'étude de la céramique et du matériel macrolithique qui sera menée à l'Institut d'Archéologie à Nouakchott. Nous inviterons un étudiant très motivé à nous accompagner à l'IFAN, à Dakar, pour l'étude comparative du mobilier archéologique découverts lors de nos campagnes avec celui des précédents travaux conservé à l'IFAN (**Fig. 69**).

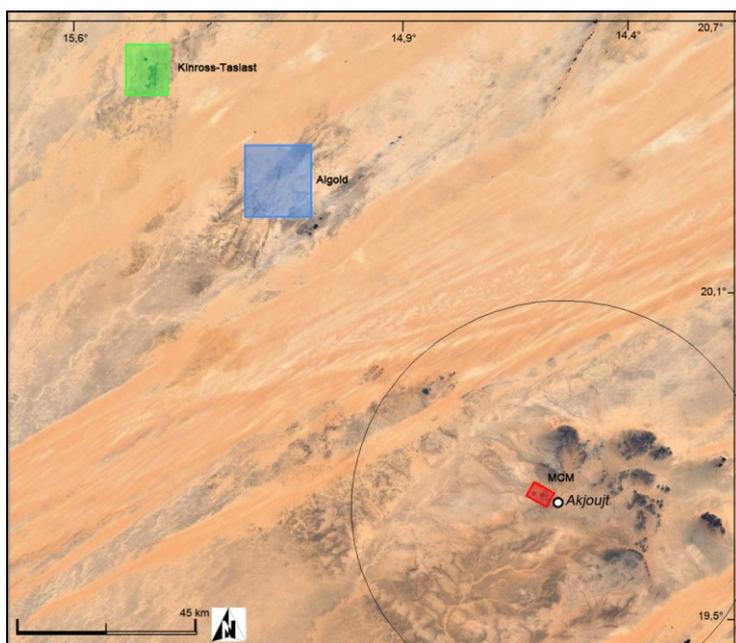
Avec Susan MacInstosh, nous dispenserons des cours d'archéologie dans le master d'histoire de l'Université de Nouakchott. Nous appuierons nos présentations sur le matériel découvert dans le cadre du programme de recherche CUPRUM et sur les hypothèses fondées sur l'étude de celui-ci.

#### 3.d) Renforcement des partenariats

Je passerai quelques jours à la compagnie minière MCM afin de leur présenter nos derniers résultats et perspectives de recherche (**Fig. 69**). Je tâcherai également d'aborder le calendrier de la fin de l'exploitation du gisement du Guelb Moghrein ; Il s'agira de déterminer la durée de présence de la compagnie dans la région d'Akjoujt. J'aborderai également la question de l'utilisation des résultats d'analyses chimiques menés la MCM sur l'ensemble des veines et minéralisation de la zone. Sous réserve de respecter les normes de confidentialité, des données seront comparées à celles obtenus sur le matériel archéologiques (voir ci-après).

Dans une perspective d'extension de l'aire de recherche et d'accroître les partenaires du projet, je tâcherai de rencontrer Daniel Marini, directeur général de la compagnie minière Kinross-Taziast, et Thierry Vergnol, actionnaire majoritaire dans la compagnie Algold (**Fig. 68**). Je leur présenterai les objectifs du programme, les résultats et leur proposerai de mener des recherches à la périphérie de leur concession minière.

Sous réserve des avancées lors des discussions, nous proposerons aux directeurs généraux de mener des recherches du même ordre que celles menées autour d'Akjoujt. Les aires de recherche seraient similaires à celle actuelle (80 km) et leur centre du rayon d'action serait chacune la concession minière (**Fig. 68**). Cette perspective de recherche serait dans le cadre d'un nouveau projet de recherche qui s'appuierait sur les travaux menés lors du programme CUPRUM.



**Fig. 68** : Carte localisant la ville d'Akjoujt, dans la région de l'Inchiri, et les concessions minières des trois compagnies MCM, Algold et Kinross-Taziast. La zone des recherches menées depuis 2016 est comprise à l'intérieur de l'ellipse.

### 3- Opération projetées

L'extension des recherches envisagerait une aire de recherches équivalente dont le centre serait les concessions minières Algold et Kinross-Tasiast.

#### 3.e) Analyses chimiques

Nous achèverons les analyses chimiques et isotopiques des artefacts liés à la métallurgie découverts lors des trois campagnes (**Fig. 69**). Sous réserve d'autorisations, nous veillerons à réaliser quelques prélèvements invasifs sur une sélection d'objets conservés à l'IFAN. Les analyses seront réalisées les laboratoires de sciences physico-chimiques conventionnés avec l'UMR 5608 TRACES et au laboratoire d'archéométrie rattaché au Deutsches Bergbau Museum à Bochum.

Sous réserve d'accord et dans le cadre du respect des clauses de confidentialité, nous comparerons nos résultats avec ceux obtenus par la compagnie MCM sur les veines et minéralisations de la région. Cette mutualisation permettra d'apporter des éléments de réponse à la provenance des minerais utilisés lors des activités métallurgiques au cours de l'Holocène récent dans la région d'Akjoujt. Ces comparaisons de données d'analyse, éléments majeurs, traces et ratios isotopiques, seront réalisées sur des graphiques. Ce type de support exploite les données brutes mais respecte leur confidentialité.

#### 3.f) Table ronde à Nouakchott

Lors d'un échange à Rabat avec le directeur du centre Jacques Berque, Adrien Delmas, nous avons souligné l'importance scientifique d'organiser une table ronde avec l'ensemble des acteurs de l'aire Saharo-Sahélienne afin de faire le point sur les travaux récents, les avancées, et l'état des questions dans cette région.

L'idée émergente serait d'organiser à Nouakchott en octobre-novembre 2019 une table ronde réunissant une quinzaine de chercheurs et archéologues de la région (Maroc, Algérie, Mali, Niger, Tchad, & Mauritanie), et une dizaine de chercheurs internationaux travaillant dans la zone Saharo-Sahélienne. La durée de cette table ronde n'excéderait pas 3 jours (**Fig. 69**).

Avec le soutien de l'IMRFP, l'Université de Nouakchott, l'ambassade de France à Nouakchott et l'IFRE de Rabat, Adrien Delmas et moi-même seront en charge de l'organisation de cet événement scientifique. Parmi les éléments de plus-value, outre les échanges entre les participants, cette table ronde permettra de positionner les institutions mauritaniennes au centre de la recherche archéologique et de tisser un réseau ouvrant vers de nouveaux projets

#### 3.g) Communications en Afrique et en Europe

Dans la suite de cette perspective d'ouverture et de communication, nous envisageons de mener des communications sur les résultats et perspectives du programme CUPRUM au Sénégal, Belgique et en Allemagne (**Fig. 69**).

##### 3.g.1) IFAN

Lors du colloque PANAF qui s'est tenu à Rabat en Septembre 2018, les collègues de l'IFAN m'ont proposé de faire une lecture dans leur master d'archéologie au cours de mon séjour à Dakar. Il s'agira de présenter nos travaux et nos résultats aux jeunes futurs archéologues sénégalais. Des perspectives d'échanges et de formation pour les étudiants entre le Sénégal et la Mauritanie sera également au centre de la discussion.

##### 3.g.2) Université Libre de Bruxelles

Pierre de Maret, rattaché au [Centre de Recherches en Archéologie et Patrimoine \(CReA\)](#) et au [Centre d'Anthropologie Culturelle \(CAC\)](#) de l'Université Libre de Bruxelles, m'a également invité à présenter les résultats de nos recherches lors d'un séminaire de master d'archéologie.

Cette présentation donnera lieu à des échanges avec l'équipe et sera l'occasion d'éprouver nos hypothèses et d'envisager de nouvelles perspectives. En outre, nous prévoyons également de discuter d'un nouveau projet relatif à la métallurgie ancienne du cuivre en Zambie dont le partenaire principal serait la compagnie minière [First Quantum Ltd](#) avec laquelle nous sommes déjà en partenariat pour le projet en Mauritanie.

##### 3.g.3) Goethe University, Frankfurt am Main

Lors du colloque PANAF, j'ai également échangé avec Alexa Höhn, rattachée au [centre archéologie und archäobotanik Afrikas](#) de l'Université Goethe rattaché à [l'Institut für Archäologische Wissenschaften](#). Je

### 3- Opération projetées

lui ai brièvement présenté le programme de recherche CUPRUM en Mauritanie et notre souhait de monter un projet plus ambitieux.

Elle m'a conseillé d'en discuter avec Katharina Neumann, directrice du centre archéologie et archéobotanik Afrikas, et de présenter nos travaux à l'ensemble de l'équipe ainsi qu'aux étudiants dans le cadre d'un séminaire de Master. Lors de notre échange nous avons évoqué l'intérêt de monter ensemble un projet ANR-DFG couvrant une grande partie de l'aire Saharo-Sahélienne et focalisé sur les débuts et le développement des métallurgie au cours de l'Holocène récent.

#### 3.h) Site internet

Dans le cadre des opérations de valorisation du programme CUPRUM, un site internet sera constitué (**Fig. 69**). Il présentera le cadre du projet, la problématique, les objectifs, les résultats et les perspectives. Nous mettrons également en ligne un SIG interactif qui permettra de cartographier des résultats en lien avec des requêtes pré proposées.

#### 3.i) Publications

Il s'agit du volet majeur des opérations projetées en 2018. L'accès aux échantillons des dernières missions avait retardé la réalisation de cet objectif (**Fig. 69**).

Un premier article de synthèse du projet sera déposé en décembre pour la revue *Nyame Akhuma*. En début d'année 2019, un second article présentera l'ensemble détaillé des résultats archéologiques et les dates radiocarbone en perspective avec l'état des connaissances sur l'origine et le développement de la métallurgie dans la zone Saharo-Sahélienne. Nous soumettrons cet article à la revue *Journal of African Archaeology* ; Une grande partie de cet article est déjà rédigé. Il convient d'inclure les dernières recherches de terrain et les résultats de datation radiocarbone.

Avant la fin d'année, nous publierons un article ciblé sur les aspects techniques des indices métallurgiques découverts. Avec l'appui de résultats d'analyses chimiques et isotopiques, il s'agira de discuter de points précis sur les processus métallurgiques employés au cours de l'Holocène récent en Mauritanie. Cet article sera soumis à la revue *Journal of Archaeological Science* ou *Quaternary International*.

Enfin, la table ronde prévu en 2019 à Nouakchott donnera l'occasion de réaliser un ouvrage qui rassemblera non seulement l'ensemble des résultats des quatre années de recherches du programme CUPRUM, mais également de les mettre en perspectives avec les travaux des projets actuels travaillant dans la zone saharo-sahélienne.

#### 3.j) Nouveau projet dans la continuité du programme CUPRUM

Au regard des résultats obtenus, nous avons décidé de déposer, d'une part, une demande renouvellement quadriennal auprès de la commission des fouilles du MEAE, et d'autre part, de soumettre un nouveau projet dans la continuité programme CUPRUM. Nous envisageons de proposer ce projet international à l'Agence Nationale de Recherche, sous le format ANR-DFG. Nous souhaitons en effet établir un partenariat avec une institution allemande, le centre archéologie und archäobotanik Afrikas de l'Université Goethe rattaché à l'Institut für Archäologische Wissenschaften.

Cet ambitieux projet reprendra la question de l'origine et du développement des métallurgie dans les sociétés de l'aire Saharo-Sahélienne de la Préhistoire au commerce transsaharien (3<sup>e</sup> millénaires avant notre ère - 17<sup>e</sup> siècle). Ce projet associera des institutions européennes et africaines (Maroc, Mauritanie, Sénégal, Algérie, Tchad, Niger).

3- Opération projetées

opérations		janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre
Publications	article dans <i>Nyame Akhuma</i> *												
	article dans <i>Journal of African Archaeology</i> *												
	article dans <i>Journal of Archaeological Science</i>												
	Publication finale programme CUPRUM												
Site internet	constitution d'un SIG interactif												
	constitution du site internet												
	fonctionnement effectif												
Comm. dans Univ. Européennes	Université libre de Bruxelles												
	Goethe University, Frankfurt am Main												
Analyses	datations radiocarbones*												
	compositions chimiques & isotopiques												
Séjour en Mauritanie	étude de la céramique à l'IMRFP												
	étude du matériel macrolithique à l'IMRFP												
	séminaires en archéologie à l'Université												
	formation des étudiants mauritaniens												
	renforcement du partenariat - MCM												
	renforcement du partenariat - Tasiast-Kinross												
	renforcement du partenariat - Algold												
Séjour au Sénégal	étude du matériel archéologique à l'IFAN												
	étude des archives de l'IFAN												
	formation d'un étudiant mauritanien												
	communication à l'IFAN												
Table ronde	table ronde à Nouakchott												
Nouveau projet dans la continuité de CUPRUM	échanges et élaboration avec les partenaires												
	constitution du dossier ANR-DFG												
	dépôt du dossier ANR-DFG												

\* amorcé dès fin 2018

Fig. 69 : retro-planning des opérations projetées en 2019 dans le cadre du programme CUPRUM (2016-2019).

## Conclusion

### Conclusion

Cette campagne s'inscrit dans la continuité des deux missions précédentes. Trois objectifs ont été visés et pleinement remplis : 1) poursuite de la formation des étudiants, 2) appréhension de la métallurgie ancienne dans la région d'Akjoujt et 3) estimation de l'interaction entre l'environnement et les activités anthropiques au cours de l'Holocène récent.

Cinq étudiants, dont un nouveau, ont été formés aux recherches de terrain en archéologie. Pour les quatre étudiants ayant déjà participé à nos missions, sur la base de leur acquis, nous leur avons confiés la responsabilité de diriger des opérations archéologiques (fouilles, sondages, prospections) en les supervisant dans l'exécution de ces tâches. Aziz Ballouche, archéologue et spécialiste du paléoenvironnement, les a sensibilisés aux grands principes de recherches en géo-archéologie et sur les implications pour la compréhension des interactions entre le climat et les activités anthropiques au cours de l'Holocène. Il les a également formés aux sondages paléoenvironnementaux. Ils ont contentieusement rempli ces missions et acquis de nouvelles connaissances. Le test réalisé au cours de la mission nous a permis, d'une part, d'estimer leur niveau de connaissance, et d'autre part, d'évaluer notre formation et de réorienter notre démarche pédagogique. Nous avons invité le jeune nouveau étudiant, en master de géologie, à se former aux principes de base de l'archéologie et incité à s'appuyer sur ses connaissances pour appréhender les notions de paléoenvironnement. En dépit de nos sollicitations et notre démarche de formation, il n'a pas manifesté d'intérêt dans ce stage si ce n'est celui d'approcher la compagnie minière MCM en vue d'une poursuite d'étude dans le cursus « géo-mine ».

L'étudiant le plus brillant du groupe, Sidi-Mohamed Salem, a obtenu une bourse du MEAE lui permettant de réaliser un stage de perfectionnement en archéologie en France. Du 02 octobre au 30 novembre 2018, il réalise un stage intitulé « *la chaîne opératoire de l'archéologie préventive* » au sein de la direction régionale de l'INRAP des Hauts de France à Villeneuve d'Ascq. Il participera aux opérations de diagnostics archéologiques et à celles d'étude et de conservation du matériel découvert. Sous la responsabilité de Laurent Sauvage, directeur adjoint scientifique et technique de l'INRAP pour la région Hauts de France, il sera formé à l'ensemble des techniques de fouilles employées par l'INRAP, à l'étude du matériel en post-fouille et à la réalisation des rapports et études scientifiques de communication. A l'issue de ce stage, il réalisera un rapport qui sera remis à l'IMRFP, à la commission des fouilles du MEAE et à l'ambassade de France à Nouakchott.

Cette campagne a permis d'apporter des éléments de réponse relatifs à de la métallurgie ancienne dans la région d'Akjoujt.

Concernant la métallurgie minière, les fouilles de la mine Z1-M-12a (*mine El' Bawma*) ont permis de déterminer précisément les dimensions de la structure et de mettre en évidence deux phases d'exploitation. La première remonte à l'époque préhistorique ; la datation du charbon prélevé en 2017 de situer précisément cette première phase. Cette mine a connu une seconde occupation au cours de l'époque médiévale. Les traces de pic en fer témoignent d'une exploration à cette période. La mise en évidence de ces deux phases confirme les hypothèses de l'occupation diachronique de la région d'Akjoujt que l'on avait fondé au regard des résultats des deux dernières campagnes. Nous avons découvert une mine datée entre le 5<sup>e</sup> et le 7<sup>e</sup> siècle de notre ère à Atomaye, un caravansérail sur le cordon dunaire de la Dkhaina et un site métallurgique médiéval au niveau de celui de l'Amatlich. La région d'Akjoujt semble avoir connu une première occupation anthropique liée à la métallurgie au cours de l'Holocène récent, puis après un hiatus, une réoccupation liée également au métal au début de la période du commerce transsaharien. Nos recherches de terrain cette année ont également permis de découvrir deux autres districts miniers au Nord d'Akjoujt, dans le massif de Tourarine. L'étude des traces d'exploitation confirme l'extraction au cours de la Préhistoire et de l'époque médiévale. L'une d'entre elle, visiblement médiévale, serait liée à l'extraction de l'or. La découverte d'un certain type de fragments de minerais cuprifère, au cours de la fouille du camp métallurgique Z-7-H-W-45 a permis d'interpréter certains minerais découverts lors de la prospection en 2016. Il s'agit de minerais secondaires d'origine alluviale. Ces indices suggèrent donc une exploitation des ressources métallifères présents dans les cours d'eau de la région. Ainsi au 72 mines permettant l'exploitation de minerais primaires, il faut aujourd'hui également prendre en compte un nombre non encore déterminé de placers offrant des possibilités d'extraction de minerais secondaires. Cette découverte augmente sensiblement le potentiel métallifère pour le développement de la métallurgie au cours de la

### *Conclusion*

préhistoire. La région d'Akjoujt apparaît aujourd'hui comme une aire importante pour la question de l'origine et du développement de la métallurgie dans la zone saharo-sahélienne.

Ce dynamisme des activités métallurgiques dans la région d'Akjoujt est également perceptible au travers des innovations techniques employées pour la métallurgie extractrice, c'est à dire les démarches pour la transformation du minerais en métal. Les recherches de terrain cette année ont permis, d'une part, de confirmer l'usage des tuyères dans les fours de réduction, et d'autre part, l'usage de deux autres systèmes de ventilation forcée (*pot-bellows* et *blow-pipes*). Les découvertes de fonds de fours et de scories riches en cuivre mettent en évidence des difficultés dans le processus de réduction et/ou l'utilisation de minerais complexes à base de sulfures. Les fouilles du camps métallurgique Z-7-H-W-45 ont permis de confirmer la chaîne opératoire consistant, une fois la réduction réalisée, à concasser les scories et à collecter les billes et billettes de métal pour ensuite les fondre dans un creuset. Cette opération de fonte se réalise à proximité de la zone dédiée à la réduction. La récurrence d'objets cassés en métal dans les camps métallurgiques suggère une récupération et un recyclage de cette masse métallique.

Les opérations relatives à la métallurgie de mise en forme sont également pratiquées au niveau des camps métallurgiques. Les derniers travaux de terrain le confirment et ont permis de mettre au jour une bille martelée qui témoigne de ces opérations. La quasi absence d'objet complet en métal au niveau des camps métallurgiques suggèrent qu'ils alimentent des circuits d'échanges après avoir été produits. La découverte fréquente d'objet en fer dans ces camps, et l'absence d'indice de production d'une métallurgie ferreuse, suggèrent, d'une part, une contemporanéité des deux métallurgies (cuivre et fer) et des échanges de productions entre les cultures maîtrisant chacune l'une de ces métallurgies.

L'étude paléoenvironnementale prospective s'est attachée à effectuer des sondages au niveau de plusieurs secteurs dans la zone de recherche du programme. Les secteurs retenus correspondent à d'anciennes zones humides à proximité d'occupations anthropiques comportant des activités métallurgiques. Chaque sondage a fait l'objet de prélèvements. Leur analyse en laboratoire, programmée pour le printemps 2019, devrait permettre d'apporter des éléments réponse à l'interaction entre les activités anthropiques, dont la métallurgie, et l'environnement au cours de l'Holocène récent.

A la suite des recherches de terrain, des études en laboratoires vont être menées sur les charbons et une partie des indices métallurgiques échantillonnés. Les charbons de bois collectés en 2017 et 2018 vont être datés par radiocarbone et pour les plus gros fragments nous effectuerons des analyses anthracologiques. Nous mènerons également des analyses chimiques et isotopiques sur une partie des échantillons des artefacts métallurgiques. Ces analyses permettront de déterminer les procédés technologiques employés et de fonder des hypothèses sur la provenance des matières premières et la circulation du métal à l'Holocène dans la zone Saharo-Sahélienne.

Au regard de nombreux résultats obtenus lors de ces trois campagnes, la prochaine sera consacrée à la valorisation des résultats. Les recherches en laboratoire et les analyses chimiques et isotopiques se poursuivront. Deux études, l'une portant sur la céramique et la seconde sur les macrolithiques, provenant des recherches de terrain des trois campagne, seront menées. Au cours d'un cours séjour à l'IFAN à Dakar, nous étudierons les artefacts métallurgiques et les archives des précédentes missions menées par T. Monod, R. Mauny, H. Bessac et N. Lambert dans la région d'Akjoujt. Cette recherche nous permettra de confronter nos découvertes avec ces précédents travaux et d'éprouver nos hypothèses. Ces trois études permettront de poursuivre la formation des étudiants mauritaniens.

La valorisation des résultats passera par des communications dans des institutions africaines et européennes, la publication de plusieurs articles et la création d'un site internet avec un SIG en ligne. En partenariat avec l'IFRE de Rabat, l'ambassade de France et des institutions mauritaniennes nous organiserons en fin d'année 2019 une table ronde à Nouakchott réunissant une quinzaine de chercheurs et archéologues de la région (Maroc, Algérie, Mali, Niger, Tchad, & Mauritanie), et une dizaine de chercheur internationaux travaillant dans la zone Saharo-Sahélienne.

En élargissant nos partenariats en Mauritanie et en s'associant avec des instituts européens, nous déposerons, d'une part une demande de renouvellement quadriennal auprès de la commission des fouilles du MEAE, et d'autre part, nous proposerons un nouveau projet dans la continuité programme CUPRUM. Nous envisageons de soumettre ce projet international à l'Agence Nationale de Recherche, sous le format ANR-DFG.

## Références

- 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.
- 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.
- Betancourt P.P. and Mulhy J.D.** (2006), the pot bellows, *Hesperia Supplements*, 36: 125-132.
- Bocum H. et McIntosh S.K.** (2002), *Excavations at Sincu Bara, Middle Senegal Valley (Senegal)*, CRIAA-Université de Nouakchott.
- Bouimetarhan I., Dupont L.M., Schefuss, E., Mollenhauer G., Mulitza S. et Zonneveld K.** (2009), Palynological evidence for climatic and oceanic variability off N- W Africa during the late Holocene. *Quaternary Research* 72, p. 188-197
- Courcier A., Dadi Essaid E., Ould Bagga M.A., Ould Mohamed Baba E., Celauro E., Ould Ethmane S.M. et Bellah Hamoud T.** (2016), *Rapport d'activités de la première campagne de recherche 2016*, rapport fait à la commission des fouilles du MAEDI, Toulouse.
- Courcier A., Dadi Essaid E., Ould Bagga M. A., Grébénart D., Celauro A., Maass A., Coutros P., Salem S.-M., Bellah Hamoud T., Ould Abd Dayem M., Cheikh I. et Malek A.** (2017), *Rapport d'activités de la seconde campagne de recherche 2017*, rapport fait à la commission des fouilles du MEAE, Toulouse.
- Coutros P. R.** (2017), *People and Palaeoclimate: Perspectives from the Diallowali Site System*. PhD Thesis, Yale University.
- Crova A.** (1912), Vestiges de l'âge du cuivre en Mauritanie. *Congrès Préhistorique de France*, session d'Angoulême : 702-704.
- Davey C.J.** (1979), Some ancient pot bellows, *Levant*, 11 : 101-111
- Davey C.J.** (1988), Tell edh-Dhiba'i and the Southern Near Eastern metallworking tradition. In : Maddin R., *The beginning of the Use of Metals and Alloys: Papers from the Second International Conference, Zhengzhou, China* : 63-68. Cambridge : MIT Press
- Deme A.** (2004), *Archaeological investigations of settlement and emerging complexity in the middle Senegal Valley*, PhD Thesis, Rice University.
- Demenocal P.B., Ortiz J., Guilderson T., Adkins J., Sarthein M., Baker L. et Yarusinsky M.** (2000), Abrupt onset and termination of the African Humid Period: rapid climate responses to gradual insolation forcing. *Quaternary science reviews* 19, p. 347-361.
- Druc I.C.** (2015), *Portable Digital Microscope. Atlas of Ceramic Pastes. Components, Texture and Technology (with technical collaboration of B. Velde and L. Chavez)*. WI: Deep University Press
- El Dadi Essaid E.** (2013), *Etude d'impact : archéologie et patrimoine culturel sites des projets extension Mines MCM*. Rapport IMRS, Nouakchott.
- Garnier A., Lespez L, Ozainne S., Ballouche A., Mayor A., Le Drézen Y., Rasse M. et Huyscom E.** (2015), L'incision généralisée de la vallée du Yamé (Mali) entre 2400 et 1700 cal. BP: quelle signification paléoenvironnementale et archéologique? *Quaternaire*, 26/1, p. 49-66.
- Gasse F.** (2000), Hydrological changes in the African tropics since the Last Glacial Maximum. *Quaternary science review- Ws* 19, p. 189-211.
- 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 : 410-444.
- Lambert N.** (1969a), Recherches archéologiques à Akjoujt (Mauritanie), *Bulletin de la Société préhistorique française. Comptes rendus des séances mensuelles*, 66/5 : 155-156.
- Lambert N.** (1969b), Hache polie de Tiberquint (Mauritanie), *Notes africaines* 121: 18-20.
- Lambert N.** (1970), Medenit Sbat et la protohistoire de Mauritanie occidentale, *Antiquités Africaines*, 4 : 15-62.
- Lambert N.** (1971), Les industries sur le cuivre dans l'Ouest Saharien. *West African Journal of Archaeology*, 1 : 9-21.
- Lambert N.** (1972), Objets en cuivre et Néolithique de Mauritanie occidentale. In : Hugot H. (éd.), *Congrès Panafricain de Préhistoire, Dakar, 1967* : 159-174. Chambéry : Les imprimeries réunies de Chambéry.
- Lambert N.** (1974), Mines et métallurgie antiques dans la région d'Akjoujt, *Annales de l'Institut mauritanien de recherches scientifique*, 1 : 2-65.
- Lambert N.** (1975) Mines et métallurgies antiques dans la région d'Akjoujt, *Annales de l'Institut Mauritanien de la Recherche Scientifique*, 1 : 6-25.
- Lambert N.** (1981), L'apparition du cuivre. Les civilisations préhistoriques. In : Hugot H., Descamps C., Huard P. and Milburn M (éds.), *Le sol, la parole et l'écrit, mélanges en hommage à Raymond Mauny. Tome I* : 213-226. Paris : Société française d'histoire d'Outre Mer.
- Lambert N.** (1983), Nouvelle contribution à l'étude du chalcolithique mauritanien. In, Echard N. (éd.), *Métallurgie Africaines : Nouvelles Contributions* : 63-87. Paris : Mémoires de la Société des Africanistes.
- Lespez L., Le Drezen Y., Garnier A., Rasse M., Eichhorn B., Ozainne S., Ballouche A., Neumann K. et Huyscom E.** (2011), High-resolution fluvial records of Holocene environmental changes in the Sahel: the Yamé River at Ounjougou (Mali, - West Africa), *Quaternary Science Review- Ws* 30, p. 737-756.
- Lézine A.M., Hély C., Grenier C., Braconnot P. et Krinner G.** (2011), Sahara and Sahel vulnerability to climate changes, lessons from Holocene hydrological data, *Quaternary Science Review- Ws* 30, p. 3001-3012.
- Maley J.** (2010), Climate and palaeoenvironment evolution in North Tropical Africa from the end of the Tertiary to the Upper Quaternary, *Palaeoecology of Africa* 30, p.227-278.
- Maley J. and Vernet R.** (2013), Peuples et évolution climatique en Afrique nord-Tropicale de la fin du Néolithique à l'aube de l'époque moderne, *Afriques*, 4 : 1-40.
- Maley J. et Vernet R.** (2015), Populations and climatic evolution in North Tropical Africa from the end of Neolithic to the Dawn of the modern era, *African Archaeological Review*, 32/2: 179-232.
- Martinon-Torres M.** (2014), *the Crucible*, Historical Metallurgical Society News, 85.
- Mauny R.** (1951a), Enquête sur les nom des métaux dans les langues africaines, *Notes Africaines*, 50 : 57-58.
- Mauny R.** (1951b), Un âge du cuivre au Sahara occidental? *Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire*, 13 : 168-180.
- Mauny R.** (1952), Essai sur l'histoire des métaux en Afrique Occidentale, *Bulletin de l'Institut Français d'Afrique Noire*, 15 : 545-595.
- Mauny R.** (1953), Découverte d'un atelier de fonte du cuivre à Marandet (Niger). *Notes africaines*, 58: 52-57.
- Mauny R.** (1954), *Mission dans l'Adrar de Mauritanie, 16 janvier - 15 février 1954*, carnet de terrain, non publié, accessible par <http://transcrire.huma-num.fr/collections/show/4>
- Mauny R.** (1955), Pointes de flèche et armes en cuivre mauritaniennes, *Bulletin de Liaison Saharienne*, 21 : 113-116.
- Mauny R.** (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 : 1231-1235.
- Mauny R.** (1967), Datation au <sup>14</sup>C des sites de l'Ouest africain de l'âge du Fer. In, Hugot H.J. (éd.), *Actes du VI<sup>e</sup> congrès Panafricain de Préhistoire et d'Etude du Quaternaire* : 531-539. Chambéry: Les imprimeries réunies de Chambéry.
- Mauny R. et Hallemans J.** (1957), Préhistoire et protohistoire de la région d'Akjoujt (Mauritanie), *comptes-rendus du III<sup>e</sup> congrès panafricain de Préhistoire* : 122-146. Levingston.
- Mauny R.** (1974-75), Contribution à la protohistoire du Sahara occidental : tombes à monolithes, chars rupestres, mines et matériel de cuivre, *Almogaren* 5-6 : 165-176.

références

- Mauny R.** (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 : 1231-1235.
- Mauny R.** (1967), Datation au <sup>14</sup>C des sites de l'Ouest africain de l'âge du Fer. In: Hugot H.J. (éd.), *Actes du V<sup>e</sup> congrès Panafricain de Préhistoire et d'Etude du Quaternaire*. Chambéry: Les imprimeries réunies de Chambéry.
- Mayor A., Huysecom E., Gallay A., Rasse M. et Ballouche A.** (2005), Population dynamics and palaeoclimate over the last 3000 years in the Dogon Country, Mali. *Journal of Anthropological Archaeology*, 24/1, p. 25-61.
- McIntosh S.K.** (1995), *Excavations at Jenne-jeno, Hambarketolo and Kaniana: the 1981 season (University of California Monographs in Anthropology)*. Berkeley: University of California Press.
- McIntosh R.J., McIntosh, S.K. et Bocoum H.** (eds.) (2016), *The Search for Takrur: Archaeological Excavations and Reconnaissance along the Middle Senegal Valley*, New Haven: Department of Anthropology and The Peabody Museum: Yale University Publications in Anthropology.
- Moorey P.R.S.** (1999), *Ancient Mesopotamian Materials and Industries: The Archaeological Evidence*, Winona Lake : Eisenbrauns.
- Moreau R.** (1970), Le site de Lemdena au Quaternaire récent, *Bulletin ASEQUA*, 27-28 : 29-38.
- Nizou J., Hanebuth T.J. et Vogt C.** (2011), Deciphering signals of late Holocene fluvial and aeolian supply from a shelf sediment depocentre off Senegal (north West Africa). *Journal of Quaternary Science*, 26/4, p. 411-421.
- Paris F.** (1993), Archéologie funéraire et peuplement. In Vernet R., *Préhistoire de la Mauritanie* : 91-101. Nouakchott : éditions Sépia.
- Park D.** (2011), *Climate change, human response and the origins of urbanism at Timbuktu*. Ph. D. Thesis, Yale University, Dept. Anthroology.
- Ould Mohamed Kaber N.** (2008), *Le patrimoine culturel de la région d'Akjoujt et les perspectives de valorisation*. Rapport IMRS, Nouakchott.
- Ozainne S., Lespez L, Garnier A., Ballouche A., Neumann K., Pays O. et Huysecom E.** (2014), A question of timing: spatio-temporal structure and mechanisms of early agriculture expansion in - West Africa. *Journal of Archaeological Science*, 50, p.359-368
- Rehder J.E.** (1994), Blowpipe versus Bellows in ancient metallurgy, *Journal of Field Archaeology*, 21/3, p. 345-350.
- Rice P.M.** (2015), *Pottery analysis: a sourcebook*. University of Chicago Press.
- Töchterle U., Goldenberg G., Schneider P. and Tropper P.** (2013), Spätbronzezeitliche Verhüttungsdüsen aus dem Bergbaurevier Mauken im Unterinntal, Nortirrol: Typologie, mineralogisch-petrographische Zusammensetzung und experimentelle Rekonstruktionsversuche, *Der Anshnitt*, 65 : 1-19.
- Vernet R.** (1986), *La Mauritanie des origines au début de l'histoire*. Nouakchott : Centre culturel Français A. de St Exupéry.
- Vernet R., Barthily M.S., Khattar M.O., Cluzel Ch., Ott J.M., Beckouche S., Caruba R., Delarozière M.F. et Evin J.** (1992), *Les sites Néolithiques de Khatt Lemaïteg (Amatlich) en Mauritanie occidentale*, Meudon : CMA
- Vernet R.** (1993a), Préhistoire des bassins affluents de la rive gauche du fleuve Niger. In : Roume E. (éd.), *Vallée du Niger* : 63-74. Paris : Edition de la Réunion des Musées Nationaux.
- Vernet R.** (1993b), *Préhistoire de la Mauritanie*. Nouakchott : éditions Sépia.
- Vernet R.** (2010), Un siècle de préhistoire en Mauritanie occidentale, *Les nouvelles de l'archéologie*, 120-121 : 122-128.
- Vernet R.** (2012), Le Chalcolithique de Mauritanie (3000-2500 cal. B.P.). Etat de la question, *Sahara* 23 : 7-28.
- Vernet R.** (2014), Les marges préhistoriques du nord-est de la Mauritanie: le Tiris et le Zemmour, *Cahiers de l'AARS* 17 : 185-223.