



HAL
open science

Programme_CUPRUM_Mauritanie_Rapport d'activités 6 ème campagne de recherche -2021

Antoine Courcier, Aziz Ballouche, Marco Goma Kany

► **To cite this version:**

Antoine Courcier, Aziz Ballouche, Marco Goma Kany. Programme_CUPRUM_Mauritanie_Rapport d'activités 6 ème campagne de recherche -2021. [Rapport de recherche] UMR 5608 TRACES, SRA, Région Occitane. 2021. halshs-03774629

HAL Id: halshs-03774629

<https://shs.hal.science/halshs-03774629>

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 - Dynamiques !

Rapport d'activités
6^{ème} campagne de recherche
- 2021 -

Antoine Courcier

Directeur du programme, chercheur associé au Centre Jacques Berque

avec la contribution de **Aziz Ballouche & Marco Goma Kany**

UFR Lettres Langues et Sciences Humaines - LLSH

Département de Géographie

UFR Sciences, LETG UMR 6554 CNRS



Sommaire

Remerciements	4
Introduction	5
1) Un programme résilient	6
1.1 Dépasser les difficultés administratives	6
1.1.a) détérioration des conditions de travail pour un chercheur non-titulaire	6
1.1.b) Le renouvellement des conventions	6
- <i>convention avec l'IMRFPC</i>	6
- <i>convention avec Kinross-Tasiast</i>	7
1.1.c) le rattachement au Centre Jacques Berque	7
1.2) S'adapter à l'évolution des relations avec les partenaires en Mauritanie	7
1.2.a) Les compagnies minières privées en Mauritanie	7
- <i>First Quantum Mineral Limited et la Mauritanian Copper Mine</i>	7
- <i>un modèle de partenariat vertueux</i>	8
- <i>Kinross et Kinross-Tasiast</i>	8
1.2.b) Relations avec les institutions publiques en Mauritanie	9
- <i>L'Institut Mauritanien de Recherche et de Formation en matière de Patrimoine et de Culture (IMRFPC)</i>	9
- <i>L'université de Nouakchott</i>	10
2) Objectif 1 : former des étudiants africains	12
2.1) Contribuer à la politique de partenariat tripartite France - Maroc - Mauritanie	12
2.1.a) <i>participer aux mission de terrain du projet « Jbel Bani » au Maroc</i>	12
2.1.b) <i>mettre en place des échanges et des formations d'étudiants entre le Maroc et la Mauritanie</i>	13
2.1.c) <i>encadrer un master d'un étudiant marocain</i>	14
2.2) Participer à la formation des étudiants mauritaniens	14
2.2.a) <i>former des étudiants mauritaniens</i>	14
2.2.b) <i>enseigner l'archéologie et l'archéométaballurgie à l'université de Nouakchott</i>	
3) Objectif 2 : Relever un déficit scientifique	16
3.1) S'affranchir d'un concept : « <i>le Sahara : un désert de connaissances</i> »	16
3.2) Comprendre les métallurgies dans la zone du Tasiast	20
4) Objectif 3 : Valoriser les recherches de terrain	21
4.1) analyses géoarchéologiques	21
4.1.a) Matériel et méthodes	21
4.1.b) Premiers résultats	24
4.1.c) Premiers commentaires	27
4.2) analyses chimiques à l'IRAMAT-CEB	28
5) Etat des frais au 12 octobre 2021 et proposition de consommation des crédits restant	34
Conclusion et perspectives	36
Bibliographie	37

Liste des figures

- Fig. 1** : carte de localisation de la Mauritanie, de la région de l'Inchiri et des compagnies minières exploitant les ressources minières dans la région de l'Inchiri, en Mauritanie. La MCM a été partenaire lors du premier quadriennal (2016-2019). Kinross-Tasiast est partenaire du nouveau quadriennal (2020-2023). OreCorp est pressenti comme un futur partenaire au regard d'un accord tacite donné en 2020 par le Directeur Général. AlGold est un partenaire envisagé.
- Fig. 2** : Carte mentale du programme CUPRUM-Dynamiques (2020-2023) précisant les trois grands axes de recherches et leurs sous objectifs respectifs.
- Fig. 3** : Carte mentale du programme CUPRUM-Dynamiques (2020-2023) précisant les objectifs et sous-objectifs de l'axe « formation ».
- Fig. 4** : Routes du commerce transsaharien et localisation du site de Tamdult situé dans l'anti-Atlas, au niveau de la vallée moyenne du Draa, dans la province de Tata, à proximité de la ville d'Akka. (Nixon et al., 2017).
- Fig. 5** : Localisation du site archéologique de Tamdult et topographie de la région (carte réalisée par Anouar Allaoui, 2021).
- Fig. 6** : four métallurgique découvert en 2004 lors d'une mission de l'IMRFPC (Vernet et al., 2018, fig. 12, p. 12).
- Fig. 7** : Sites métallurgiques dans le secteur de Tasiast : a) Site 1 (20.514642°, -15.496940), b) Site 2 (20.520915°, -15.496040), c) Scorie découverte sur le site 1, d) Fragment de minerais de cuivre provenant du site 2, e) Fragment de paroi de four métallurgique provenant du site 1. © IMRFP.
- Fig. 8** : carte géologique simplifiée du nord-ouest du bouclier Rgueibat indiquant les terrains de Choum-Rag el Abiod (région d'Akjoujt) et celui de Tasiast-Tijirit (Taylor et al., p. 11, fig. 2).
- Fig. 9** : Carte de localisation des opérations projetées dans le secteur de d'El Gaicha de la région de Tasiast, à proximité immédiates de la concession minière de Kinross-Tasiast.
- Fig. 10** : Préparation des échantillons avant l'analyse granulométrique (Source : M. GOMA KANY). **A** : Récupération de la fraction inférieure à 2mm après tamisage ; **B** : Mise en place des échantillons traités au peroxyde d'hydrogène dans le bain marie ; **C** : Agitation pendant 12 h des échantillons en solution d'hexamétaphosphate de sodium.
- Fig. 11** : Granulomètre laser Malvern Mastersizer 3000 (Source : M. GOMA KANY).
- Fig. 12** : Différentes étapes de traitement avant l'analyse morphoscopique (Source : M. GOMA KANY). **A** : Traitement à l'acide chlorhydrique ; **B** : Mise en place dans la centrifugeuse ; **C** : Échantillons prêts à être observés dans les boîtes de pétri.
- Fig. 13** : Catégories morphologiques de grains adoptées dans notre étude (Source : M. GOMA KANY). **A** : Irrégulier mat observé dans l'échantillon ; **B** : Non-usés observés dans l'échantillon ; **C** : Emoussés luisants ronds observés dans l'échantillon.
- Fig. 14** : Lithologie du profil MAK-02.
- Fig. 15** : Log lithostratigraphique, données granulométriques et morphoscopiques du profil MAK-02.
- Fig. 16** : Lithologie du profil MAK-04A/B.
- Fig. 17** : Log lithostratigraphique, données granulométriques et morphoscopiques du profil MAK-04B.
- Fig. 18** : Emplacement des deux sites étudiés sur le profil topographique de la région.
- Fig. 19** : Compositions chimiques des 72 artefacts analysés par LA-ICP-MS au laboratoire IRAMAT-CEB.
- Fig. 20** : Ratio des taux de plomb versus ceux d'uranium.
- Fig. 21** : Ratio des taux de d'or versus ceux de vanadium.
- Fig. 22** : Traitement statistique par ACP des éléments traces détectés dans les artefacts des différents sites.
- Fig. 23** : Traitement statistique par CAH des éléments traces détectés dans les artefacts des différents sites.

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, Robert Moulie et Monsieur le Conseiller de Coopération et d'Action Culturelle, Pierre-Yves Bertrand et Bernard Rubi ainsi qu'à l'ensemble de l'Ambassade de France pour leur aide dans la constitution du projet et leur appui diplomatique pour les prises de contacts.

Je remercie infiniment Madame Mariem Baba Ahmed, directrice de la coopération internationale la coopération internationale de la ministre de l'enseignement supérieur, pour son aide précieuse et son investissement au succès de la mission de terrain 2021.

Tous mes remerciements s'adressent également à monsieur Cheikh Saad Bouh Camara, 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 Ahmed Mewloud Eida Elhilal, responsable du master d'histoire, pour leur aide dans la constitution des perspectives du programme.

Je remercie Monsieur Ahmed El Mouna, Directeur Général, Agence Nationale de la Recherche Scientifique et de l'Innovation (ANRSI)

Je souhaite exprimer ma sincère gratitude envers Dominic Channer, vice-président du service des relations communautaires auprès de la compagnie Kinross-Tasiast ldt, Andreas Mittler vice-président senior des opérations en Afrique de l'Ouest, Brahim Mbarek, directeur adjoint et David Hendriks, directeur général de compagnie Kinross-Tasiast ldt (TMLSA) qui ont été convaincus par le projet, l'ont défendu et soutenu. Mes remerciements s'adressent également tout particulièrement à Ronald Halas, Astou Diang, Louise Diaz, Dinah Asare, Audace Ntungicimpaye et à l'ensemble des employés de la TMLSA qui, par leur passion et leur conviction envers ce projet, ont permis le succès de cette première campagne à proximité immédiate de la concession minière de Kinross-Tasiast.

Je tiens aussi à témoigner toute ma gratitude et mes remerciements à mes collègues de l'UMIFRE Centre Jacques Berque à Rabat. Je remercie toute l'équipe du laboratoire et plus particulièrement Adrien Delmas, directeur du CJB, Hassan Belkorchi et Katouar Laaroussi, pour leur aide, leurs très précieux conseils et leur soutien pour ce projet et cette sixième campagne de recherche.

Introduction

Dans un contexte sanitaire toujours difficile, nous avons mené avec résilience cette sixième année de recherche. Le changement de rattachement d'équipe et surtout l'évolution des relations avec les partenaires en Mauritanie ont nécessité de repousser la mission de terrain au dernier trimestre 2021. Toutefois cette année, la direction de l'IMRFPC a refusé d'octroyer l'autorisation de recherche. Elle a refusé de sortir de sa zone de confort et préférés rester dans un espace « du connu » que de soutenir un programme qui vise un défi scientifique novateur. La mission n'a pas pu avoir lieu.

Cette mission était prévue dans une zone blanche de recherche archéologique. Elle devait recevoir le soutien en moyens logistiques et humains de la compagnie minière Kinross-Tasiast limited S.A. Ce partenariat, soucieux de la préservation du patrimoine et de la valorisation de l'histoire et de l'archéologie en Mauritanie, nous permet d'amorcer un nouveau défi scientifique : comprendre les métallurgies du cuivre au cours de la fin de l'Holocène (2^e-1^{er} millénaires avant notre ère) au nord-ouest de la région de l'Inchiri.

Nous avons également poursuivi l'un des trois axes majeurs du programme : la formation d'étudiants africains. Contribuant à la politique de partenariat tripartite France - Maroc - Mauritanie, les premiers échanges et formations d'étudiants entre le Maroc et la Mauritanie ont été organisés mais n'ont pu être réalisées au cours de cette année. Parallèlement, nous avons poursuivi l'encadrement d'un étudiant marocain en master d'archéologie et la formation d'étudiants mauritaniens dans le cadre de leur cursus en master d'histoire.

Nous avons également veillé à poursuivre la valorisation des recherches de terrain. Toutefois nos actions pour atteindre cet objectif ont été fortement impacté par les difficultés rencontrées cette année.

Ce rapport présente le contexte et les points saillants de ces trois objectifs de cette sixième année du programme CUPRUM.

1] Un programme résilient

La poursuite du programme CUPRUM s'est heurté cette année à deux complications : un changement brutal de rattachement d'équipe de recherche et une évolution des relations avec les partenaires en Mauritanie. Avec l'appui du service de coopération et d'action culturelle de l'ambassade de France, de la commission des fouilles, du centre Jacques Berque et de nos contacts en Mauritanie, nous sommes parvenus à dépasser ces difficultés.

1.1) Dépasser les difficultés administratives

1.1.a) Détérioration des conditions de travail pour un chercheur non-titulaire

Rattaché depuis janvier 2020 à l'IRAMAT-CEB, comme chercheur associé, je participais à la vie du laboratoire au travers de recherches menées dans le cadre du programme en Mauritanie. Outre ma présence aux réunions, des analyses ont été menées avec un collègue sur des échantillons provenant de Mauritanie. Avec l'accord de la direction de l'unité, j'ai sollicité l'appui du service juridique de l'université d'Orléans pour réactualiser les conventions relatives au nouveau quadriennal.

Ce service a manifesté dès le départ une attitude réfractaire à la réalisation de ce travail car je ne suis pas titulaire CNRS. Au bout d'un an, j'ai obtenu une première version des trois conventions de 5 pages chacune.

Entre décembre 2019 et avril 2021, j'ai demandé avec rigueur à plusieurs reprises, mais toujours respectueusement, que le service support traite rapidement les conventions. J'étais appuyé par un collègue de l'IRAMAT-CEB dans ces échanges.

Fin mai 2021, au vu des crispations du service support, contraint à traiter ce dossier, la direction de l'IRAMAT a préféré mettre un terme à notre collaboration et au soutien du programme CUPRUM.

1.1.b) Le renouvellement des conventions

Dans le cadre du nouveau quadriennal, deux conventions sont nécessaires. La première correspond à un renouvellement de la convention avec l'IMRFPC. La seconde correspond à une convention avec la compagnie minière Kinross-Tasiast.

- convention avec l'IMRFPC

La convention avec l'IMRFPC est un renouvellement de la précédente. Toutefois, suite au passif avec l'IMRFPC lors du premier quadriennal, des points ont été ajoutés afin d'encadrer précisément les responsabilités et engagements de chacun. Cette nouvelle convention est une exigence inconditionnelle de la direction de l'IMRFPC. Le maintien du blocage a conduit à l'impossibilité de mener une mission de terrain en 2021.

La direction de l'IMRFPC refuse toujours toute étude de la proposition pour des raisons inexplicables. Il semblerait que la direction soit en attente de compensations financières ou matérielles pour faire avancer le dossier (voir ci après).

Une solution alternative est actuellement à l'étude avec l'aide de Madame Mariem Baba Ahmed, directrice de la coopération internationale au ministère de l'enseignement supérieur. Il est envisagé de conventionner avec l'université de Nouakchott et la faculté des lettres et des sciences sociales.

Cette solution alternative n'a pas abouti. L'IMRFPC semble être la seule institution à avoir compétence pour les recherches archéologiques et de valorisation de patrimoine. Toute demande d'autorisation de recherche doit passer par l'IMRFPC.

Un programme résilient

- convention avec Kinross-Tasiast

La convention avec TMLSA calque celle établie précédemment avec la MCM. Cette convention est à la demande du service juridique de TMLSA.

Le service juridique de TMLSA nous a retourné une première version modifiée de la proposition de convention. Je l'ai complété et annoté puis je leur ai retourné cette seconde version.

1.1.c) le rattachement au Centre Jacques Berque

Depuis 2020, le CJB est l'un des partenaires principaux du programme archéologique en Mauritanie. Au regard des difficultés rencontrés avec l'IRAMAT, la commission des fouilles m'a conseillé d'être uniquement rattaché à cette unité mixte d'institut français de recherche à l'étranger.

Avec la direction et l'ensemble de l'équipe, je contribue à la politique de partenariat tripartite France - Maroc - Mauritanie au travers d'actions ciblées dans le cadre du programme CUPRUM en Mauritanie.

Le CJB a repris, en septembre 2021, le dossier des conventions avec les partenaires en Mauritanie. Adrien Delmas supervise le bon déroulement de la finalisation des conventions. A ce jour, les conventions ne sont toujours pas finalisées.

1. 2) S'adapter à l'évolution des relations avec les partenaires en Mauritanie

1.2.a) Les compagnies minières privées en Mauritanie

- First Quantum Mineral Limited et la Mauritanian Copper Mine

Lors du premier quadriennal (2016-2019), nous avons établi un partenariat avec la compagnie minière canadienne *First Quantum Mineral Limited* et sa filiale en Mauritanie la *Mauritanian Copper Mine* (MCM).

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

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

Au cours du quadriennal, le soutien en moyens logistiques et humains de la MCM s'est toujours maintenu. En les traduisant en valeur financière, ils représentent en moyenne un peu plus de 65,5% du budget annuel du projet. Au cours des quatre années, on note cependant une baisse progressive de la participation de la MCM. Cette variation s'explique par une inflexion de la politique d'investissement décidée par la direction du groupe minier suite à leur perspectives d'exploitation du gisement du Guelb Moghrein.

En janvier 2020, la direction de la MCM nous a informé qu'elle n'était plus en mesure économiquement de poursuivre leur soutien pour le programme CUPRUM. L'exploitation de la concession minière MCM se terminera en 2023.

Un programme résilient

- un modèle de partenariat vertueux

Au cours des présentations du programme, ce modèle de partenariat a été prôné par la communauté scientifique. Tout en assurant la viabilité d'un programme archéologique, la compagnie minière offre une image de mécène soucieuse de préserver l'histoire et le patrimoine d'un pays. Informé de ce partenariat favorable à chacune des parties, plusieurs directeurs de compagnies minières implantées en Mauritanie se sont montrés intéressés par des recherches archéologiques dans ce cadre.

Informé depuis 2018 de la fin de l'exploitation par MCM, nous avons cherché d'autres partenaires afin de maintenir le programme de recherche en Mauritanie. Trois autres compagnies minières canadiennes sont en activité dans la région de l'Inchiri : [Kinross-Tasiast, filiale du groupe Kinross](#), [OreCorp limited et sa filiale OreCorp Mauritania](#), et [Algold](#) (Fig. 1)

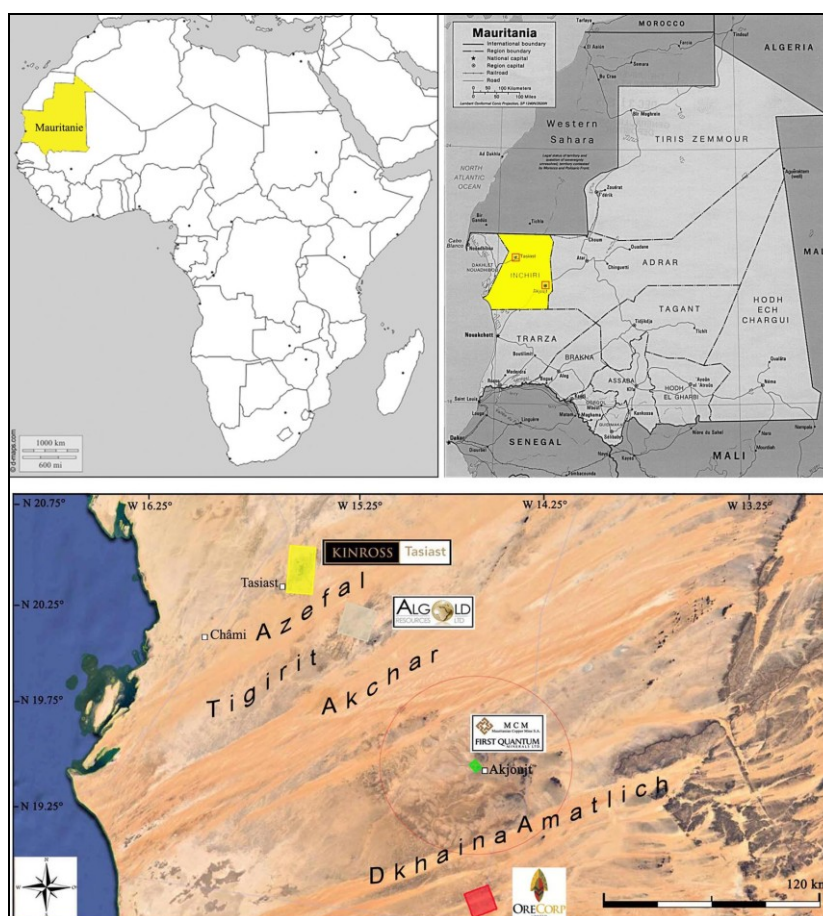


Figure 1 : carte de localisation de la Mauritanie, de la région de l'Inchiri et des compagnies minières exploitant les ressources minières dans la région de l'Inchiri, en Mauritanie. La MCM a été partenaire lors du premier quadriennal (2016-2019). Kinross-Tasiast est partenaire du nouveau quadriennal (2020-2023). OreCorp est pressenti comme un futur partenaire au regard d'un accord tacite donné en 2020 par le Directeur Général. AlGold est un partenaire envisagé.

- Kinross et Kinross-Tasiast

La compagnie minière Kinross-Tasiast, filiale du groupe Kinross, exploite des gisements d'or près de la ville de Tasiast (Fig. 1). L'exploitation de la concession se poursuivra jusqu'en 2033 selon les dernières perspectives du groupe.

Contacté en 2018, la direction du groupe s'est montrée intéressée par l'idée d'un partenariat avec le programme archéologique. Soucieuse de la protection et valorisation du patrimoine de la région de l'Inchiri, le partenariat proposé s'inscrit dans leur politique de soutien aux populations locales en termes économiques, social et culturel.

Un programme résilient

Le sujet de recherche, focalisé sur les métallurgies du cuivre à la Préhistoire, a également piqué la curiosité des cadres de la filiale Kinross-Tasiast. En effet, les caractéristiques géologiques et métallogéniques dans la région de Tasiast sont propices à la métallurgie de l'or plus qu'à celle du cuivre. Comprendre l'origine et le développement des métallurgies du cuivre au cours de l'Holocène dans cette zone aurifère constitue donc un déficit scientifique qui anime les archéologues et aussi les géologues.

Pour toutes ces raisons, la compagnie Kinross-Tasiast a accepté d'être partenaire du programme CUPRUM. A ce titre, elle soutient en moyens humains et logistique la mission lors des recherches de terrain. La compagnie assure le séjour (logement, sécurité et repas) de l'ensemble de l'équipe. Elle octroie deux véhicules légers pour le déplacement dans les zones de recherche et prends en charges les frais pour les chauffeurs et le carburant. Elle propose également un soutien pour l'interprétation des données avec l'aide des services de géologie et de métallurgie.

1.2.b) Relations avec les institutions publiques en Mauritanie

- *L'Institut Mauritanien de Recherche et de Formation en matière de Patrimoine et de Culture (IMRFPC)*

Partenaire du programme depuis 2016, l'IMRFPC semble aujourd'hui se distancier du nouveau quadriennal.

Cette dégradation amorcée en 2018, à l'arrivée du nouveau directeur de l'IMRFPC, M. Youba Ould Cheikna, s'est amplifiée au cours des années parallèlement à une arabisation des institutions du pays.

En 2018, le directeur s'était montré peu enclin à faciliter l'exportation des échantillons de la mission de terrain. M. Pierre-Yves Bertrand, COCAC à l'ambassade de France, était intervenu afin d'aplanir les tensions et d'assurer l'exportation des échantillons vers des laboratoires français.

Aujourd'hui, le directeur de l'IMRFPC bloque la signature du renouvellement de la convention de partenariat scientifique et culturel entre le CJB et l'IMRFPC. Il bloque de fait l'obtention de l'autorisation de recherche pour la mission de terrain prévue en novembre 2021. Aucune raison n'est avancée, il opte pour une stratégie de pourrissement.

Au regard des discussions menées en 2018 et 2019, la direction de l'IMRFPC reproche au programme CUPRUM de ne rien rapporter de tangible à l'institution. Elle estime que la formation d'étudiant est sans intérêt et demande au contraire que le programme contribue à la formation continue de son personnel. La direction de l'IMRFPC souligne que l'apport scientifique et la visibilité de l'institution à l'international, offerts par le programme CUPRUM, ne sauraient compenser les investissements de l'IMRFPC pour l'obtention de autorisation de recherche. Questionné au sujet des attentes de l'IMRFPC envers le programme, le directeur a suggéré l'achat d'équipements scientifiques (ordinateurs portables, GPS professionnels) pour tous le personnel et/ou l'achat d'une voiture tout-terrain et/ou une somme d'argent égale ou supérieure à 5000€ (voir en détail le rapport d'activité 2019).

Le directeur de l'IMRFPC entretient volontairement l'amalgame entre les études d'impact environnemental et la recherche fondamentale du programme CUPRUM. Il s'obstine à penser que les compagnies minières partenaires du programme rémunèrent les membre de l'équipe et le directeur du projet. Il m'accuse de garder ces rétributions sans en faire bénéficier l'IMRFPC. A plusieurs reprises, j'ai déconstruit avec circonspection cet amalgame. Mais mes explications ont vraisemblablement renforcé son scepticisme et ses convictions.

Le directeur adjoint de l'IMRFPC, M. Mohamed Bechiry, déplore cette situation et les conséquences induites mais n'intervient pas ou du moins, de façon très timorée. Le correspondant

Un programme résilient

scientifique, M. Ethmane El Dadi, ne prend pas clairement position et semble mener une politique d'enfumage.

- L'université de Nouakchott

La mission en 2018 avait permis d'établir de bonnes relations avec l'université (voir rapport de mission 2018). Aujourd'hui, les récents échanges confirment cette tendance.

Mariem mint Baba Ahmed, directrice de la coopération internationale de la nouvelle ministre de l'enseignement supérieur, m'a introduit auprès de M. Cheick Saad Bouh Camara, directeur de l'université.

Le directeur de l'université souhaite la poursuite de la formation en archéologie des étudiants mauritaniens. Il confirme également le souhait de mettre en place d'un master d'archéologie à l'Université. A ce titre, il m'a proposé de donner des cours d'archéologie dans le cadre du master d'histoire (voir ci-après). Nous allons organiser avec M. Ahmed Mewloud Eida Elhilal, directeur du département d'histoire, le calendrier et le contenu des cours que je donnerai à distance et en présentiel, lors de ma venue en Mauritanie pour les recherches de terrain, en 2021.

Les derniers échanges confirment cette tendance d'ouverture à l'international. L'université de Nouakchott témoigne d'une volonté d'intégrer des programmes scientifiques internationaux et de mettre en avant son potentiel à travers la motivation des enseignant-chercheurs des jeunes étudiants-chercheurs.

Cette sixième année de recherche a tenté de répondre aux trois objectifs du programme : 1- formation, 2- caractériser les métallurgies du cuivre et 3- valoriser les résultats (Fig. 3).

Un programme résilient

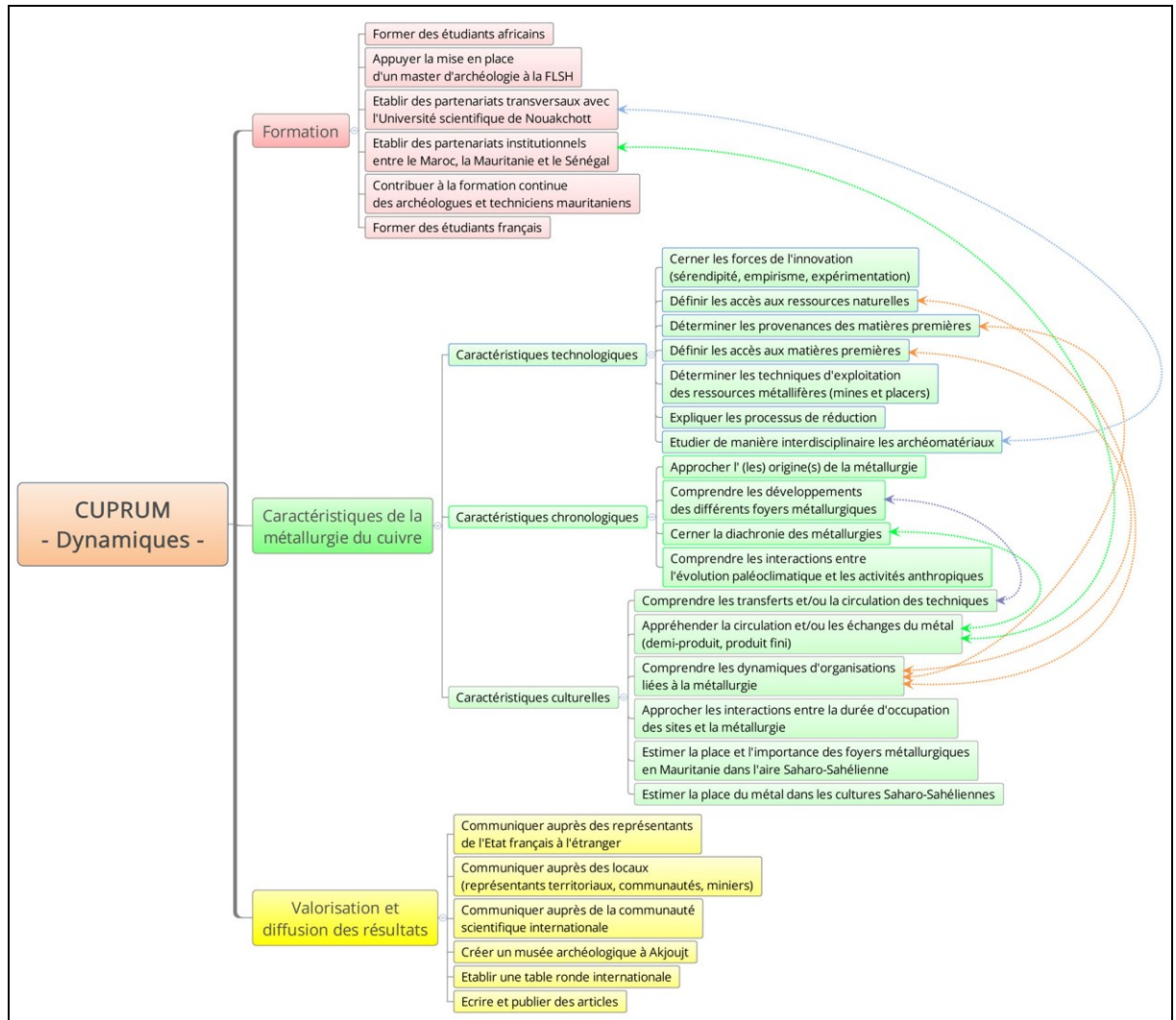


Figure 2 : Carte mentale du programme CUPRUM-Dynamiques (2020-2023) précisant les trois grands axes de recherches et leurs sous objectifs respectifs

2] Objectif 1 : former des étudiants africains

Il s'agit l'un des trois axes du programme CUPRUM-Dynamiques (fig. 3 & 4). Cet objectif vise non seulement à former des étudiants mauritaniens lors des recherches de terrain, mais aussi à encadrer des étudiants marocains et à favoriser les échanges d'étudiants entre le Maroc et la Mauritanie à des fins de formations en archéologie.

En raison de l'annulation de la mission de terrain en Mauritanie, cet objectif n'a pu qu'être partiellement atteint.

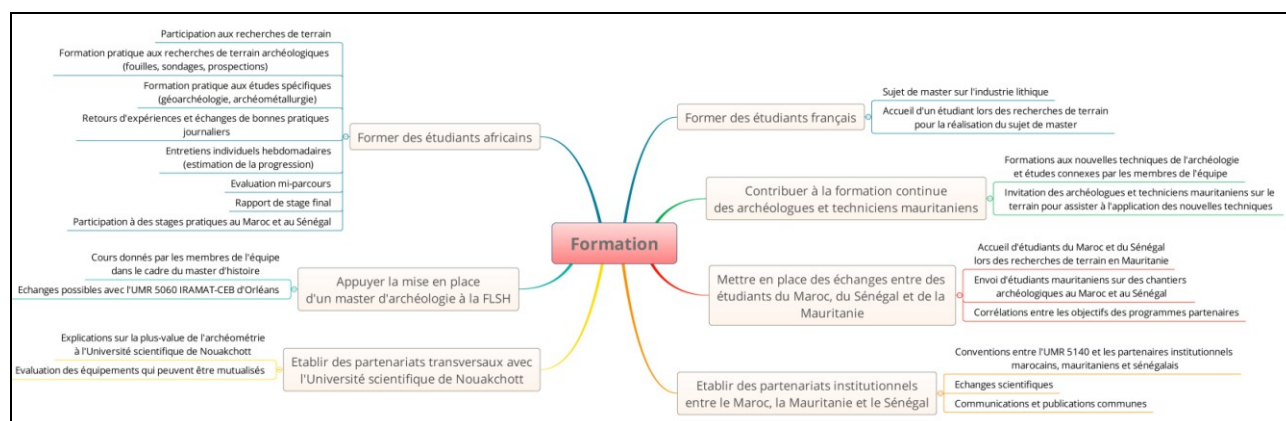


Figure 3 : Carte mentale du programme CUPRUM-Dynamiques (2020-2023) précisant les objectifs et sous-objectifs de l'axe « formation ».

2.1) Contribuer à la politique de partenariat tripartite France - Maroc - Mauritanie

Depuis 2020, le programme CUPRUM-Dynamique contribue à la politique tripartite France-Maroc-Mauritanie au travers de trois grandes actions.

2.1.a) participer aux mission de terrain du projet « Jbel Bani » au Maroc

Depuis 2020, je participe, en tant qu'expert en métallurgie du cuivre, à la mission de terrain à Tamdult, près de la ville d'Akka, dans la région de Tata, au Sud du Maroc (Figs. 5 & 6). Ces recherches s'inscrivent dans le cadre du projet « Jbel-Bani » dirigé par Sam Nixon, conservateur au British Museum et Mabrouk Seghir, enseignant chercheur à l'INSAP.

Le site de Tamdult est une citée fortifiée datant du 9^e siècle de notre ère qui joua un rôle politique et économique important dans le réseau de commerce transsaharien. Cette ville de production d'argent est un entrepôt clé sur les premières routes transsahariennes entre Sijilmasa (Maroc) et Awdaghust (Mauritanie), échangeant de l'or, des esclaves et de l'ivoire d'Afrique de l'Ouest contre de l'argent, du cuivre et d'autres produits. Apparemment abandonnée au XI^e siècle, elle connut une réoccupation limitée de la période saadienne (XVI^e-XVII^e siècle). (Nixon *et al.*, 2017 à 2020)

Les objectifs de ce projet sont premièrement de comprendre l'architecture, l'organisation et les industries métallurgiques de la ville de Tamdult ; Il s'agit également de saisir la place et l'importance du rôle politique et économique que joue cette ville dans la vallée moyenne du Draa et plus généralement au niveau du commerce transsaharien (*ibidem*).

Je participerai à la prochaine mission de terrain prévu en janvier-février 2022.

Objectif 1 : former des étudiants africains

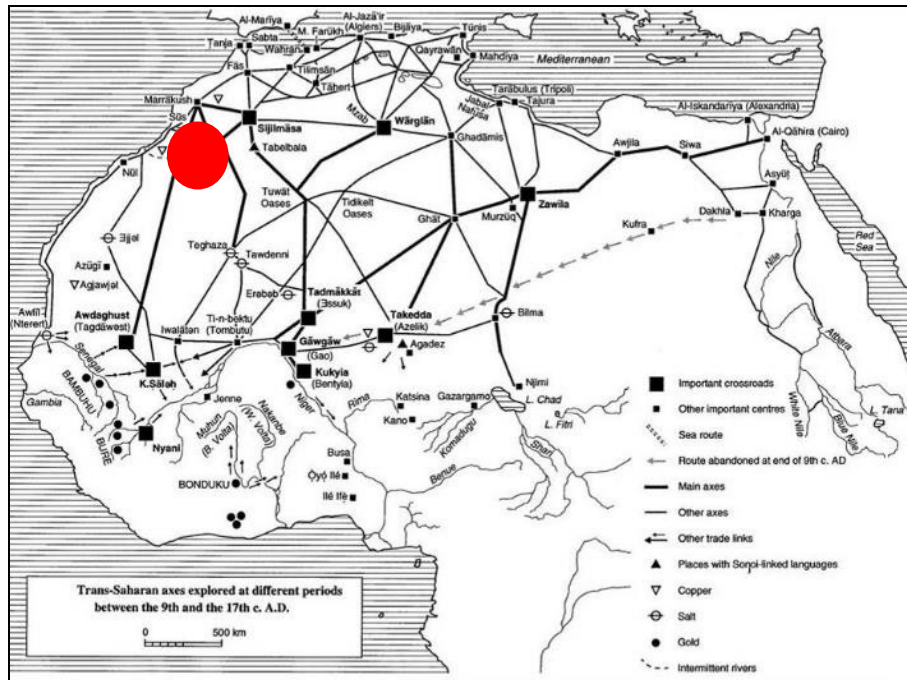


Figure 4. Routes du commerce transsaharien et localisation du site de Tamdult situé dans l’anti-Atlas, au niveau de la vallée moyenne du Draa, dans la province de Tata, à proximité de la ville d’Akka. (Nixon et al., 2017).

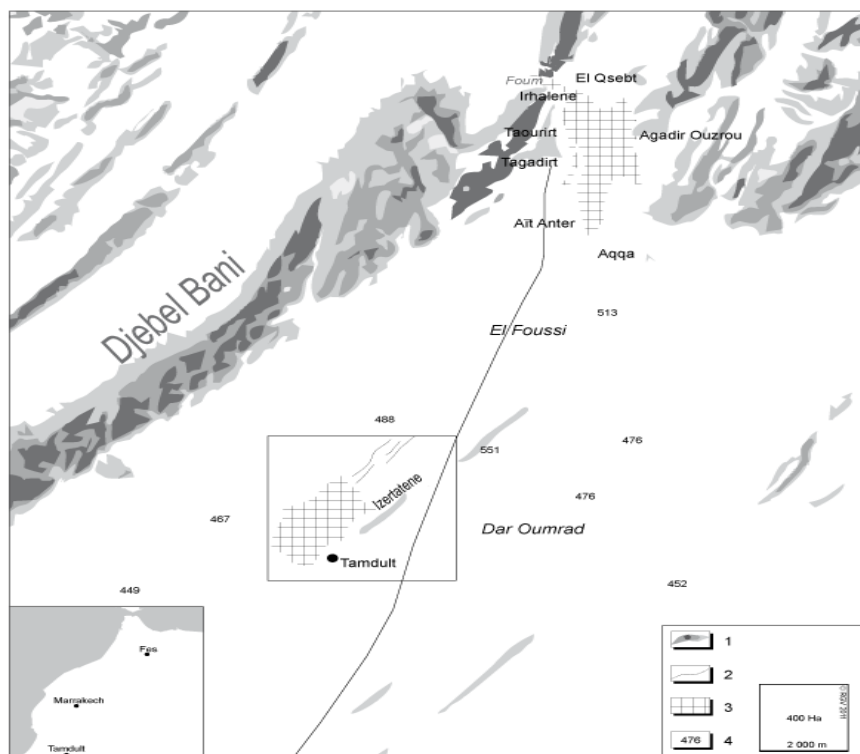


Figure 5 : Localisation du site archéologique de Tamdult et topographie de la région (carte réalisée par Anouar Allaoui, 2021)

2.1.b) mettre en place des échanges et des formations d’étudiants entre le Maroc et la Mauritanie

En partenariat avec l’INSAP, l’université de Nouakchott, et le Centre Jacques nous proposons d’organiser des échanges d’étudiants marocains et mauritaniens lors des recherches de terrain de programmes archéologiques au Maroc et en Mauritanie.

Il s’agit d’accueillir et de former aux recherches de terrain et études du matériel un étudiant marocain et un étudiant mauritanien pour un mois. Les responsables et les chercheurs du projet

Objectif 1 : former des étudiants africains

seront en charge de l'encadrement pédagogique de cette formation. A l'issue de ce stage, chaque étudiant fournira un rapport qui donnera lieu à l'obtention d'une attestation de stage. Il s'agit d'une formation non-rémunérée, avec prise en charge des frais.

Les étudiants intéressés devront candidater et fournir un dossier qui précisera leur formation, leurs motivations et objectifs professionnels. Au regard des dossiers, un étudiant marocain et un étudiant mauritanien seront retenus.

En novembre 2021, l'étudiante marocaine, Rajae Ben Haddou, aurait du être été accueillie et formée pour un mois lors des recherches de terrain en Mauritanie dans le cadre du projet « *CUPRUM-Dynamiques* ». Cette formation n'a pas eu lieu en raison de l'annulation de la mission de terrain 2021.

En 2022, l'étudiant mauritanien, Mohamed Elkaissy Niang, sera accueilli et formé pour un mois pour les recherches de terrain au Maroc dans le cadre du programme « Jbel Bani ».

2.1.c) encadrer un master d'un étudiant marocain

A la suite de ma présentation au CJB, en janvier 2020, Anouar Allaoui, étudiant en première année de master à l'INSAP, a manifesté son intérêt pour des études concernant la métallurgie ancienne. Après en avoir discuté avec les responsables du programme « Jbel Bani », et au regard de son parcours universitaire, de sa motivation et de son sérieux, je lui ai proposé un sujet de master portant sur Tamdult : « *Caractériser les métallurgies du site de Tamdult (9e-14e siècles) à l'aide d'une approche interdisciplinaire* ».

Mabrouk Seghir, professeur d'histoire et d'archéologie médiévale à l'INSAP, et moi-même nous encadrons le travail de recherche de cet étudiant. Mabrouk Seghir supervise les aspects relatifs à la période médiévale du site. Je me charge d'aider et de suivre l'étudiant pour le volet relatif à la métallurgie ancienne, la géologie et les sciences du laboratoire.

J'ai au cours de cette année supervisé la rédaction de son mémoire de master. Je l'ai encadré et aidé pour la réalisation de son plan. J'ai relu, corrigé les parties de son mémoire et j'ai conseillé avec bienveillance l'étudiant pour ses futurs travaux. Anouar Allaoui a fait preuve de ténacité de sérieux au cours de cette année. La mission de terrain en 2021 a été annulée en raison du contexte sanitaire. Il a toutefois dépassé cette sérieuse difficulté pour nous proposer un travail sérieux et bien construit. Sa soutenance est prévue fin octobre 2021.

2.2) Participer à la formation des étudiants mauritaniens

2.2.a) former des étudiants mauritaniens

Avec l'accord du responsable du master d'histoire, M. Ahmed Mewlout Eida Elhilal et avec l'aide de Elemine Ould Mohamed Baba Moustapha, enseignant-chercheur en histoire et en sociolinguistique, nous avons sélectionné deux étudiants mauritaniens en master d'histoire : Mohamed Elkaissy Niang et Ali-Brahim Zali In Allah. La difficulté principale de la sélection est de trouver des étudiants francophones car la majorité ne maîtrise pas le français.

Ali-Brahim et Mohamed auraient du participer à la mission de terrain. Ils auraient été sensibilisé à la reconnaissance des indices archéologiques d'activités métallurgiques, à la description et caractérisation d'un site et au traitement des données post-terrain. Cette formation de deux étudiants mauritaniens n'a pas eu lieu en raison de l'annulation de la mission de terrain 2021.

2.2.b) enseigner l'archéologie et l'archéométaballurgie à l'université de Nouakchott

Suite aux discussions avec le président de l'université, M. Cheick Saad Bouh Camara, et avec le responsable du master d'histoire, il m'a été proposé de dispenser des cours d'archéologies

Objectif 1 : former des étudiants africains

et d'archéométaballurgie à raison de deux heures par semaine dans le cadre des enseignements du master d'histoire.

Ces cours seront donnés à distance en visioconférences. Sous réserve de faisabilité, des cours seront également réalisés en présentiel lors de mes séjours en Mauritanie.

L'objectif de ces cours est de sensibiliser les étudiants aux démarches scientifiques de recherches de terrain, à l'interprétation des données et aux études spécifiques connexes l'archéologie.

Sous réserve d'accord de la direction, nous proposerons que des professeurs marocains de l'INSAP interviennent dans ces cours.

3) Objectif 2 : Relever un déficit scientifique

3.1) S'affranchir d'un concept : « *le Sahara : un désert de connaissances* »

Théodore Monod, au sujet du Sahara, le considérait souvent comme une région pauvre de connaissances faute de recherches archéologiques. La région du Tasiast ne fait pas exception.

La région autour de la concession minière de Kinross-Tasiast, secteur d'El Gaicha, n'a jamais fait l'objet de recherches archéologiques, à l'exception des travaux de M. Bathily (Bathily, 1993) et de quelques missions de l'IMRFPC, dans le cadre d'études d'impact environnemental et culturel, autour des limites de la concession minière de la compagnie Kinross-Tasiast (Ould Mohamed Khaber, 1999 ; Essaid, 2014 ; Vernet et al., 2018).

Lors de la mission de l'IMRFPC en 2004, les restes de parois d'un four métallurgiques avaient été découverts (Fig. 6). Selon l'auteur de ces découvertes, ce four serait lié à la métallurgie du cuivre (Vernet et al., 2018).



Figure 6 : four métallurgique découvert en 2004 lors d'une mission de l'IMRFPC (Vernet et al., 2018, fig. 12, p. 12)

C'est au cours d'une récente mission de l'IMRFPC, en avril 2019, que d'autres indices métallurgiques ont été signalés par Sidi-Mohamed Salem. Deux sites présentent des indices métallurgiques : fragments de minerais de cuivre, parois de fours métallurgiques et des scories (Fig 7).

Objectif 2 : Relever un déficit scientifique

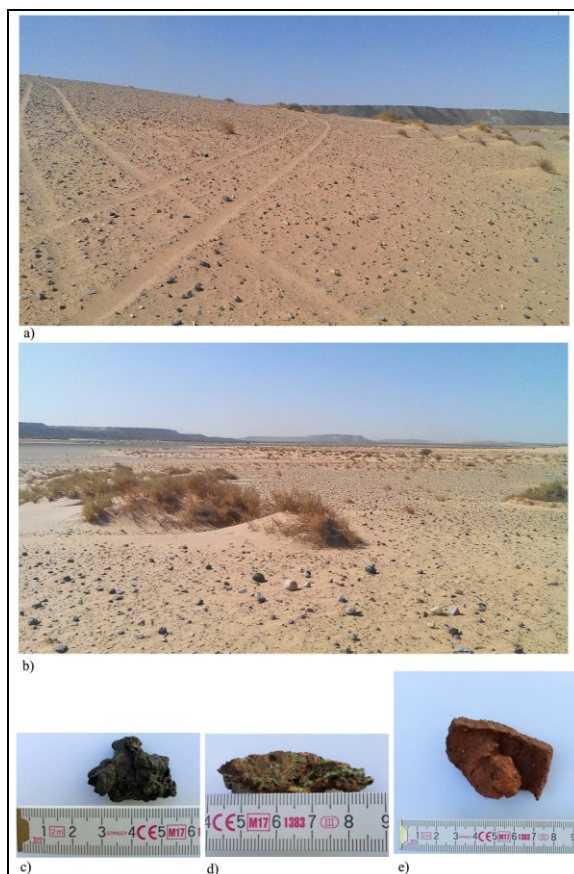


Figure 7 : Sites métallurgiques dans le secteur de Tasiast : a) Site 1 (20.514642°, -15.496940), b) Site 2 (20.520915°, -15.496040), c) Scorie découverte sur le site 1, d) Fragment de minerais de cuivre provenant du site 2, e) Fragment de paroi de four métallurgique provenant du site 1. © IMRFP

A 2 km à l'Ouest de ces sites récemment découverts, M. Bathily signale également la présence de plusieurs fours qu'il associe à des activités métallurgiques (Bathily, 1993).

L'ensemble de ces indices archéologiques découverts il y a quelques années suggèrent l'existence de métallurgie(s) ancienne(s) de cuivre dans la région de Tasiast. Il s'agit d'un paradoxe car, contrairement à la région d'Akjoujt, la zone métallogénique de Tasiast-Tigrit est principalement caractérisée par des minéralisations aurifères archéennes (~2700 Ma) (Fig. 8). En d'autre terme, les caractéristiques géologiques et métallogéniques sont propices à la métallurgie de l'or plus qu'à celle du cuivre.

Objectif 2 : Relever un déficit scientifique

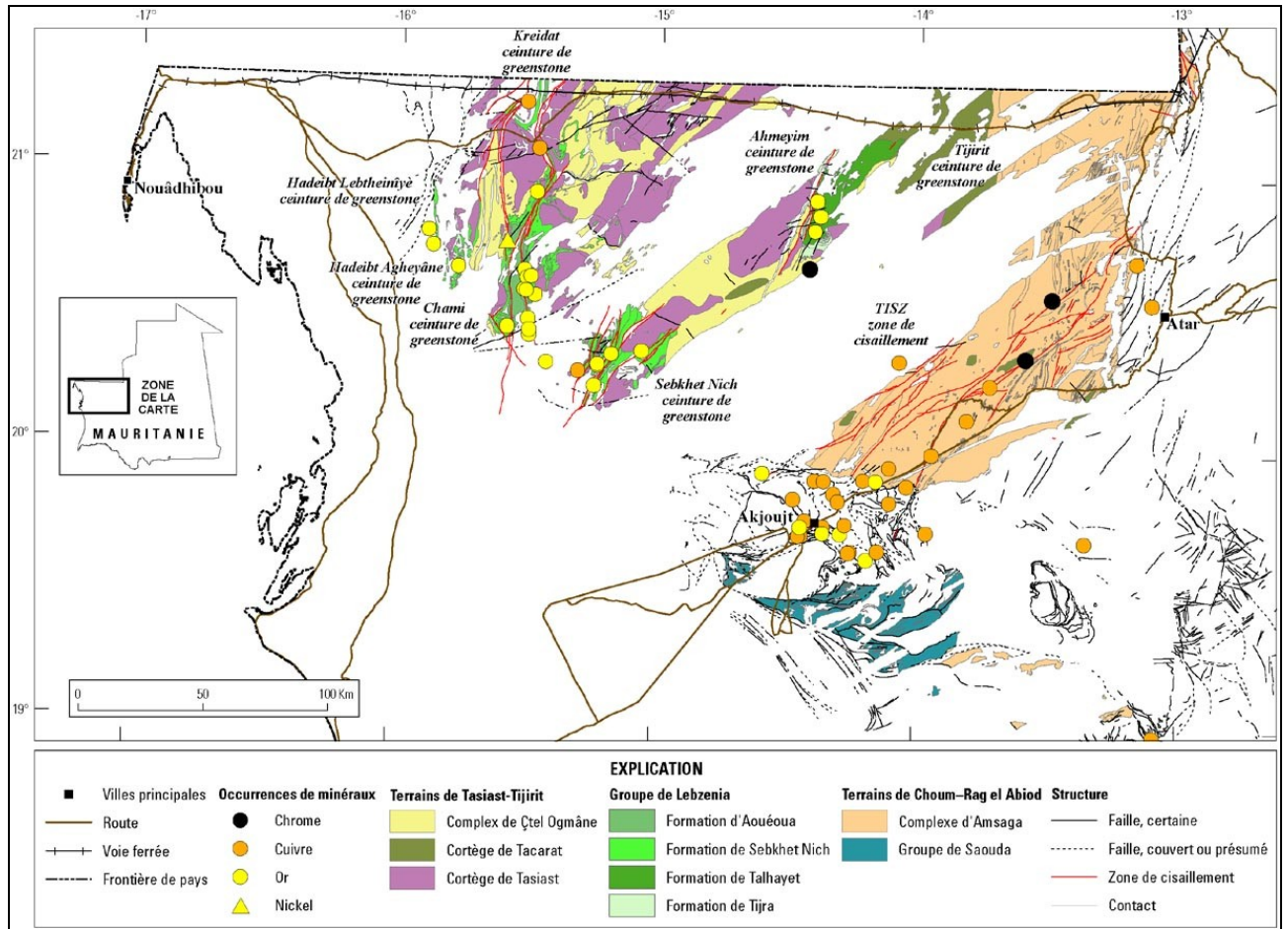


Figure 8 : carte géologique simplifiée du nord-ouest du bouclier Rgueibat indiquant les terrains de Choum-Rag el Abiod (région d'Akjouit) et celui de Tasiast-Tijirit (Taylor et al., p. 11, fig. 2).

L'ensemble de ces indices archéologiques dans le secteur de d'El Gaicha de la région de Tasiast n'a jamais fait l'objet de recherche archéométrallurgique. Nous prévoyons deux zones d'études qui sont ciblées sur les aires présentant un potentiel archéologique important et à proximité immédiate des lieux où furent découverts des indices métallurgiques (Fig. 9).

Objectif 2 : Relever un déficit scientifique

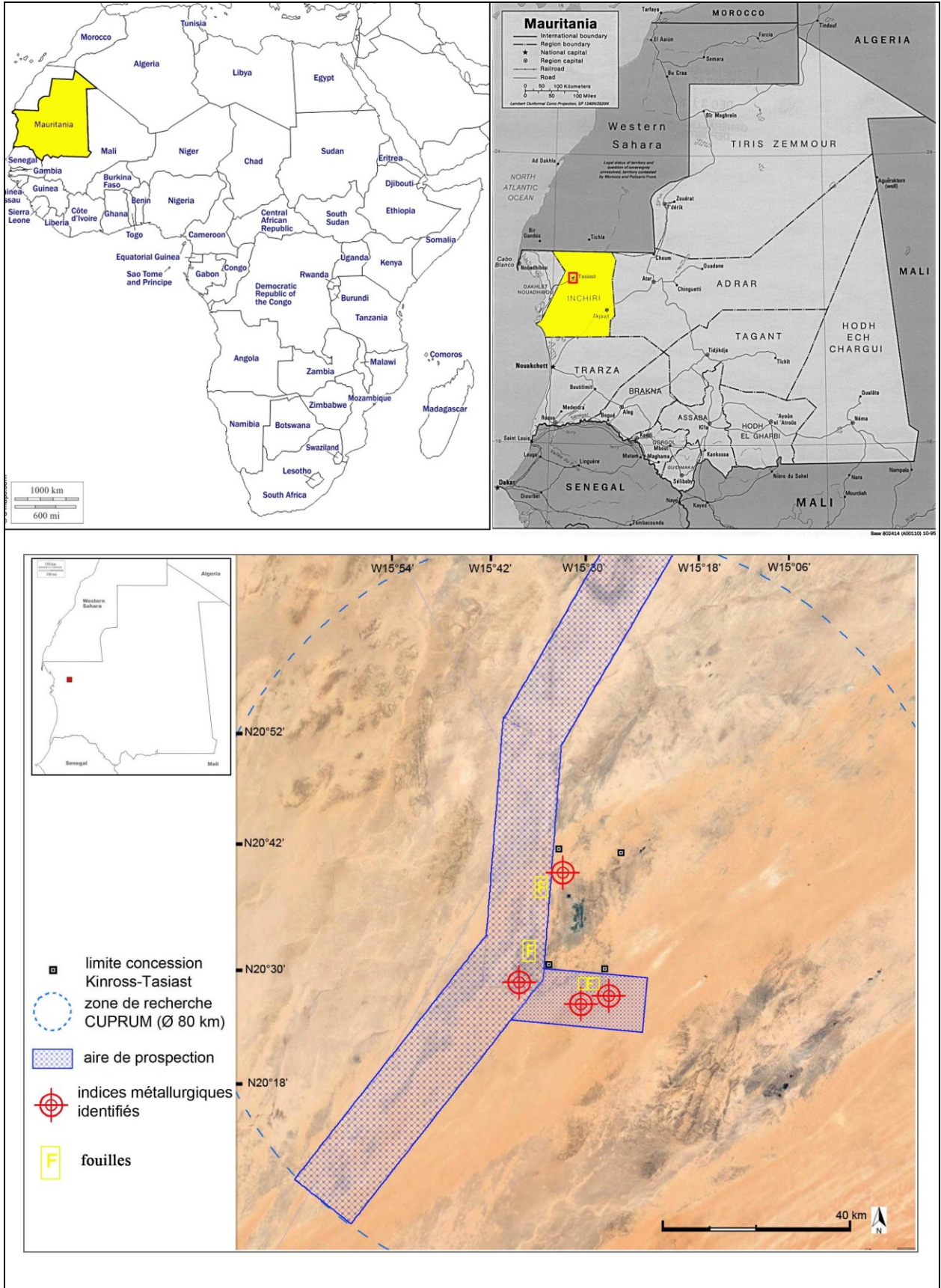


Figure 9 : Carte de localisation des opérations projetées dans le secteur de d'El Gaicha de la région de Tasiast, à proximité immédiate de la concession minière de Kinross-Tasiast.

Objectif 2 : Relever un défi scientifique

3.2) Comprendre les métallurgies dans la zone du Tasiast

La mission de terrain 2021 dans la région du Tasiast, n'a pas pu avoir lieu. Deux raisons expliquent cette impossibilité : 1- conventions non finalisées, 2- immobilisme et obscurantisme de certains partenaires mauritaniens.

Le retard, induit par une gestion discutable d'un service support de l'université d'Orléans pour l'actualisation des conventions, a conduit à des délais très contraints pour finaliser les conventions par le Centre Jacques Berque. Ces conventions n'ont pu être achevées et signées avant le début de la mission de terrain en novembre 2021.

Nous nous sommes heurtés à l'immobilisme et l'obscurantisme de certains partenaires mauritaniens qui ont préféré, à un programme novateur et ambitieux, rester dans leur zone de confort. En l'absence de compensations matérielles et/ou financières, la direction de l'IMRFPC n'a trouvé aucun intérêt à sortir de ses habitudes et de les dépasser pour oser la recherche archéologique. Les discussions se sont cristallisées sur l'absence de compensations financières ou matérielles comme des vaccins. Des échanges téléphoniques ont également abordé les choix politiques de la présence militaire française en Mauritanie et au Sahara. Cette politique a des conséquences selon eux.

Au regard d'autres échanges plus positifs avec notamment des personnels de l'Université et du Ministère de l'enseignement supérieur, il est difficile de se prononcer sur cette attitude de refus. J'ignore si il s'agit de décisions personnelles isolées ou d'un épiphénomène qui préfigure une tendance générale au replis culturel de la Mauritanie.

4] Objectif 3 : Valoriser les recherches de terrain

4.1) analyses géoarchéologiques (réalisées par Aziz BALLOUCHE & Marco GOMA KANY)

Au printemps 2021, dans le cadre du stage de M1 de Marco Goma Kany, des analyses sédimentologique (granulométrie et morphoscopie des sables) ont porté sur une partie du matériel récolté lors de la mission menée par Aziz Ballouche du 4 au 18 aout 2018.

Dans l'environnement hyperaride actuel de la région d'Akjoujt, les archives sédimentaires permettant une reconstitution de l'histoire paléoenvironnementale sont très rares. La recherche de zones humides ou de dépôts liés à l'eau est donc importante car ces zones sont habituellement les plus favorables à ce type d'études. Dans un contexte pauvre ou démunie de restes organiques nous avons privilégié l'étude des milieux physiques, afin de caractériser les changements hydro-climatiques et environnementaux passés. La question qui se pose alors est : quelle pouvait être la place de l'eau dans les dynamiques géomorphologiques et sédimentaires de ce milieu aujourd'hui désertique, où le principal facteur morphogénique est aujourd'hui le vent.

4.1.a) Matériel et méthodes.

Pour ces études, menées au laboratoire LETG de l'Université d'Angers, nous avons retenu les deux sondages MAK-02 et MAK-04B qui avaient fait l'objet de datations radiocarbone en 2020.

Profil	Coordonnées géographiques	Profondeur	Nombre d'échantillons analysés (prélevés)
MAK-02	N 19,92136° - W 14,72488°	190 cm	17 (sur 19)
MAK-04B	N 19,82171° - W 14,63659°	125 cm	12 (sur 14)

- Analyses

- *Granulométrie laser*

Dans le but de décrire la texture précise des sédiments étudiés, les analyses granulométriques sont effectuées à l'aide d'un granulomètre laser Malvern Mastersizer 3000.

Les échantillons sont traités avant d'être inséré dans le granulomètre en suivant un protocole classique. Des prélèvements de 10 g sont effectués dans nos échantillons (fig. 10A). Ceux-ci sont ensuite désagrégés à l'aide d'une spatule pour rompre les agrégats et dissocier le plus de particules fines sans détruire les particules plus grossières. Ils sont ensuite tamisés à l'aide d'un tamis en métal de 2 mm. La fraction supérieure à 2 mm est pesée puis de nouveau tamisée à 3,15 mm. La masse du refus se trouvant dans la colonne de 3,15 mm est récupérée et pesée.

La fraction fine (<2mm) est versée dans un bécher et traitée au peroxyde d'hydrogène (H₂O₂) à chaud afin de détruire la matière organique (Fig. 10B) puis mise à décanter à froid. Après 48 à 72h, lorsque le surnageant est suffisamment limpide, il est enlevé avec une pipette et les échantillons mis à agiter dans 100 ml d'hexametaphospahte de sodium (Na₆O₁₈P₆) à 30 % pendant environ 12h, qui agira comme un dispersant (Fig. 10C).

Objectif 3 : Valoriser les recherches de terrain

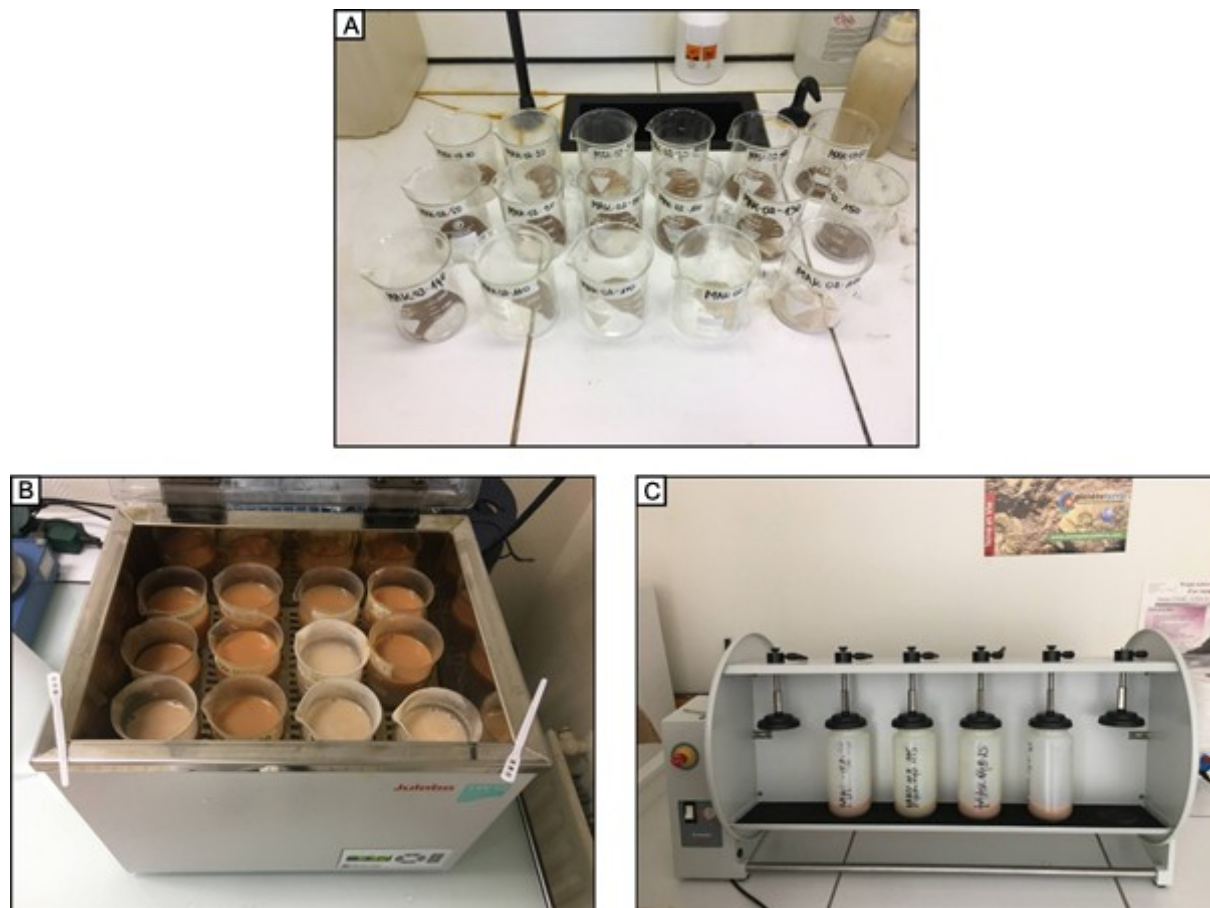


Figure 10 : Préparation des échantillons avant l'analyse granulométrique (Source : M. GOMA KANY). **A** : Récupération de la fraction inférieure à 2mm après tamisage ; **B** : Mise en place des échantillons traités au peroxyde d'hydrogène dans le bain marie ; **C** : Agitation pendant 12 h des échantillons en solution d'hexaméthaphosphate de sodium



Figure 11 : Granulomètre laser Malvern Mastersizer 3000 (Source : M. GOMA KANY)

Les échantillons agités sont ensuite analysés au granulomètre laser Malvern Mastersizer 3000 (Fig. 2). Plusieurs répliques sont réalisées par échantillon. Les différentes mesures sont recueillies à l'aide du logiciel Mastersizer, puis les données de granulométrie sont traitées avec le logiciel Gradistat pour en déterminer les paramètres majeurs : le dernier percentile (D99), la médiane (D50), le premier quartile (D25) et troisième quartile (D75).

Objectif 3 : Valoriser les recherches de terrain

Ces paramètres statistiques permettent notamment de calculer l'indice de Trask ($S_o = \sqrt{(Q_3/Q_1)}$), qui nous renseigne sur la qualité des distributions granulométriques. Les classes retenues pour notre étude sont celles émises par Crosaz (1995) :

- $S_o < 0,5$ = extrêmement bien classé
- $0,5 < S_o < 1$ = très bien classé
- $1 < S_o < 2,5$ = bien classé
- $2,5 < S_o < 3$ = normalement classé
- $3 < S_o < 4$ = faiblement classé
- $4 < S_o$ = très mal classé

▪ Morphoscopie

L'étude morphoscopique des grains de quartz est une méthode mise en place par André Cailleux (1942). Elle consiste en la caractérisation des formes et de l'aspect des grains de quartz en fonction de leur taille. L'objectif de cette caractérisation est d'identifier l'agent de transport ayant affecté et transporté le minéral, notamment le transport fluvial ou éolien.

3 g de chaque échantillon ont été prélevés pour un traitement à l'acide chlorhydrique (HCl) pour éliminer les carbonates, puis rincés plusieurs fois (fig. 11A et 11B). L'observation s'effectue à la loupe binoculaire, sur la fraction supérieure à 160 μm , dans une boîte de pétri posée sur un papier millimétré noirci pour améliorer la visibilité des grains. Trois sélections aléatoires d'une trentaine de grains (3X30) seront observées pour chaque échantillon.

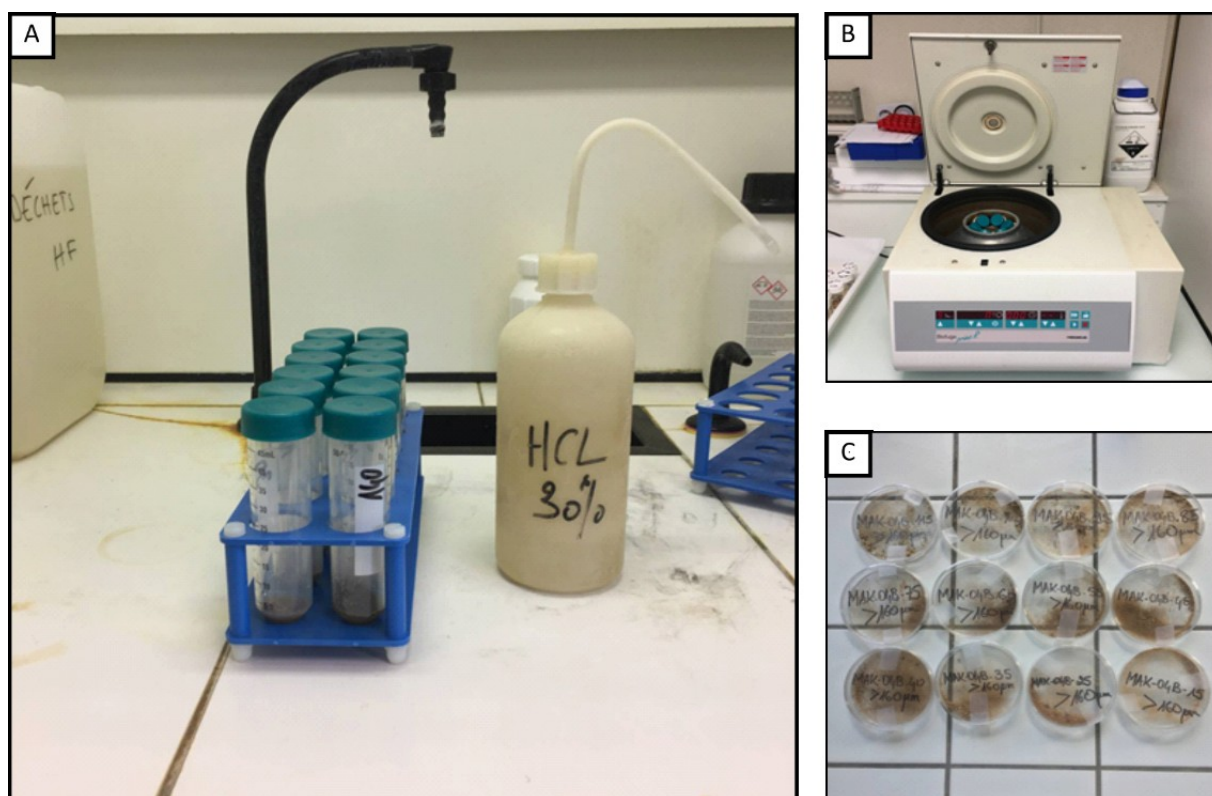


Figure 12 : Différentes étapes de traitement avant l'analyse morphoscopique (Source : M. GOMA KANY). **A :** Traitement à l'acide chlorhydrique ; **B :** Mise en place dans la centrifugeuse ; **C :** Echantillons prêts à être observés dans les boîtes de pétri

Les grains de différentes tailles choisis aléatoirement sont comptés et sont placés dans une des cinq catégories morphologiques établie et décrite par Cailleux & Tricart (1959), ainsi que par Lézine *et al.* (1985) sur leur étude de la tourbière de Thiaye au Sénégal : Non usés, Émoussés luisants irréguliers, Émoussés luisants ronds, Irréguliers mats, Ronds mats (Fig. 13).

Objectif 3 : Valoriser les recherches de terrain

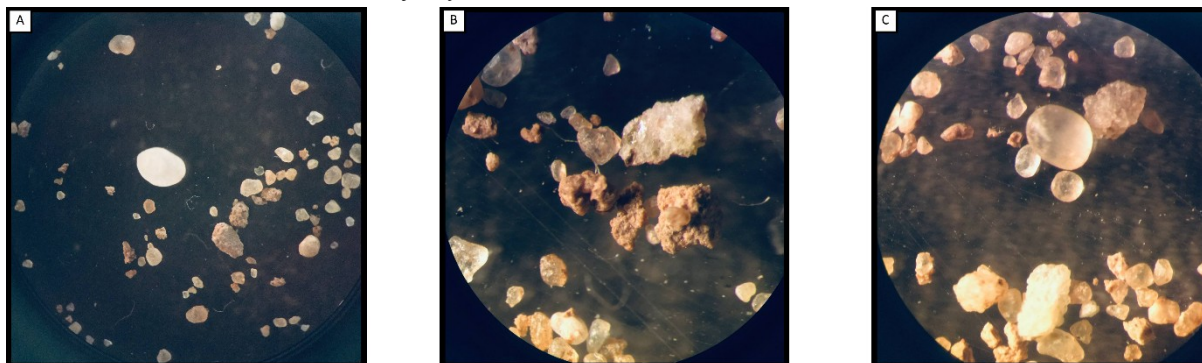


Figure 13 : Catégories morphologiques de grains adoptées dans notre étude (Source : M. GOMA KANY). **A** : Irrégulier mat observé dans l'échantillon ; **B** : Non-usés observés dans l'échantillon ; **C** : Emoussés luisant ronds observés dans l'échantillon

4.1.b) Premiers résultats

- MAK-02

Les observations de terrain avaient permis la description lithologique de la fig. 14

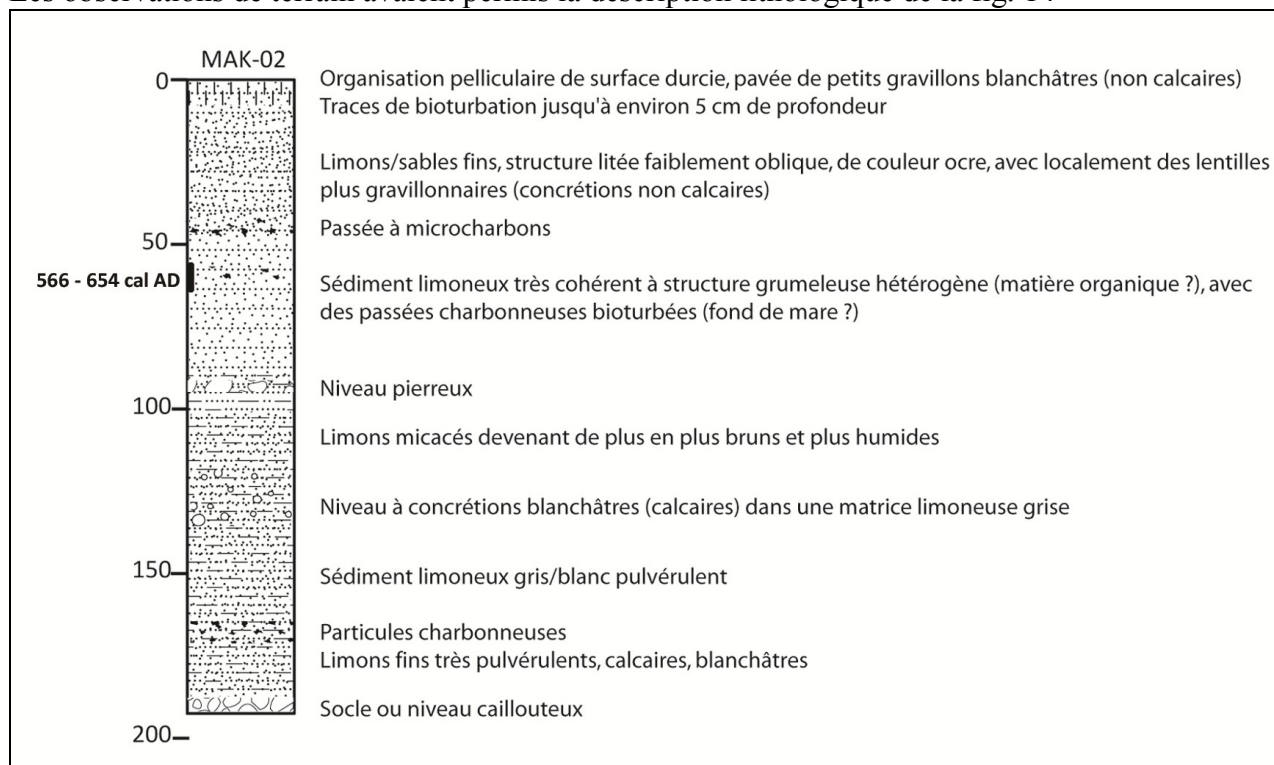


Figure 14 : Lithologie du profil MAK-02

Les résultats des analyses granulométriques (Fig. 14) montrent un profil présentant une granulométrie très variable mais où la fraction sableuse est largement dominante avec des valeurs sur l'ensemble du profil qui dépassent les 50 % et une fraction limoneuse qui ne dépasse pas les 40%.

Une datation radiocarbone est disponible vers 60 cm de profondeur et datés à 1296–1384 cal BP, soit 566-654 cal AD.

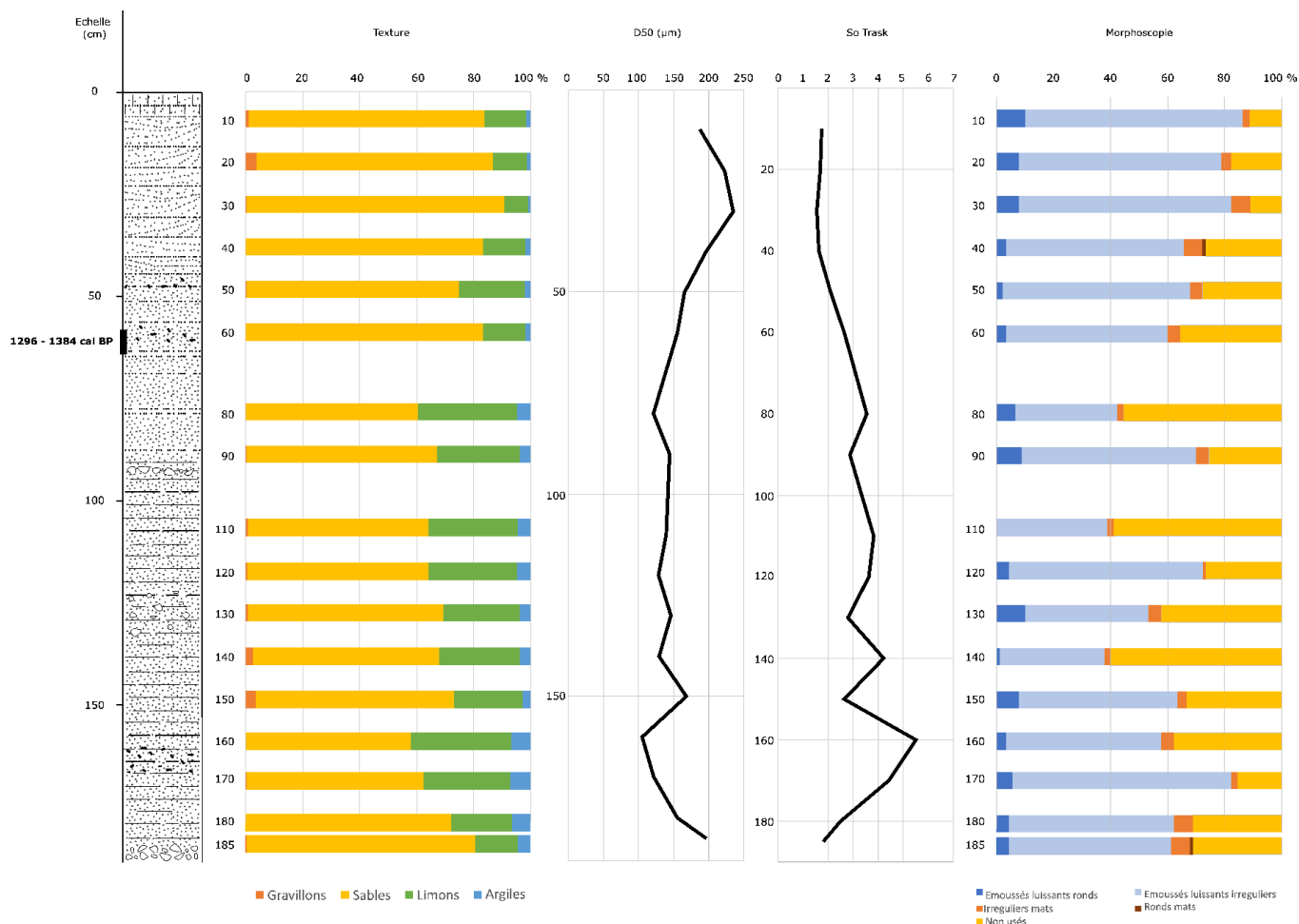


Figure 15 : Log lithostratigraphique, données granulométriques et morphoscopiques du profil MAK-02

En première approximation, on peut identifier 4 unités correspondant à des changements de faciès.

- De la base à 180 cm : L'horizon altéré qui fait la transition avec le socle est surtout sableux et bien classé avec une dominance de grains émoussés suivi de non usés
- De 170 à 80cm : Les sédiments sont plutôt mal classés, même si la fraction sableuse domine toujours avec parfois des passées grossières. Selon les niveaux les grains émoussés ou non usés dominent.
- De 80 à 40 cm : Diminution progressive de la fraction limoneuse en allant vers le haut du profil, avec un classement de plus en plus fort. Parallèlement, la proportion des grains émoussés deviennent prédominants.
- De 30 à 0 cm : Les sédiments sont bien classés et sont de taille plus importante avec une médiane à 200 µm. Les émoussés dépassent 80%.

Dans l'ensemble, les argiles ne dépassent guère 5%

L'étude portant sur la morphoscopie apporte des indications précieuses sur les agents de transport des grains de quartz dans ce profil. Avec une grande proportion de non usés dans certains niveaux de la base 80 cm. Cela est sûrement lié à l'érosion du socle qui alimente directement le système, avec un transport limité mais principalement dû à l'eau car les grains émoussés luisants sont toujours dominants. L'importance des grains irréguliers confirme la faible distance de

transport. Étonnamment, le matériel transporté par le vent (grains ronds mats ou irréguliers mats) reste marginal (moins de 7%).

- MAK-04B

Le site MAK-04A/B (N 19,82171° - W 14,63659°) a fourni un profil d'une centaine de centimètres surmontant une altérite (Fig. 15). Une datation radiocarbone à 75 cm de profondeur donne un âge de 6845 – 7000 cal BP, soit 5050-4895 cal BC. Ce profil couvre ainsi une bonne partie de l'Holocène notamment une partie de la Période Humide Africaine (AHP).

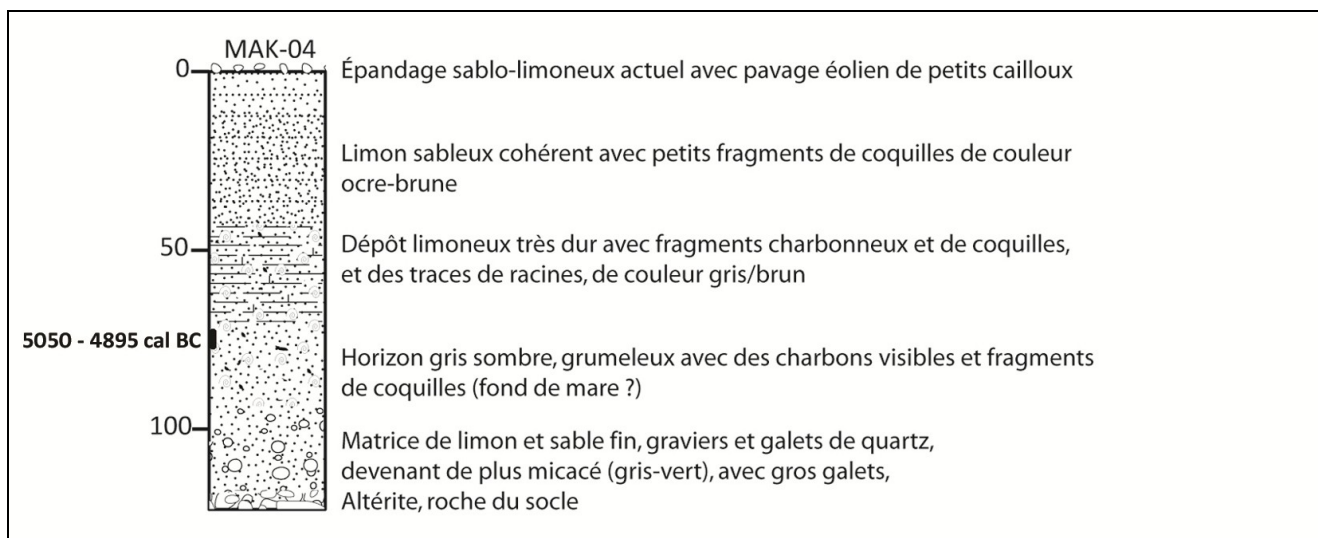


Figure 16 : Lithologie du profil MAK-04A/B

Objectif 3 : Valoriser les recherches de terrain

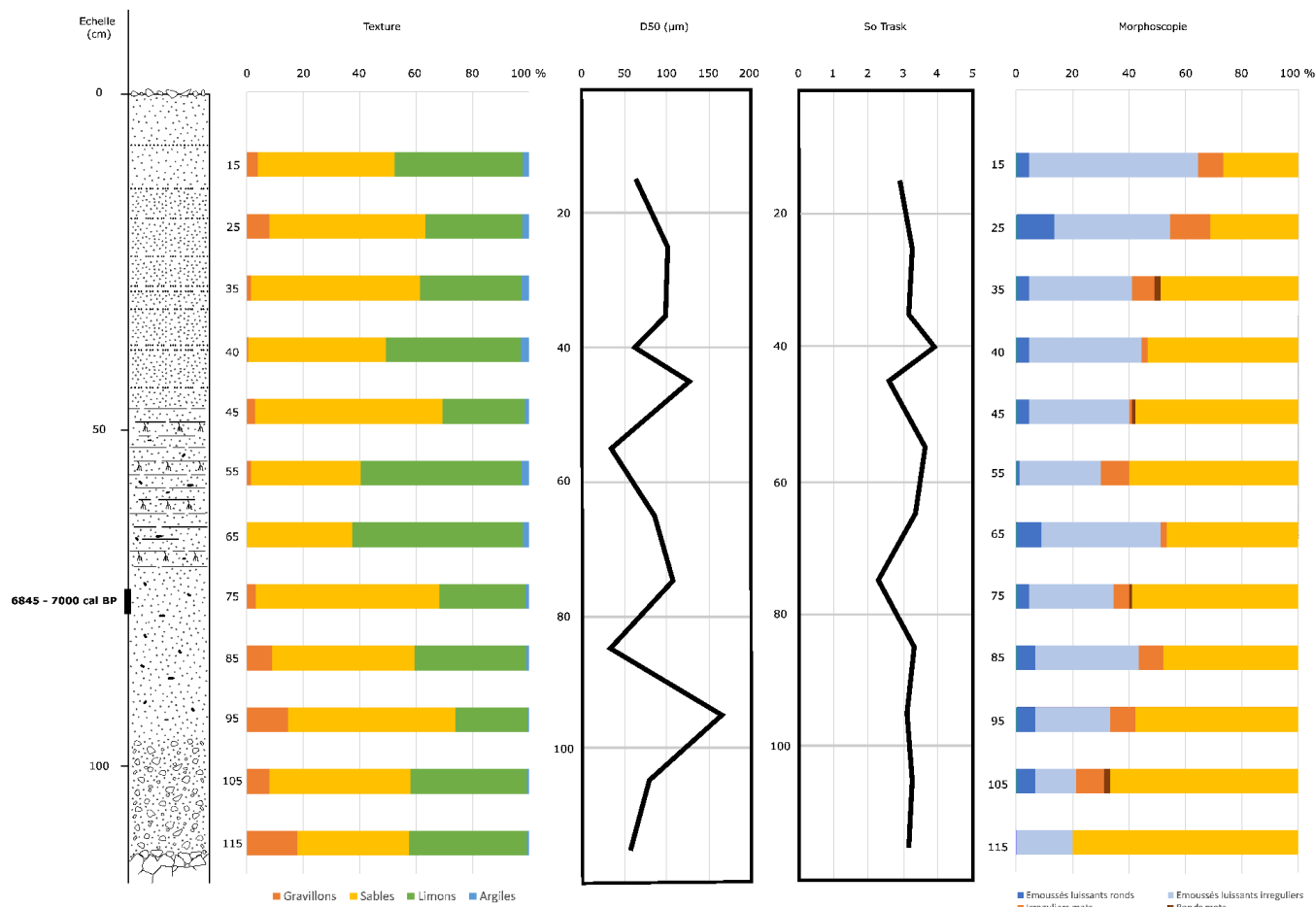


Figure 17 : Log lithostratigraphique, données granulométriques et morphoscopiques du profil MAK-04B

Les résultats des analyses granulométriques (Fig. 16) montrent un profil avec des particules de tailles variables avec significativement plus de niveaux appartenant au pôle sablo-limoneux. Le taux des argiles reste faible, même s'il montre une augmentation de bas en haut, passant de 0,5% pour sa proportion la plus faible, à 3%. Il y a également la présence significative de niveaux plus riches en éléments grossiers que l'on retrouve à 15 et 25 cm de profondeur, et surtout à la base du profil. La médiane (D50) fluctue très fortement entre 50 µm et 150 µm. Cependant, les sédiments restent faiblement classés sur l'ensemble du profil.

L'étude morphoscopique montre une grande portion de non usés observable à la base du profil qui diminue graduellement lorsque l'on se rapproche de la surface. La diminution des non usés laisse place à une augmentation des émoussés luisants en remontant dans le profil. Il y a aussi une part non négligeable d'irréguliers mats, qui reste toujours inférieure à 13% mais plus important que dans MAKK-02.

Dans l'ensemble, le sondage MAK-04B ne permet pas vraiment de dégager une organisation en unités lithostratigraphiques cohérentes. Le matériel étudié semble très peu évolué, issu directement de l'altération du socle et faiblement transporté d'où une part importante de grains non usés et mauvais classement granulométrique. Lorsque ce transport s'accroît un peu vers le sommet, il combine des plusieurs agents : l'eau et vent.

4.1.c) Premiers commentaires

A ce stade de l'étude, il est difficile de tirer des conclusions paléoenvironnementales significatives de ces premiers résultats. Dans le contexte actuel hyperaride de la région d'Akjoujt, les profils décrits en 2018 avaient été retenus car nous y avons reconnu des faciès sédimentaires ou

des indicateurs morphologiques de milieux palustres, voire lacustres. Les analyses de laboratoire confirment en partie cela pour les sondages MAK-02 et MAK-04B. Ils enregistrent bien, comme le montrent les datations radiocarbone, une partie de l'Holocène et révèlent la part significative des processus hydriques dans le transport et le dépôt des sédiments.

MAK-02, sur une chronologie, peut-être plus restreinte, illustre une véritable dynamique sédimentaire qu'il faudra détailler plus avant. Sa situation en bas-fond explique que le principal facteur dynamique qui explique la sédimentologie du profil est l'eau. Étonnamment, dans les deux sondages, les processus éoliens sont enregistrés mais toujours de façon réduite. Cela n'est évidemment pas représentatif de l'environnement régional au cours de l'Holocène mais s'explique principalement par la situation topographique en thalweg des coupes étudiées. La différence notable entre MAK-02 et MAK-04B est la position de ce dernier en amont, sur le versant, plus proche la source de production des sédiments (Fig.17).

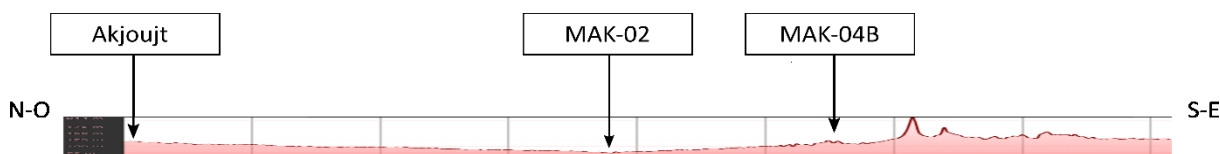


Figure 18 : Emplacement des deux sites étudiés sur le profil topographique de la région

Ces premières données permettent de dire que des archives sédimentaires existent bien dans la région d'Akjoujt dans un contexte hyperaride réputé peu favorable. Pour aller plus loin, il faut envisager une étude sédimentologique de l'ensemble des sondages réalisés en 2018 pour pouvoir véritablement procéder à des comparaisons et mener une analyse géochimique du carbone pour identifier les niveaux organiques puis en caractériser le palynofaciès (signal incendie). Une évaluation plus large du potentiel d'autres proxys (phytolithes, diatomées, ostracodes...) doit être aussi envisagée.

4.2) analyses chimiques à l'IRAMAT-CEB

En janvier 2020, une session d'analyses par spectrométrie de masse à plasma induit par couplage inductif par ablation au laser (LA-ICP-MS) a été réalisée au laboratoire IRAMAT-CEB sur 72 échantillons provenant des missions de terrain en Mauritanie.

L'ensemble des échantillons analysés est en cuivre. Dans la majorité des cas, le taux d'arsenic est inférieur à 1% As ; Seule une petite vingtaine d'artefacts comportent des taux notables de 1 à 2.5% As. Un seul présente 4% As (Fig.19).

Les taux de fer sont notables. Les taux de Fe grimpent dans le cuivre lorsqu'il y a une réduction d'oxydes de cuivre en condition redox. Cette hausse de Fe est accompagnée par une hausse de certains éléments (Co, Zn, Pb) qui sont aussi sensibles aux conditions redox (Craddock et al., 1987 ; Pernicka, 1999 ; Hauptmann, 2007).

Les premières métallurgies se caractérisent généralement par des taux bas de Fe avec des minerais riches en Cu, l'usage de procédures d'enrichissement des minerais permettant d'évacuer l'essentiel de la gangue (et donc le fer) et des températures trop basses pour réduire le peu de Fe dans la charge utile. L'avancée des procédés de réduction permet d'atteindre des températures plus hautes et d'obtenir une réduction « scorifiante », capable de réduire des minerais plus pauvres en Cu. L'ajout d'un fondant d'oxyde de fer permet d'extraire le silicium. La présence de taux importants de fer dans les billes de cuivre témoigne d'un changement, et d'un perfectionnement, dans le mode de réduction. Il se caractérise par de très hautes températures et de très fortes conditions redox dans le four. Ce qui se traduit par la formation de fer en phase liquide.

Le fait de trouver plus de fer dans les billes de Cu des sites de Lemdena, et Moukhayam El Bouhayra que dans le site de El-Jemel-Lebyad est cohérent avec les indices archéologiques. Dans

Objectif 3 : Valoriser les recherches de terrain

les deux premiers ont trouvé des crassiers importants de scorie témoignant de réduction scorifiante tandis que dans le dernier, plus ancien, les processus de réduction sont inopérants et très peu de scories ont été trouvés.

Cette dichotomie entre des sites de métallurgie précoce et ceux de métallurgie avancée est également perceptible avec les ratios de plomb versus uranium et or versus vanadium (Figs. 19 et 20).

Objectif 3 : Valoriser les recherches de terrain

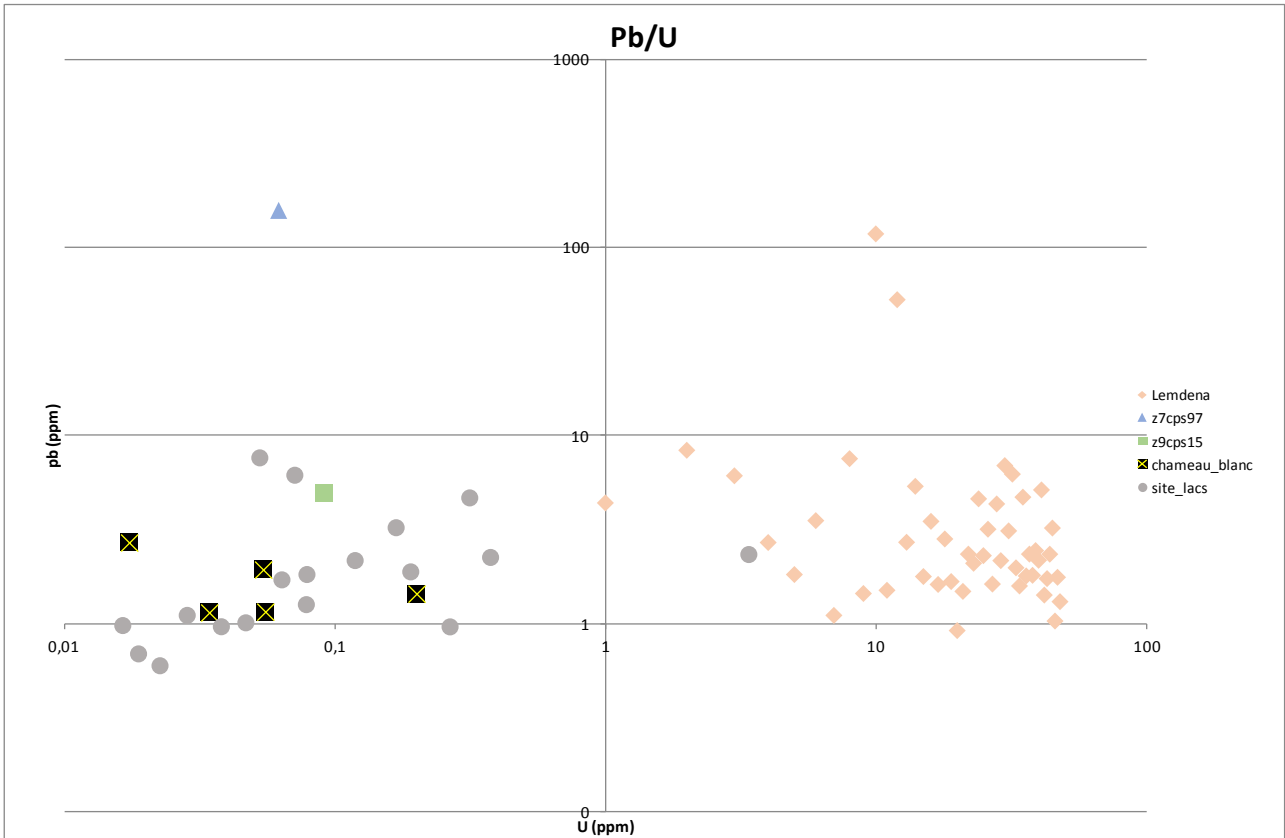


Figure 20 : Ratio des taux de plomb versus ceux d'uranium.

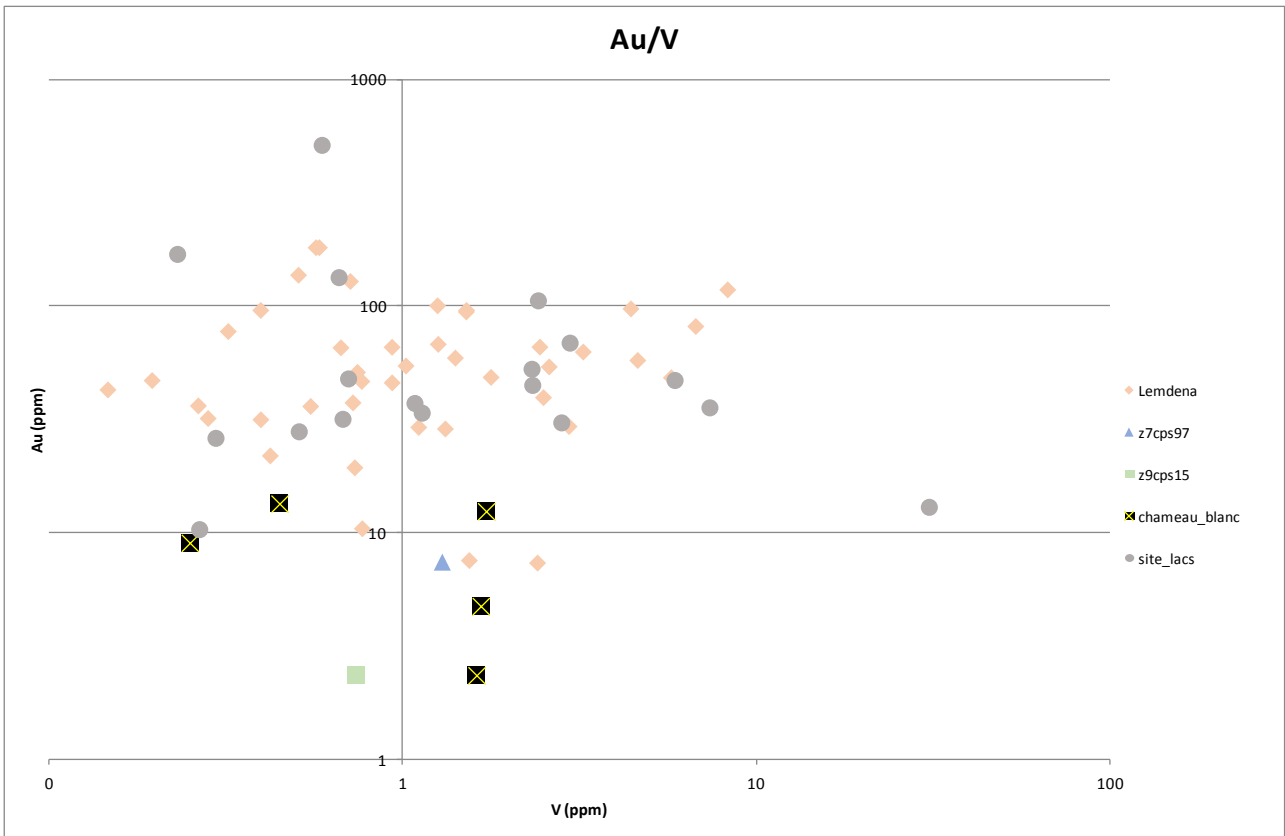


Figure 21 : Ratio des taux de d'or versus ceux de vanadium.

Objectif 3 : Valoriser les recherches de terrain

Le traitement statistique par analyse en composante principale (ACP) des résultats permet également de faire le distinguo entre les sites de métallurgie précoces (chameaux blancs et z9cps15) des sites de métallurgie avancées (Lemdena, site du lac) (Fig. 22).

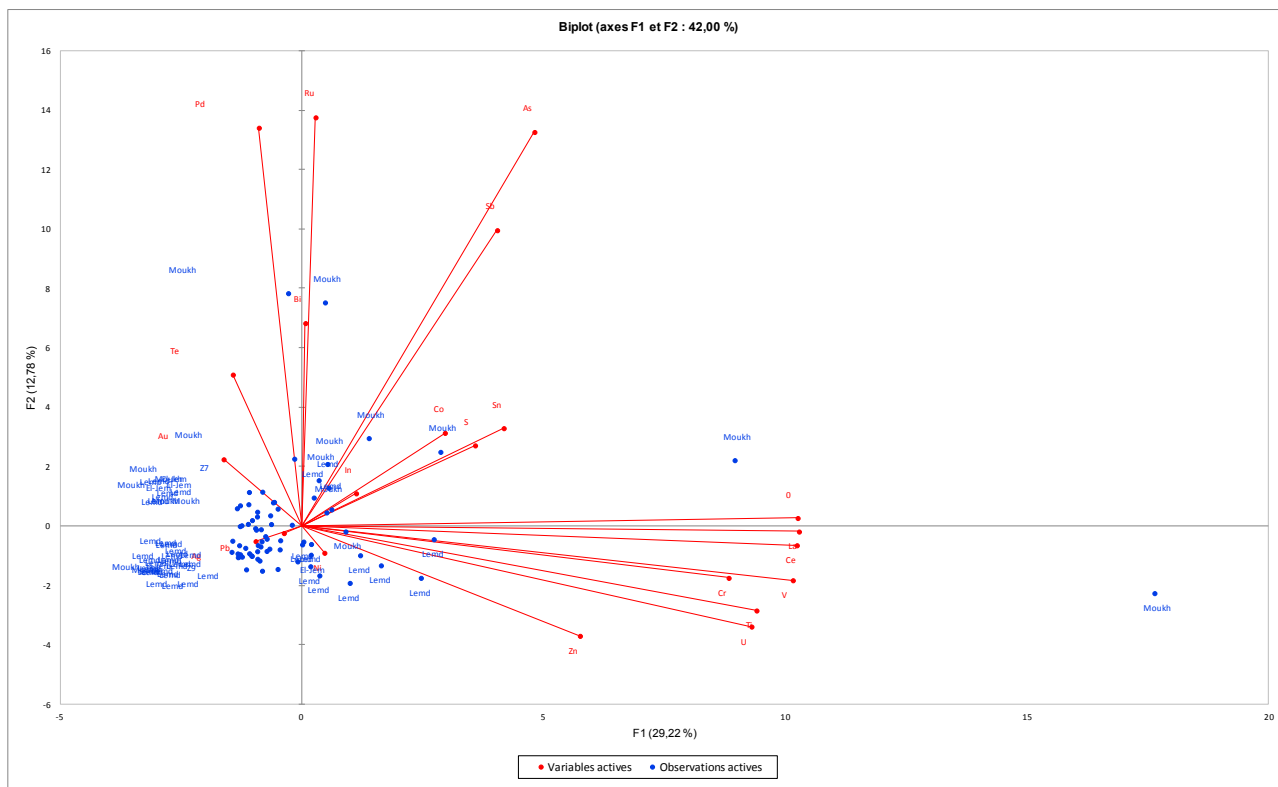


Figure 22 : Traitement statistique par ACP des éléments traces détectés dans les artefacts des différents sites.

Le traitement par classification ascendante hiérarchique (CAH) met en évidence une forte dissimilarité entre les sites (Fig. 23).

Objectif 3 : Valoriser les recherches de terrain

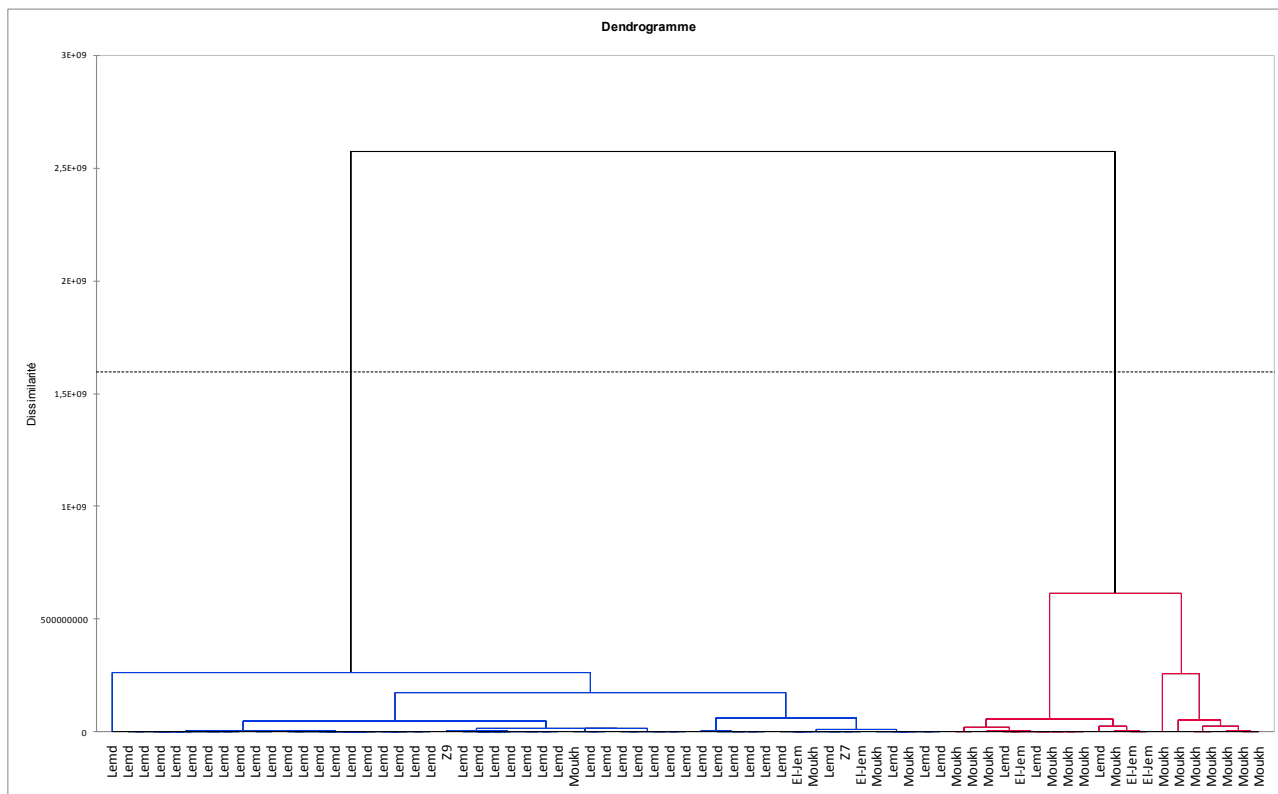


Figure 23 : Traitement statistique par CAH des éléments traces détectés dans les artefacts des différents sites.

5) Etat des frais au 12 octobre 2021 et proposition de consommation des crédits restant

Le contexte, particulièrement compliqué et contraignant, et des relations "fraîches" avec les institutions mauritaniennes, nous a amené à freiner les dépenses lors des deux derniers trimestres derniers.

Parallèlement à un travail diplomatique, en lien avec l'ambassade de France à Nouakchott, pour déloquer la situation avec les partenaires et institution mauritanienne, nous explorons l'idée de migrer le programme au Maroc.

Après un état détaillé des dépenses, nous exposons une proposition d'utilisation des crédits qui préfigure une éventuelle migration du programme de la Mauritanie vers le Sud Maroc. Le détail complet de cette proposition figure dans un document séparé transmis avec le dossier complet de la demande d'allocation 2022.

Suite à l'impossibilité de réaliser une mission de terrain en 2021, le reliquat de l'allocation de recherche 2021 s'élève à **7385,75€**.

L'état des dépenses à cette date se répartit comme suit :

Tab. 1 : état détaillé des dépenses 2021 en date du 12/10/2021

Reliquat 2020	Montant allocation + reliquat 2020	Montant restant au 12/10/2021	
624,45 €	9 624,45 €	7 385,75 €	
Objet	Catégorie	Total	Commentaires
Billet d'avion France-Mauritanie	frais de voyage	-807,96 €	Remboursement du billet d'avion acheté sur le budget 2020
papeterie	fonctionnement administratif	96,82 €	
téléphonie, internet	fonctionnement administratif	132,99 €	
matériel archéo	fonctionnement scientifique	2 183,83 €	
documentation	fonctionnement scientifique	33,02 €	
analyses LA-ICP-MS	fonctionnement scientifique	600,00 €	
	Total	2 238,70 €	

Le prévisionnel pour la proposition de recherches au Maroc en janvier-février 2022 se répartit comme suit :

Tab. 2 : prévisionnel de dépenses pour la prospection en février 2022 au Maroc

Objet	Catégorie	Total	Période de dépense
billets d'avion, suppl. baggages	Frais de voyage	1 000,00 €	décembre 2021
hôtel Rabat, logement sur place	Frais de séjour	1 840,00 €	janvier 2022
honoraire topographe (forfait)	Frais de personnel	500,00 €	janvier 2022
location voiture	Dépenses logistiques	2 500,00 €	janvier 2022
analyses 14C	Dépenses scientifiques	1 520,00 €	février 2022
	Total	7 360,00 €	

Bilan financier prévisionnel 2021

Etat des frais au 12 octobre 2021

Ainsi au regard de l'état des dépenses au 31/12/21 et de cette proposition de dépenses début 2022, il restera un reliquat de **25,75€** pour l'exercice budgétaire 2021.

Tab. 3 : état prévisionnel des dépenses au 31/12/21.

Montant restant prévisionnel au 31/12/2021	Montant engagé pour début 2022	Reliquat 2021
6 385,75 €	6 360,00 €	25,75 €

Conclusion et perspectives

Pour la seconde année consécutive, en 2021, aucune mission de terrain n'a pu être réalisée en Mauritanie. A la situation sanitaire s'ajoutent le fait que conventions ne sont pas encore terminées et des rapports distendus avec l'institut d'archéologie de Nouakchott (IMRFPC).

Le contexte socio-culturel global en Mauritanie a profondément changé depuis 2016, date du début du programme. On constate une montée de l'arabisation des institutions et un scepticisme grandissant envers la France et plus globalement l'occident européen. Le pays s'enfonce dans un replis identitaire et culturel. Actuellement l'IMRFPC n'envisage plus de participer à des programmes de recherches innovant et étranger ; il préfère au contraire rester dans sa zone de confort et la réalisation d'actions dans sa sphère de compétences, en l'occurrence principalement des diagnostics environnementaux et culturels.

Paradoxalement, les échanges entretenus avec la compagnie minière Kinross-Tasaisat restent cordiaux et ouverts à la poursuite d'un partenariat assurant un soutien en moyens humain et logistique lors des missions de terrain.

Ainsi, sous réserve de lever le frein avec l'IMRFPC, la poursuite du programme en Mauritanie reste toujours envisageable. Au regard des rapports distendus, l'appui des services diplomatiques de l'ambassade de France à Nouakchott serait le bienvenue.

Nous prévoyons donc de mettre tout en œuvre pour débloquer ce point de blocage et d'organiser une mission de terrain en 2022. Ces recherches se dérouleront dans les zones identifiées aux abords de la concession minière de Kinross-Tasaisat.

Parallèlement, nous envisageons, sous réserve d'accord de la commission des fouilles, de réaliser une courte mission de terrain dans le Sud du Maroc en janvier-février 2022. Financée par le reliquat de l'allocation 2021, l'objectif de cette recherche prospective sera d'identifier des secteurs à fort potentiel archéologiques pour la compréhension des métallurgies du cuivre à la Préhistoire.

Cette mission de terrain permettra préparer les bases d'un programme de recherche. En effet, si les conditions ne s'améliorent pas en Mauritanie, nous proposons l'idée de migrer le programme au Maroc, dans la province de Tata. Les recherches viseraient à identifier et caractériser les débuts et le développement des métallurgies du cuivre dans l'Anti-Atlas afin de répondre à la problématique générale du programme CUPRUM : « *CUivre : PROduction et Usages à l'Holocène dans la zone saharo-sahélienne. Les dynamiques liées à la métallurgie du cuivre.* ».

Références

- Bathily M.S., M. Ould Khattar, R. Vernet, Ch. Cluzel, J.M. Ott, S. Beckouche, R. Caruba, M.F. Delarozière and J. Evin** (éd.s.) (1993), *Les sites Néolithiques de Khatt Lemaïteg (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.
- Cailleux A., Tricart J.** (1959). *Initiation à l'étude des sables et des galets*. Centre de documentation universitaire, Paris, 202 p.
- 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.
- Coutros P. R.** (2017), *People and Palaeoclimate: Perspectives from the Diallowali Site System*. PhD Thesis, Yale University.
- Craddock P.T. et N.D. Meeks** (1987), Iron in Ancient Copper, *Archaeometry* 29/2 : 187-204.
- 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.
- 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.
- Hauptmann A.** (2007), *The archaeo-metallurgy of Copper, evidence from Faynan, Jordan*, Springer.
- 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 scientifiques*, 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 (éd.s.), *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.
- Lezine A-M., Faure H., Saos J-L.** (1985). *Etude palynologique et sédimentologique d'un milieu margino-littoral : la tourbière de Thiaye (Sénégal)*.
- Maley J. and Vernet R.** (2013), Peoples 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 noms 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 ¹⁴C des sites de l'Ouest africain de l'âge du Fer. In, Hugot H.J. (éd.), *Actes du VIe 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 IIF 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.
- 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 ¹⁴C des sites de l'Ouest africain de l'âge du Fer. In: Hugot H.J. (éd.), *Actes du VIe congrès Panafricain de Préhistoire et d'Etude du Quaternaire*. Chambéry: Les imprimeries réunies de Chambéry.
- 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 Bocum 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.
- Milesi J.P., Feybesse J.-L., Pinna P., Deschamps P., Kanpunzu H.A.B., Muhongo S., Lescuyer J.-L. and Toteu S.F.** (2004), *Géologie et principaux gisements de l'Afrique*, carte 1 : 10 000 000e. Orléans : BRGM.
- Moore 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.
- Nixon S., M. Seghir and Y. Bokbot** (2017), *Research project proposal. The Tamdult Project (Akka Region, Morocco): trans-*

références

Saharan commerce, urbanism and cultural identity in an early Moroccan oasis market town. Projet de recherche conjoint British-Museum-INSAP.

Nixon S., M. Seghir and Y. Bokbot (2018), *Project 'Jbel Bani Occidental, du Néolithique Final à la fin du Moyen Age' (I.N.S.A.P/University of East Anglia), 2018 fieldseason report*. Rapport non publié.

Nixon S., M. Seghir and Y. Bokbot (2019), *Project 'Jbel Bani Occidental, du Néolithique Final à la fin du Moyen Age' (I.N.S.A.P/University of East Anglia), 2019 fieldseason report*. Rapport non publié.

Nixon S., M. Seghir and Y. Bokbot (2020), *Project 'Jbel Bani Occidental, du Néolithique Final à la fin du Moyen Age' (I.N.S.A.P/University of East Anglia), 2020 fieldseason report*. Rapport non publié.

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.

Pernicka E. (1999), Trace Element Fingerprinting of Ancient Copper : a Guide to Technology or Provenance? In: Suzanne M.M., A. M. Pollard, P. Budd et R.A. Ixer (eds.), *Metal in Antiquity*, BAR International Series 792 : 163-171. Oxford : Oxford University Press.

Ould Mohamed Kaber N. (1999), *Le patrimoine culturel de la région de Tasiast et les perspectives de valorisation*. Rapport IMRS, Nouakchott.

Ould Mohamed Kaber N. (2008), *Le patrimoine culturel de la région d'Akjoujt et les perspectives de valorisation*. Rapport IMRS, Nouakchott.

Rehder J.E. (1994), Blowpipe versus Bellows in ancient metallurgy, *Journal of Field Archaeology*, 21/3 : 345-350.

Rice P.M. (2015), *Pottery analysis: a sourcebook*. University of Chicago Press.

Taylor C.D. E.E. Marsh and S.A. E.D. Anderson (2012), *Mineral Potential for Nickel, Copper, Platinum group Element (PGE) and Chromium Deposits Hosted in Ultramafic Rocks in the Islamic Republic of Mauritania*, Second projet de renforcement institutionnel du secteur minier de la République Islamique de Mauritanie (PRISM-II), phase V, livrable 67, USGS. Washington DC.

Töchterle U., Goldenberg G., Schneider P. and Tropper P. (2013), Spätbronzezeitliche Verhüttungsdüsen aus dem Bergbaurevier Mauken im Unterinntal, Norttirol: Typologie, mineralogischpetrographische 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.

Vernet R. and B. Ould Mohamed Naffé (2018), Archéologie de la zone d'El Ghaicha (Tasiast), *revue de l'IMRS* 18 : 1-14.