

Origine et développement de la métallurgie en Mauritanie : projet CUPRUM mission 2017

Antoine COURCIER

CNRS TRACES/UMR 5608 - Toulouse

Ethmane DADI ESSAID

IMRFP - Nouakchott

**INSTITUT
FRANÇAIS**
MAURITANIE

CUPRUM - CUivre : PProduction et Usages à l'Holocène en Mauritanie -



avec le soutien

scientifique et financier du

Ministère des Affaires Étrangères
et du **Développement International**
MAEDI



logistique et humain de la

compagnie minière
Mauritanian Copper Mine
MCM



Plan

Partie 1

Etat de l'art

Projet CUPRUM

Résultats de la campagne 2016 (résumé)

Objectifs et démarches de la campagne 2017

Partie 2

Résultats préliminaires de la campagne 2017 :

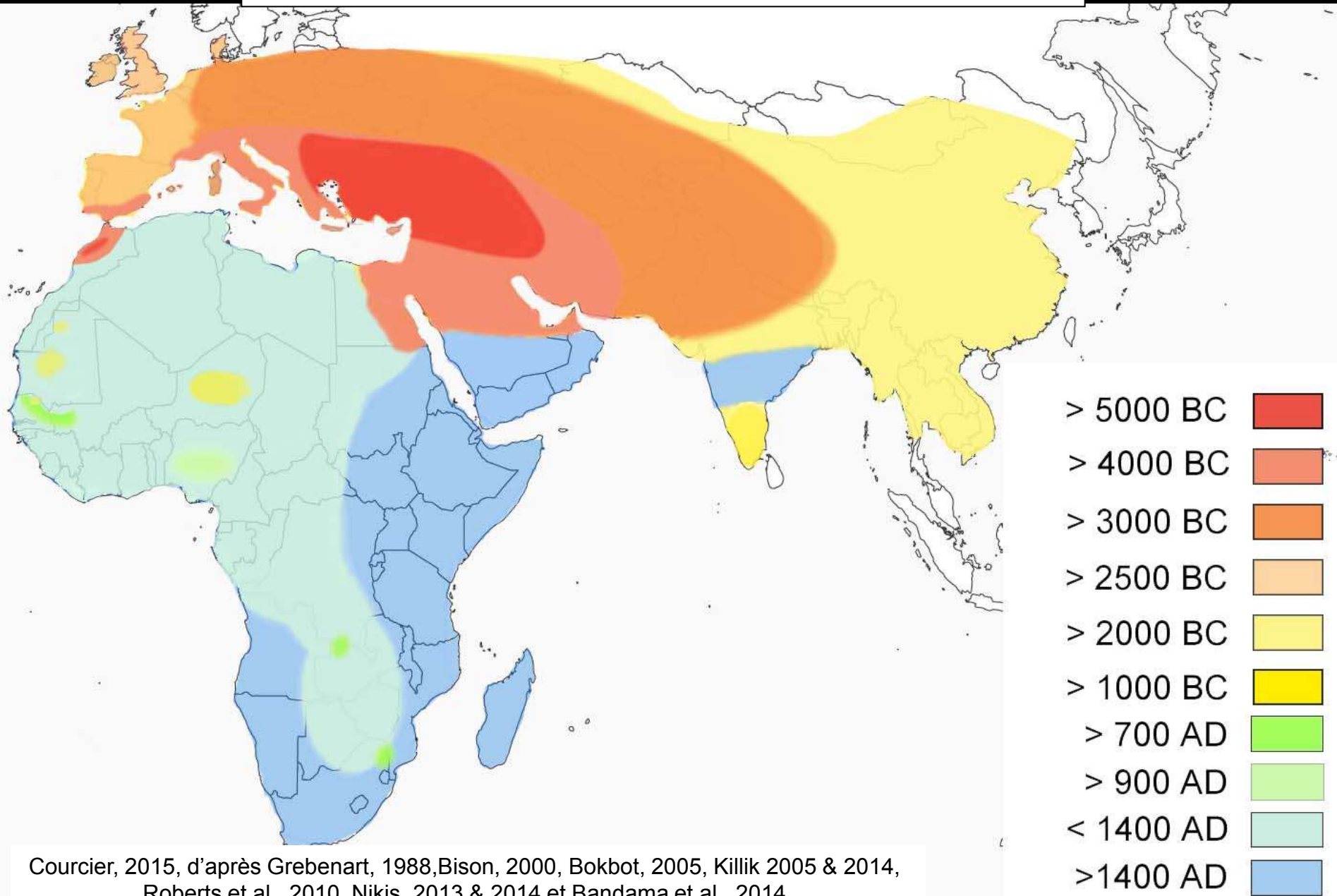
des mines à la production d'objets en cuivre

Conclusions

Perspectives

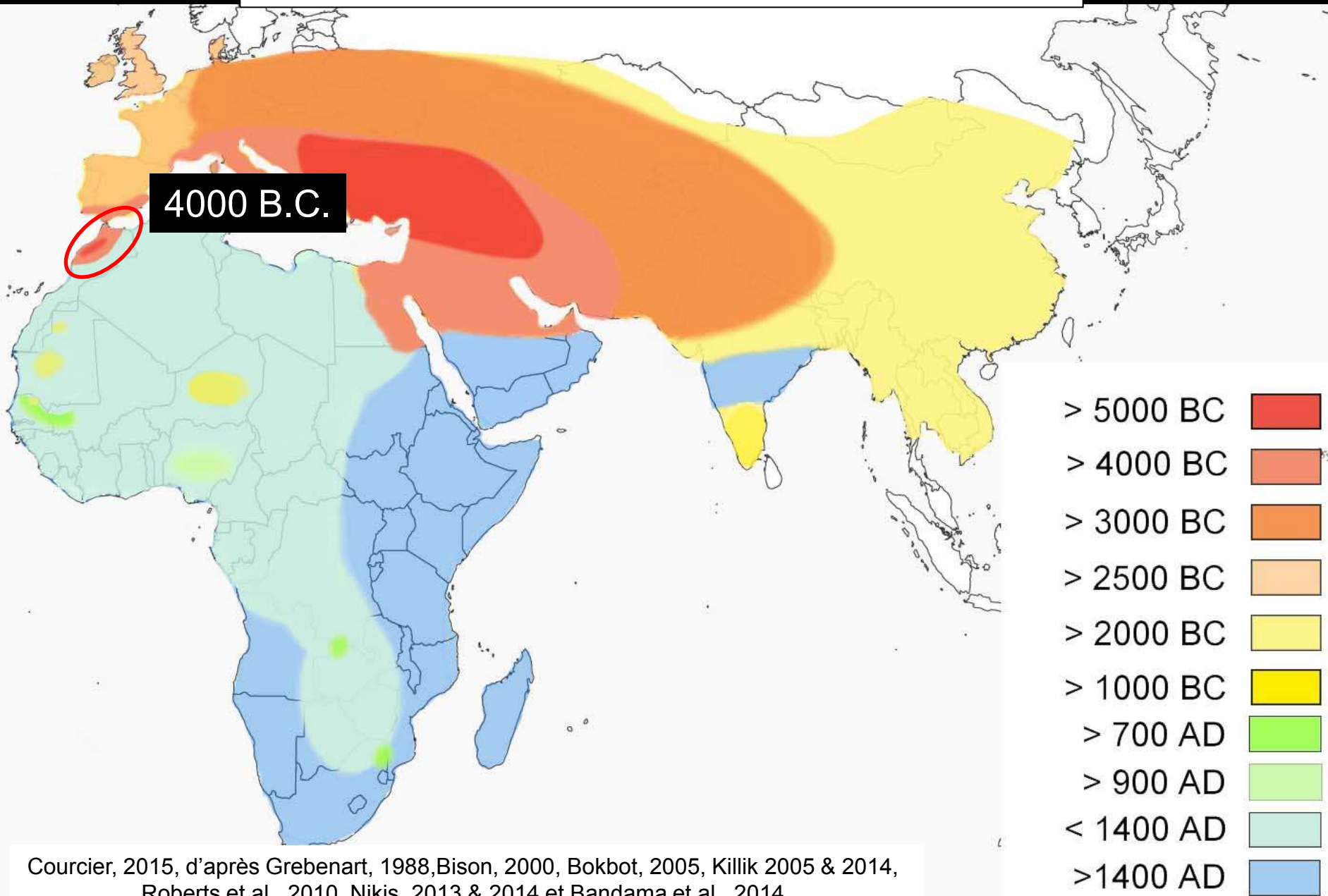
Etat de l'art

La diffusion de la métallurgie du cuivre ?



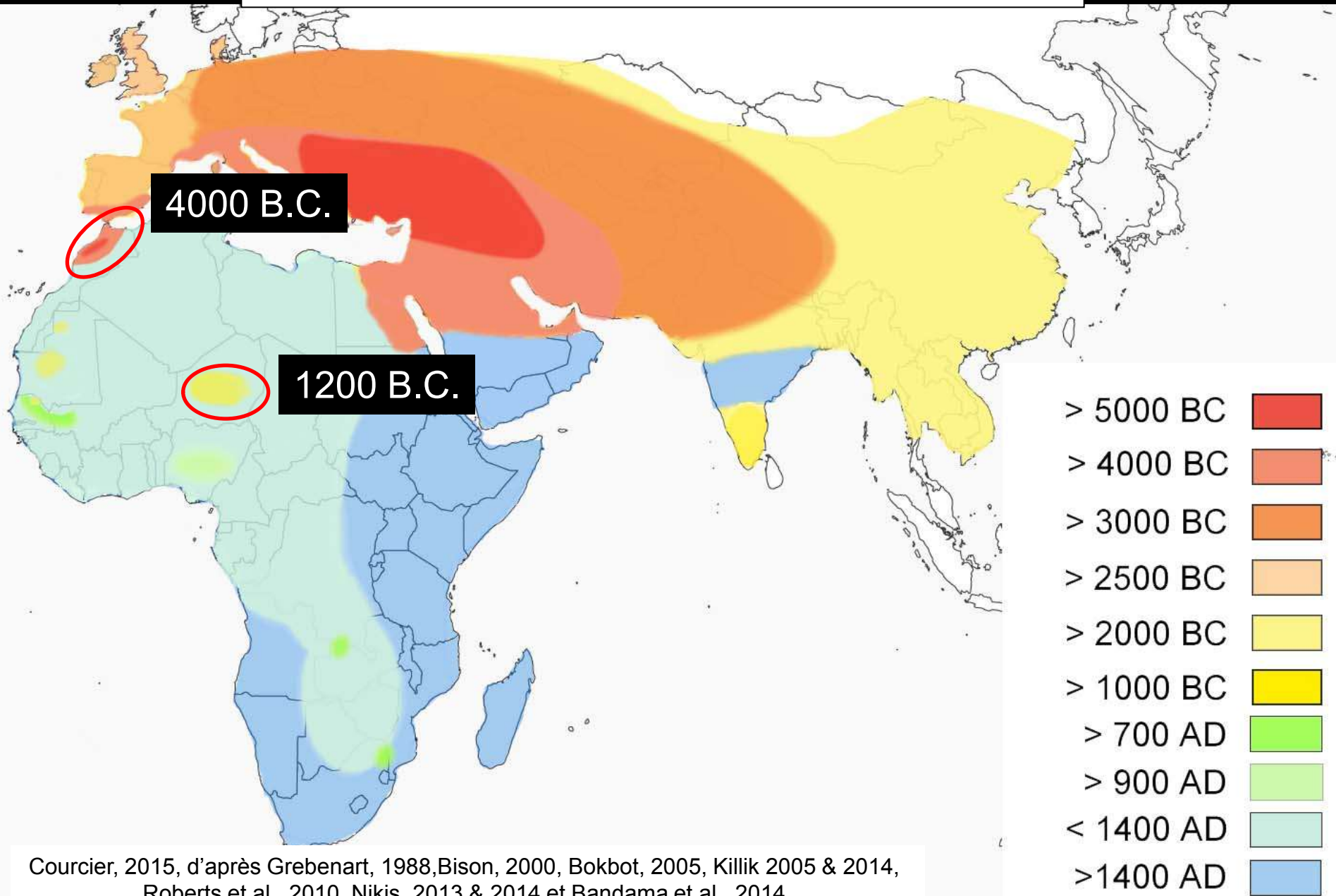
Courcier, 2015, d'après Grebenart, 1988, Bison, 2000, Bokbot, 2005, Killik 2005 & 2014, Roberts et al., 2010, Nikis, 2013 & 2014 et Bandama et al., 2014

La diffusion de la métallurgie du cuivre ?



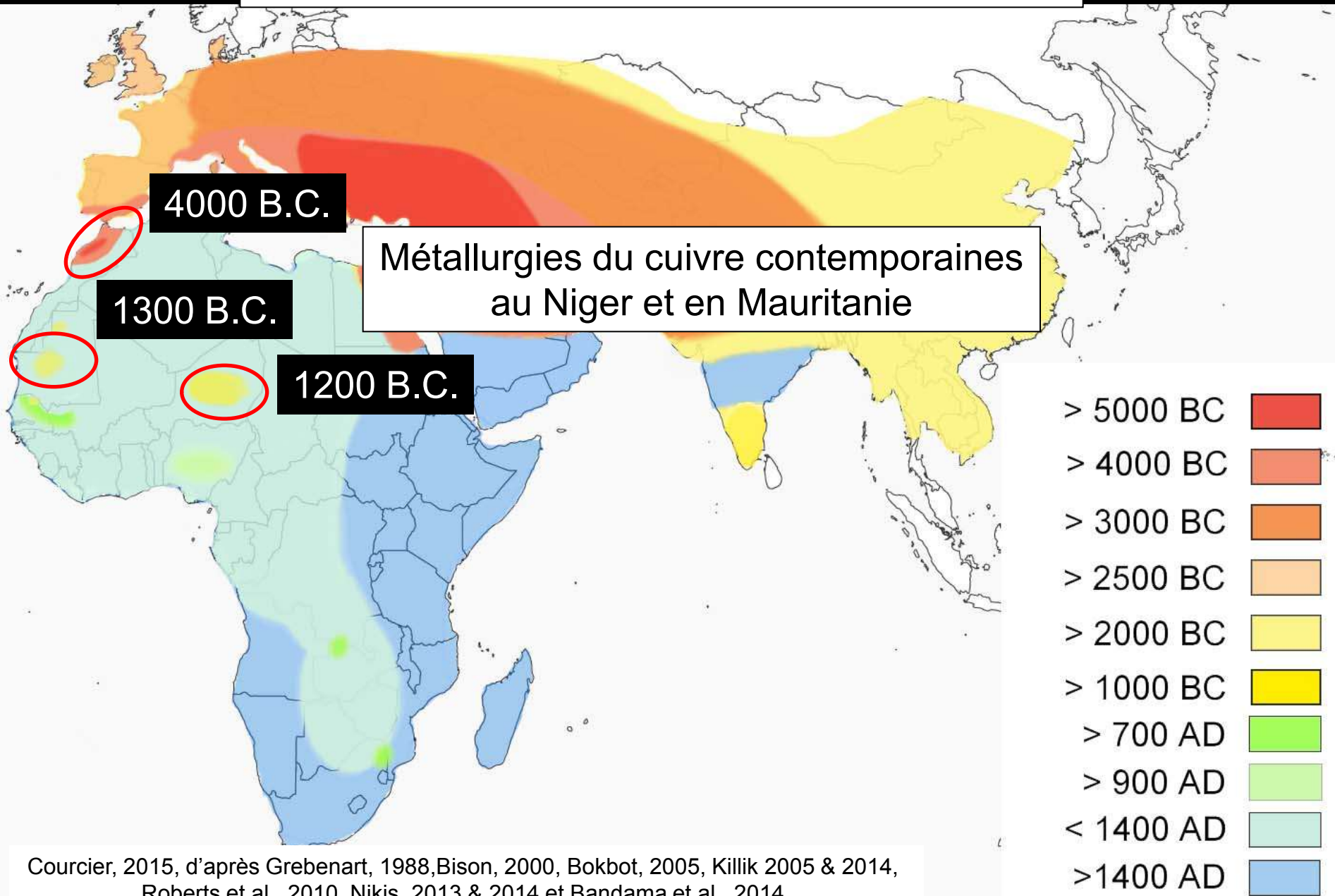
Courcier, 2015, d'après Grebenart, 1988, Bison, 2000, Bokbot, 2005, Killik 2005 & 2014, Roberts et al., 2010, Nikis, 2013 & 2014 et Bandama et al., 2014

La diffusion de la métallurgie du cuivre ?



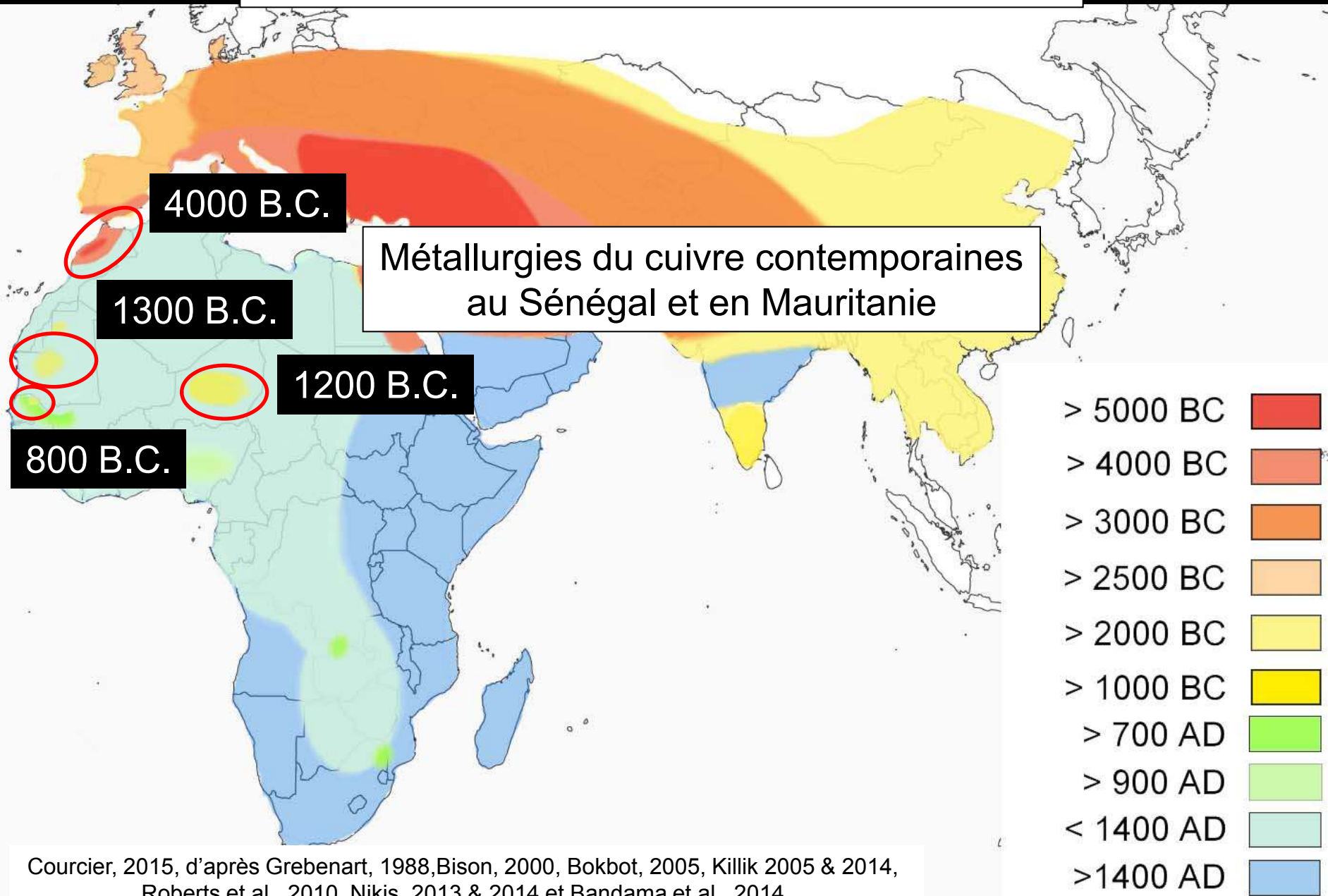
Courcier, 2015, d'après Grebenart, 1988, Bison, 2000, Bokbot, 2005, Killik 2005 & 2014, Roberts et al., 2010, Nikis, 2013 & 2014 et Bandama et al., 2014

La diffusion de la métallurgie du cuivre ?



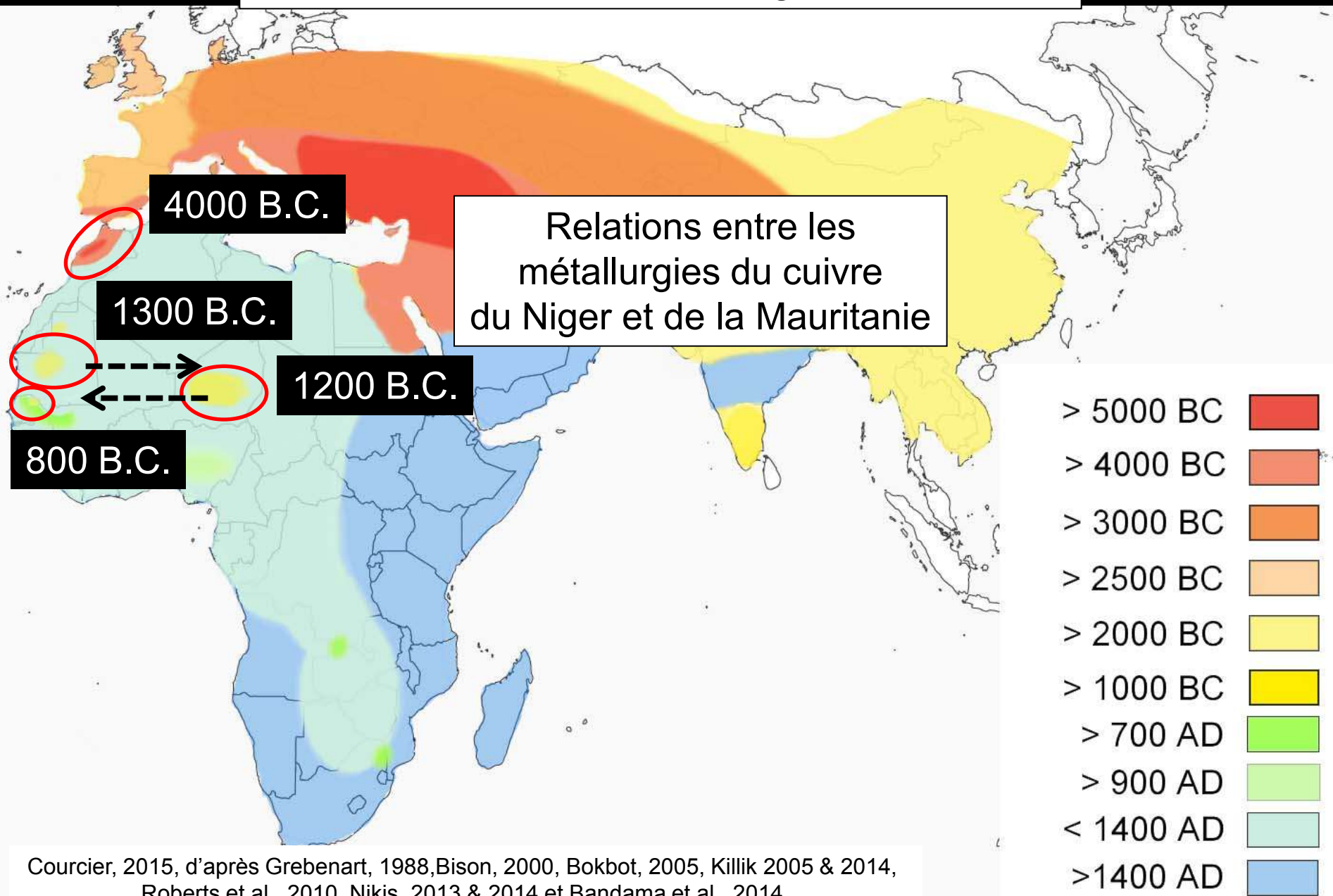
Courcier, 2015, d'après Grebenart, 1988, Bison, 2000, Bokbot, 2005, Killik 2005 & 2014, Roberts et al., 2010, Nikis, 2013 & 2014 et Bandama et al., 2014

La diffusion de la métallurgie du cuivre ?



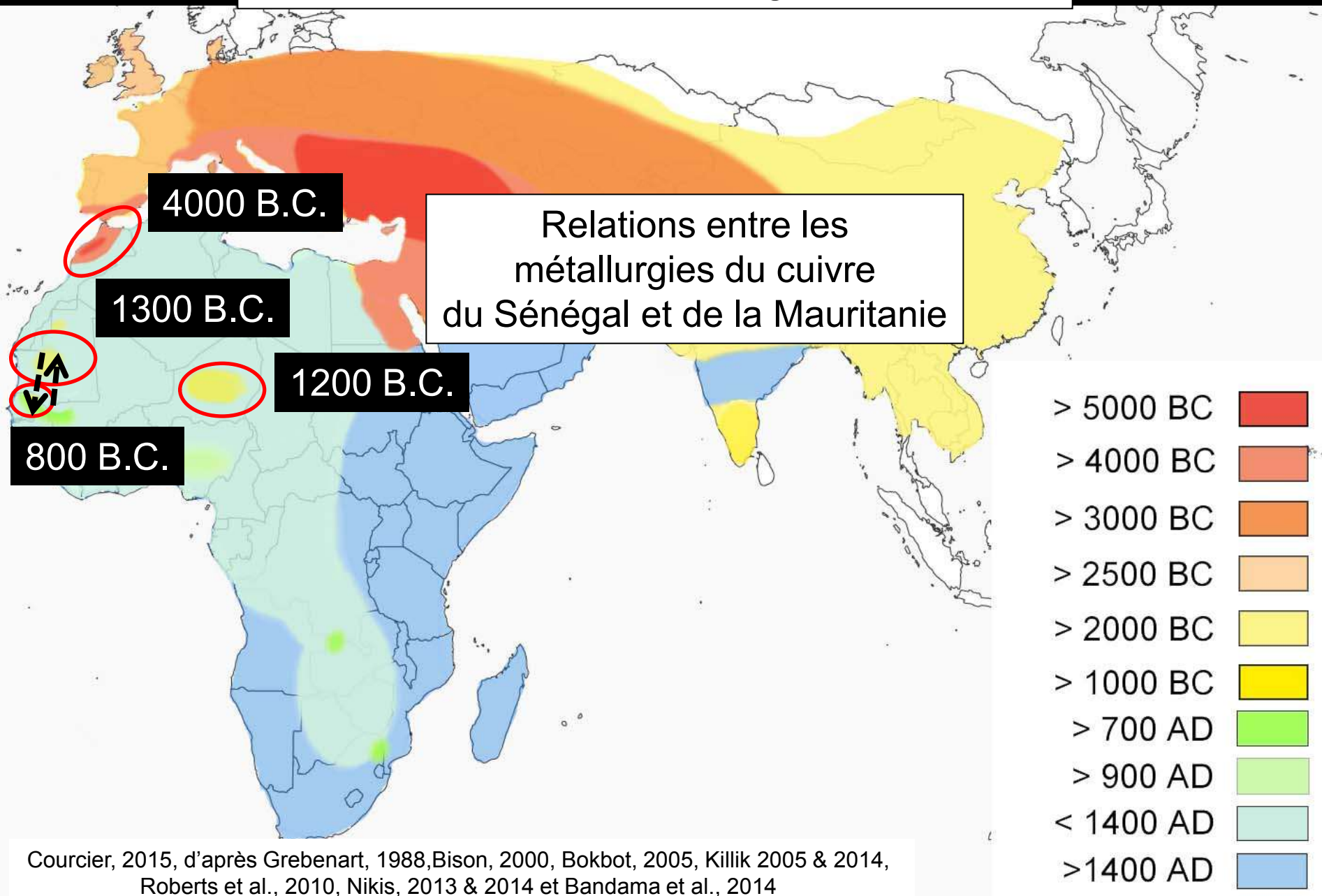
Courcier, 2015, d'après Grebenart, 1988, Bison, 2000, Bokbot, 2005, Killik 2005 & 2014, Roberts et al., 2010, Nikis, 2013 & 2014 et Bandama et al., 2014

La diffusion de la métallurgie du cuivre ?



Courcier, 2015, d'après Grebenart, 1988, Bison, 2000, Bokbot, 2005, Killik 2005 & 2014, Roberts et al., 2010, Nikis, 2013 & 2014 et Bandama et al., 2014

La diffusion de la métallurgie du cuivre ?



Recherches dans les environs d'Akjoujt

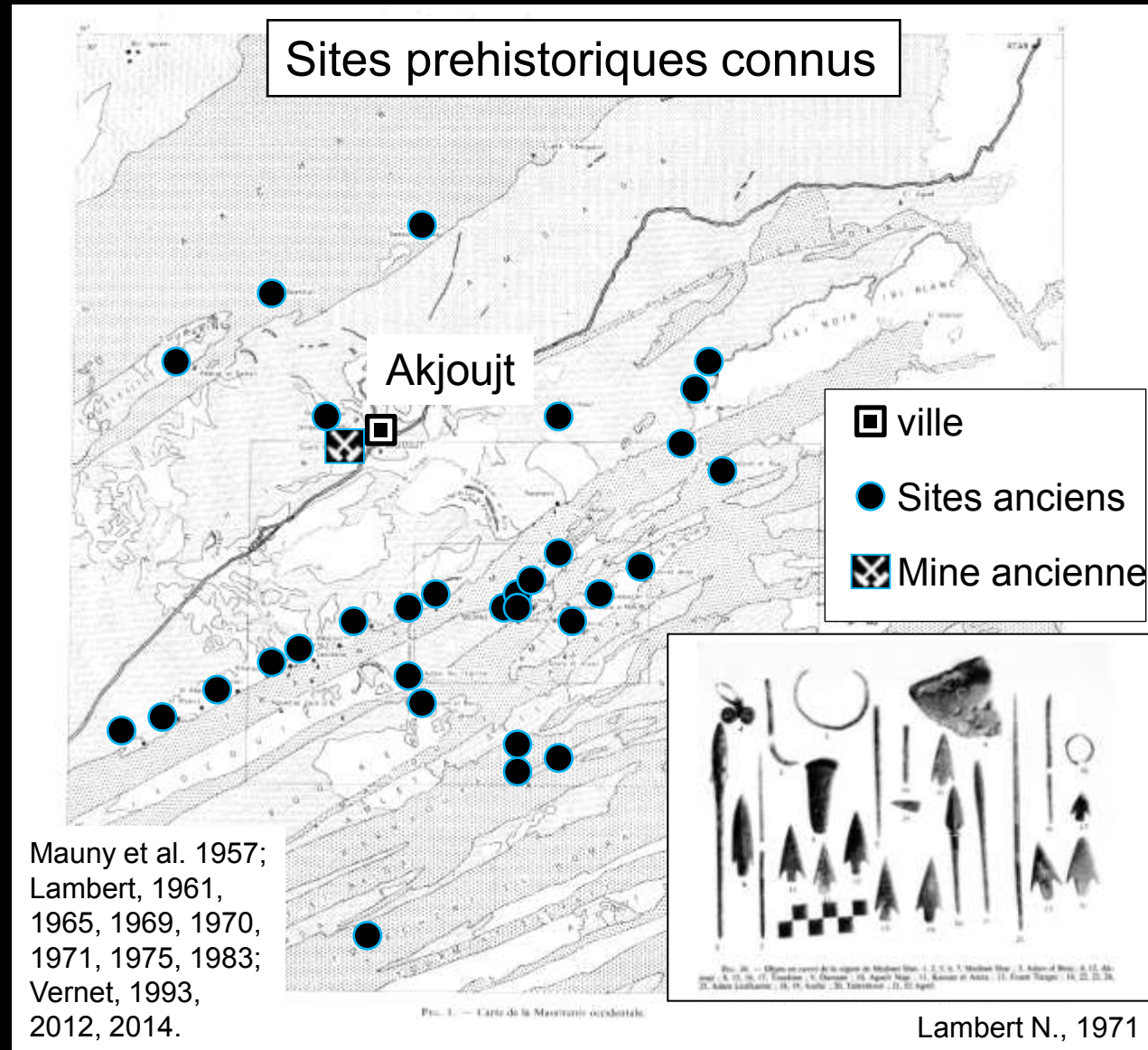


Recherches archéologiques:

1947-1962 : R. Mauny

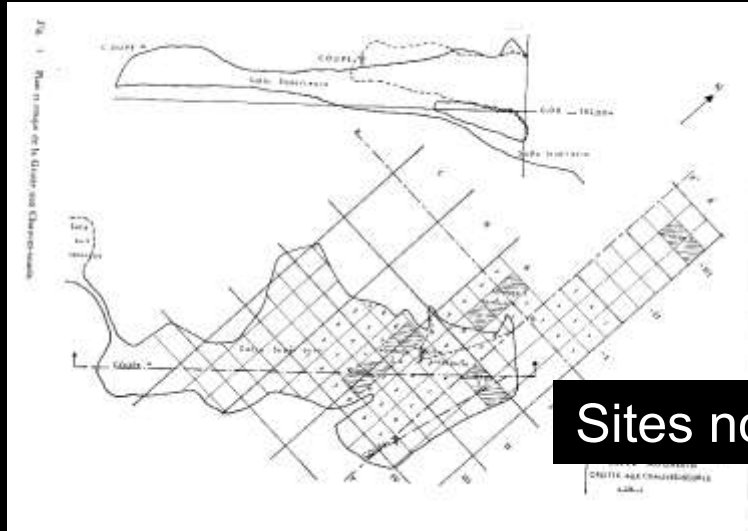
1968-1985 : N. Lambert

1970-2010 : R. Vernet



Recherches menées par Nicole Lambert

“Grotte aux chauves-souris”: mine ancienne



2776 ± 126 BP et 2360 ± 110 BP
1378 to 203 cal. BC

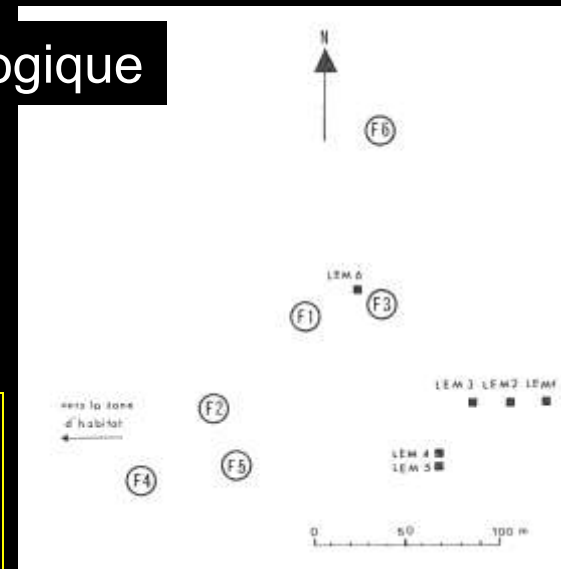
Sites non contemporains

“Lemdena” :
site métallurgique

manque de cadre chronologique



1760 ± 110 BP
28 to 537 AC



De nombreuses questions
demeurent...

nombreuses questions

Chronologiques

➔ Quel est le développement diachronique de la métallurgie ?

...

Technologique

➔ Quels sont les procédés de métallurgie extractrice ?

...

Culturel

➔ Provenance des minerais, des matières premières et quels sont les contacts avec les régions voisines ?

...

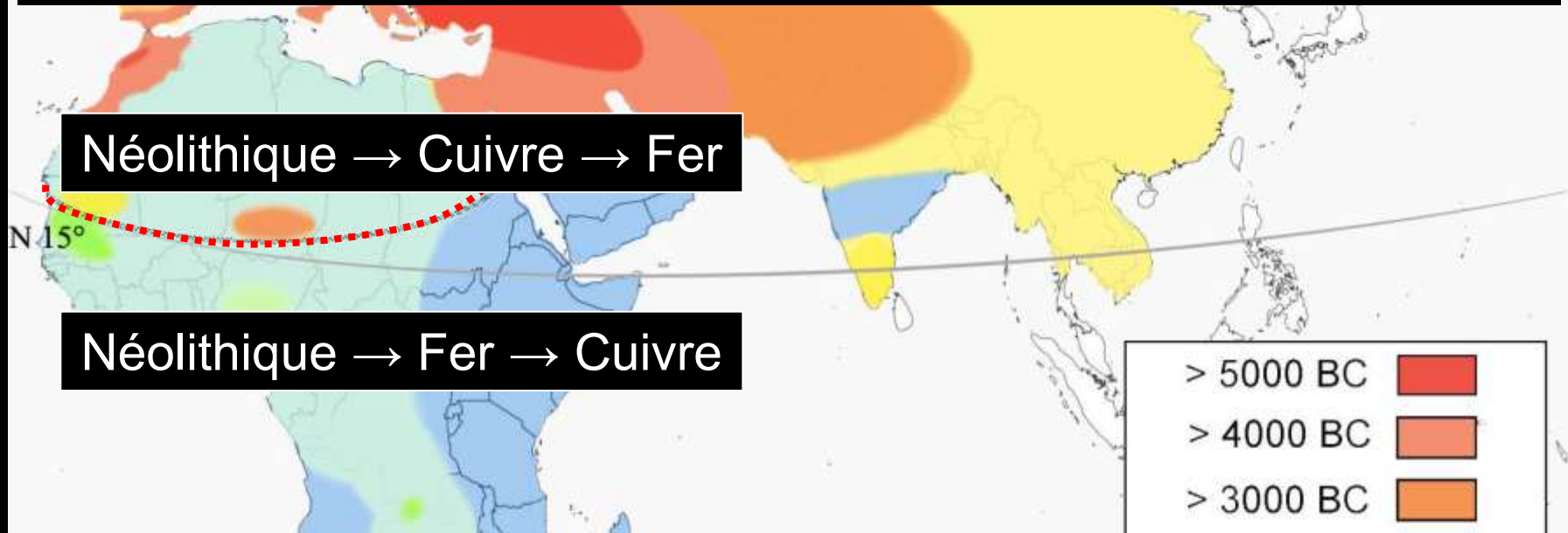
Depuis A. Crova, (1912)

Un siècle de recherches...

... mais peu d'information

Mauritanie :

à l'interface de deux traditions métallurgiques



Une région clef pour comprendre
l'origine & le développement de la métallurgie
dans la région saharo-sahélienne

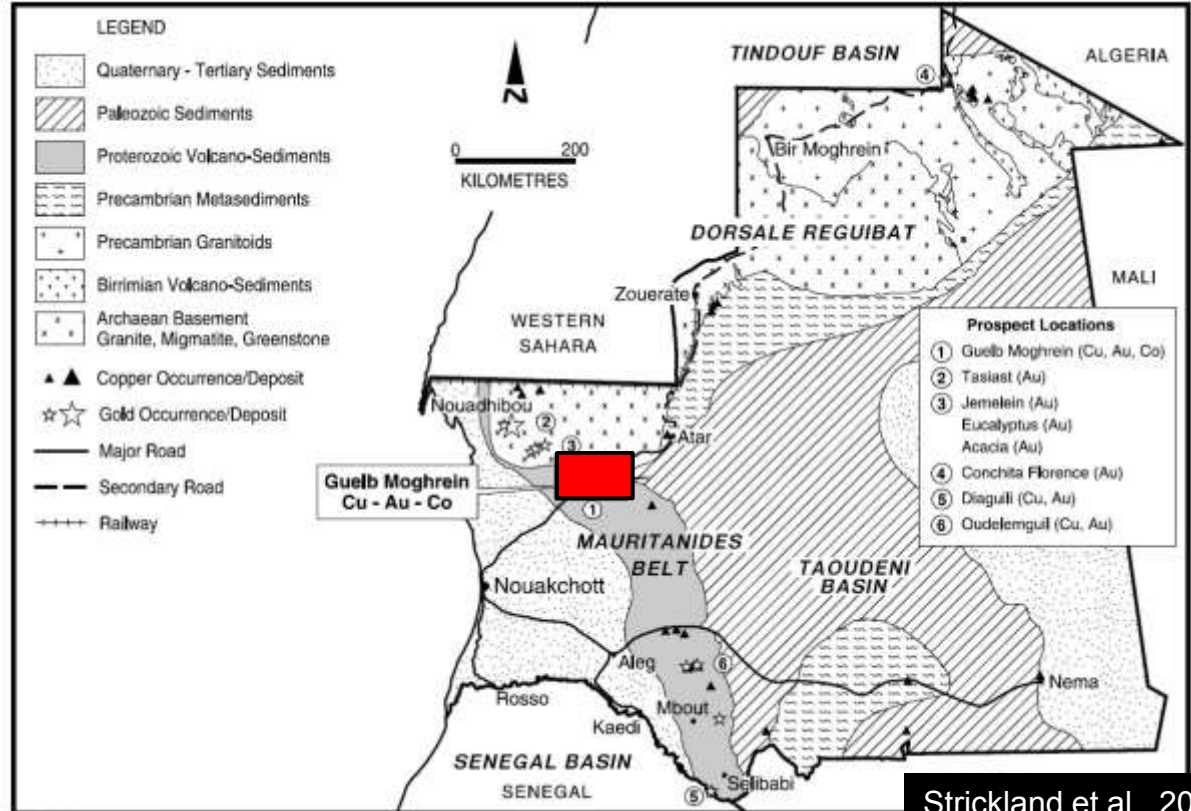
**CUivre : PRoduction et Usages
à l'Holocène en Mauritanie**

CUPRUM
(2016-2019)

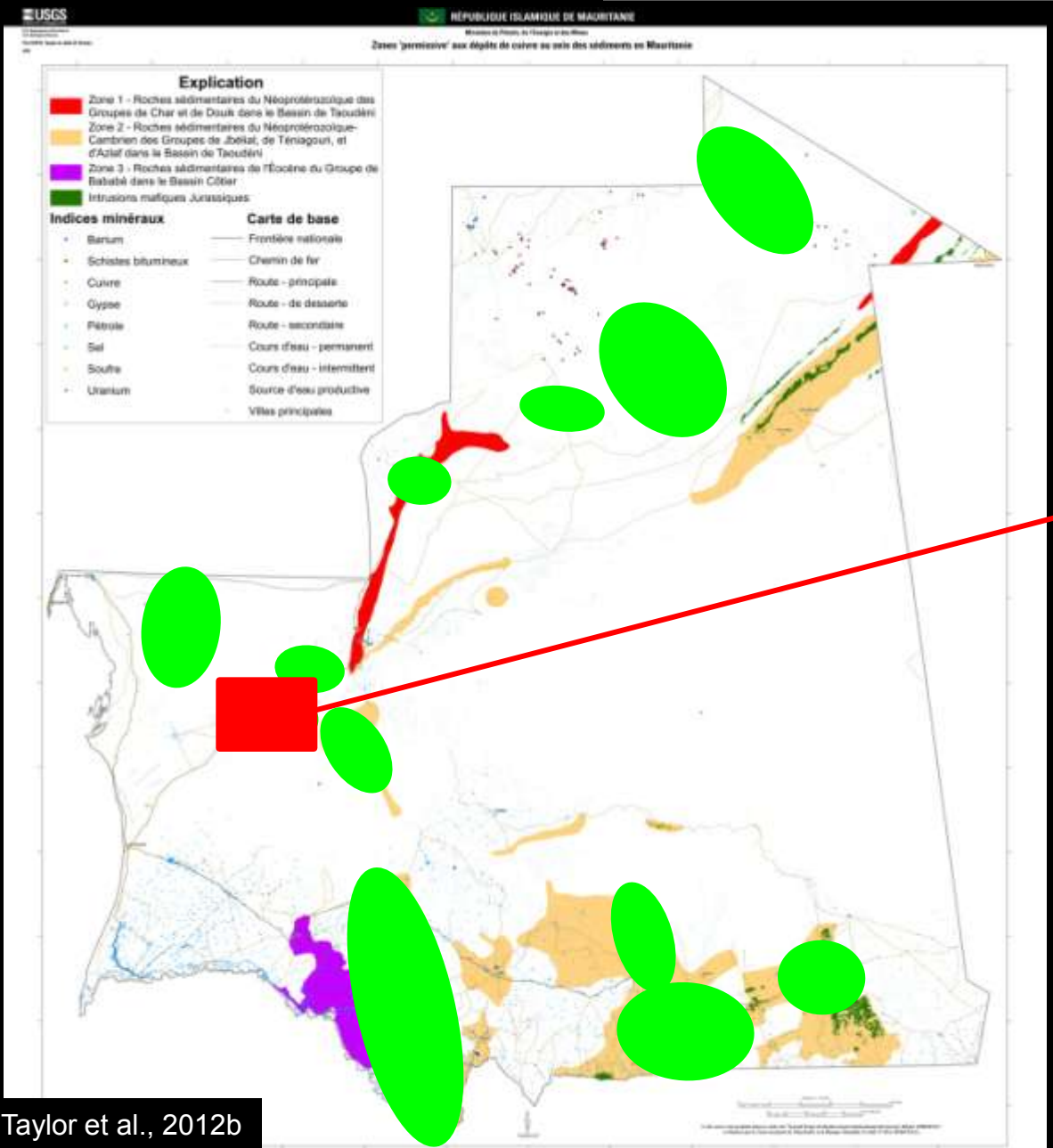
Aire de recherche

Akjoujt Région de l'Inchiri

Gisements de guivre-or
appartenant à la chaîne des mauritanides



Aire de recherche



Akjoujt

zone de minéralisation de cuivre

Aire de recherche

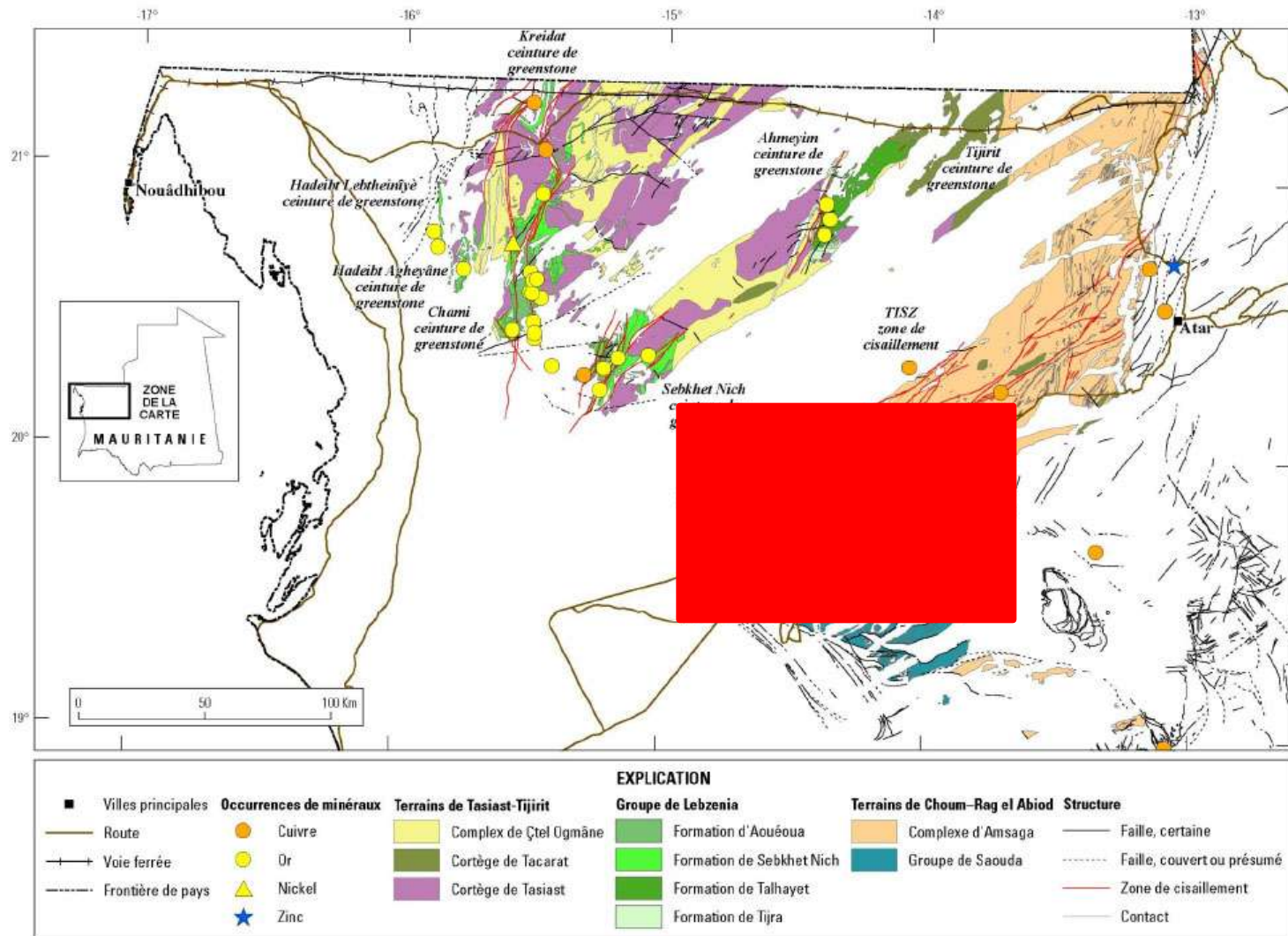


Figure 2. Carte géologique simplifiée du sud-ouest du Bouclier de Rgueibat, montrant les terrains de Choum-Rag el Abiod et de Tasiast-Tijrit. Les ceintures principales de greenstones et les présences minérales évoquées dans le texte sont indiquées (d'après Gunn et al., 2004).

Aire de recherche

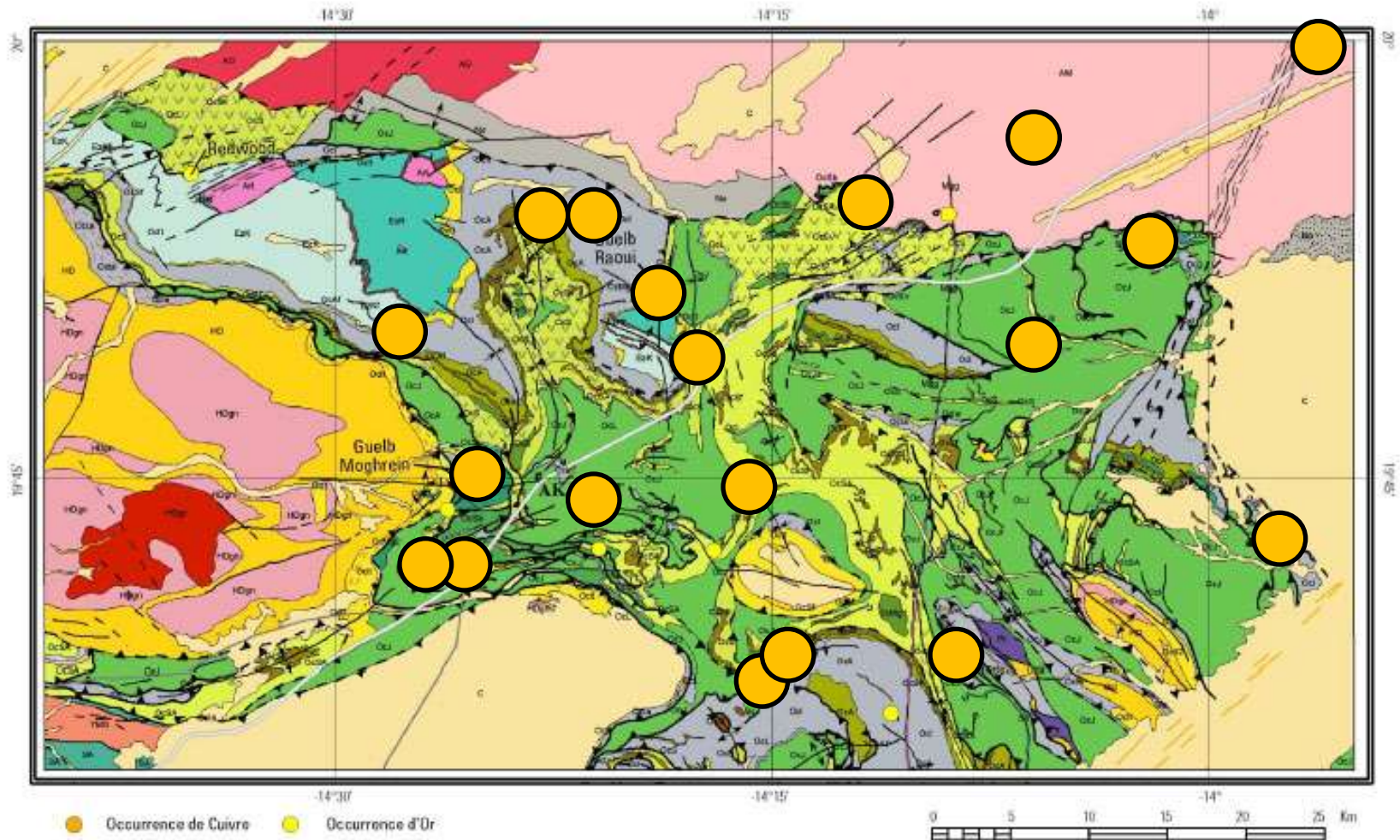


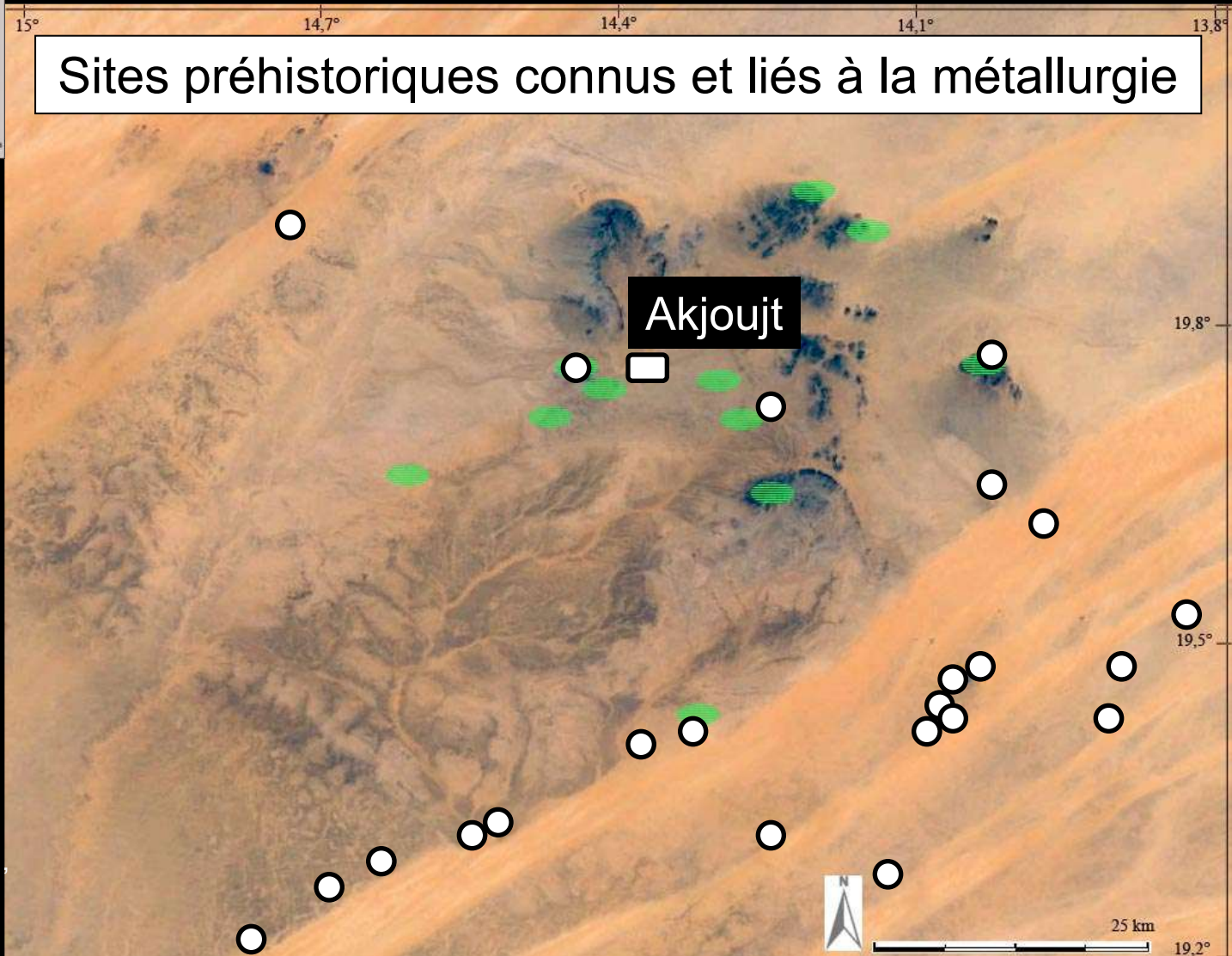
Figure 4. Géologie détaillée de l'empilement de nappes d'Akjount (d'après Pitfield et al., 2004).



Aire de recherche

Sites préhistoriques connus et liés à la métallurgie

-  Copper mineralized zone
-  Actual town
-  Prehistorical sites known



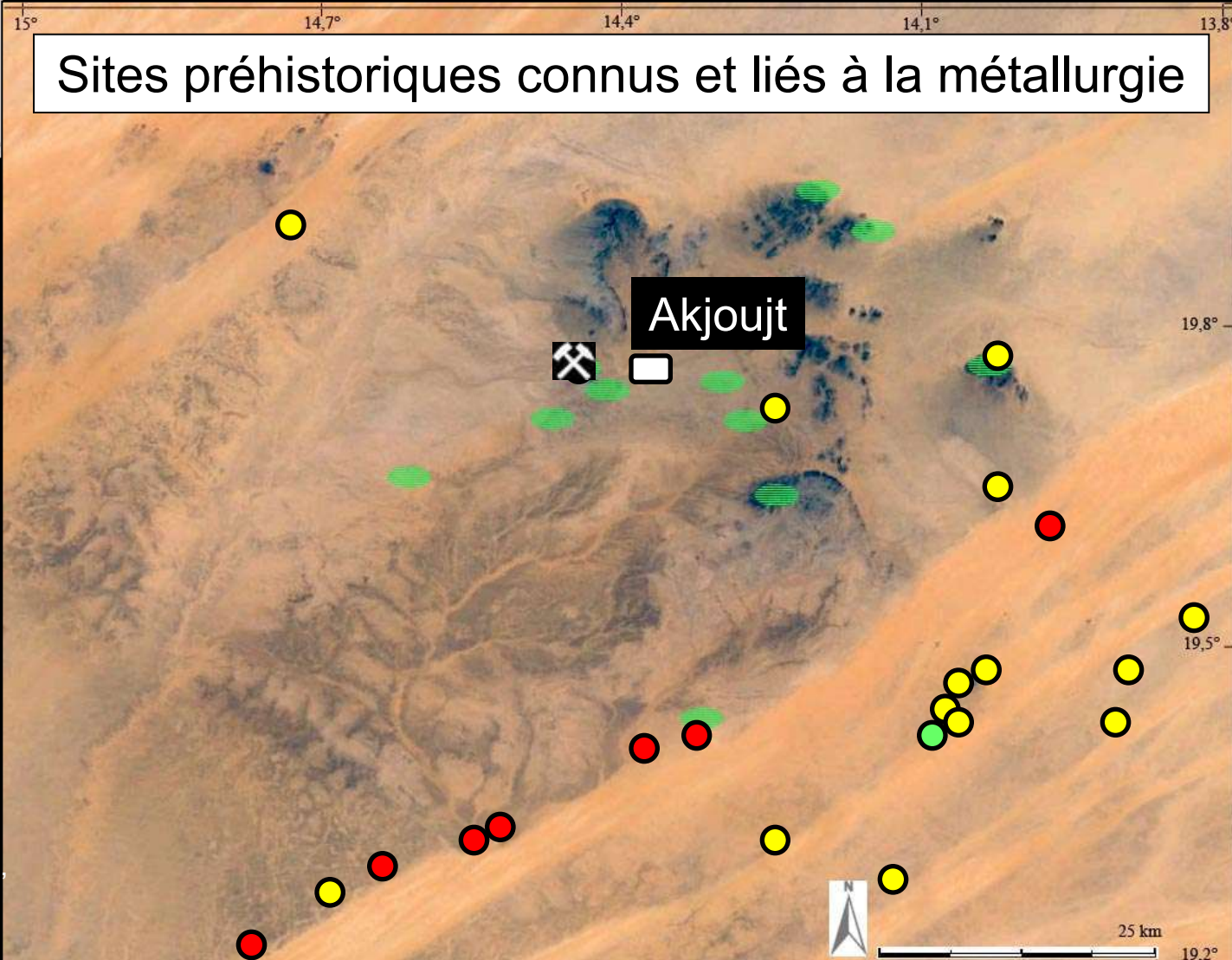
Mauny et al. 1957; Lambert, 1961, 1965, 1969, 1970, 1971, 1975, 1983; Vernet, 1993, 2012, 2014.



Aire de recherche

Sites préhistoriques connus et liés à la métallurgie

-  Copper mineralized zone
-  Actual town
-  Prehistorical sites known
-  settlement
-  site with metal object(s)
-  mining metallurgy site
-  extractive and/or manufacturing metallurgy site



Mauny et al. 1957; Lambert, 1961, 1965, 1969, 1970, 1971, 1975, 1983; Vernet, 1993, 2012, 2014.

Origine(s) et développement de la
métallurgie en Mauritanie
et dans l'ensemble de la
zone saharo-sahélienne

Objectifs

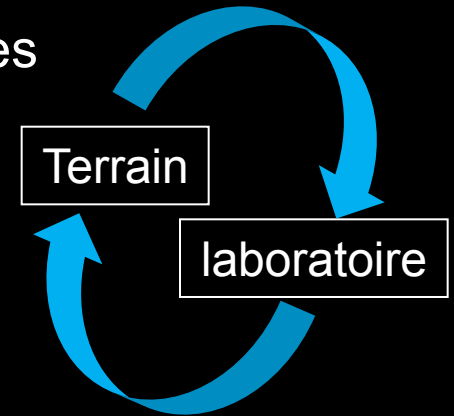
➔ **Caractériser la métallurgie du cuivre**

- Définir la chronologie de la région d'Akjoujt
- Comprendre la chaîne opératoire du cuivre
- Estimer les implications de la métallurgie du cuivre dans les cultures anciennes

Objectifs

➔ Circulation et relations inter-culturelles liées à La métallurgie du cuivre

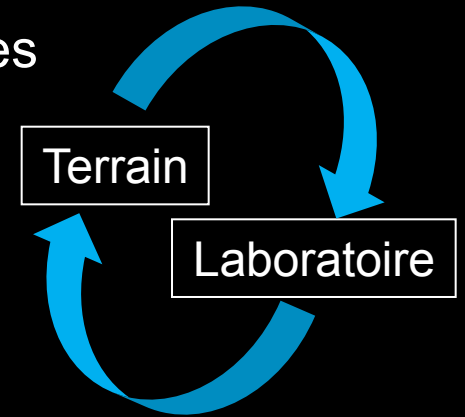
- Provenance des matières premières et des minerais



Objectifs

➔ Circulation et relations inter-culturelles liées à La métallurgie du cuivre

- Provenance des matières premières et des minerais
- Echanges liés au métal
- Circulation des techniques



Objectif

➔ Collaboration entre universités : formation & enseignement

- Formation d'étudiants mauritaniens
- échanges d'enseignants-chercheurs:

Mauritanie

Université de Nouakchott
Faculté des lettres et
sciences humaines



France

Université de Toulouse 2
Jean-Jaures
Laboratoire TRACES

Objectifs

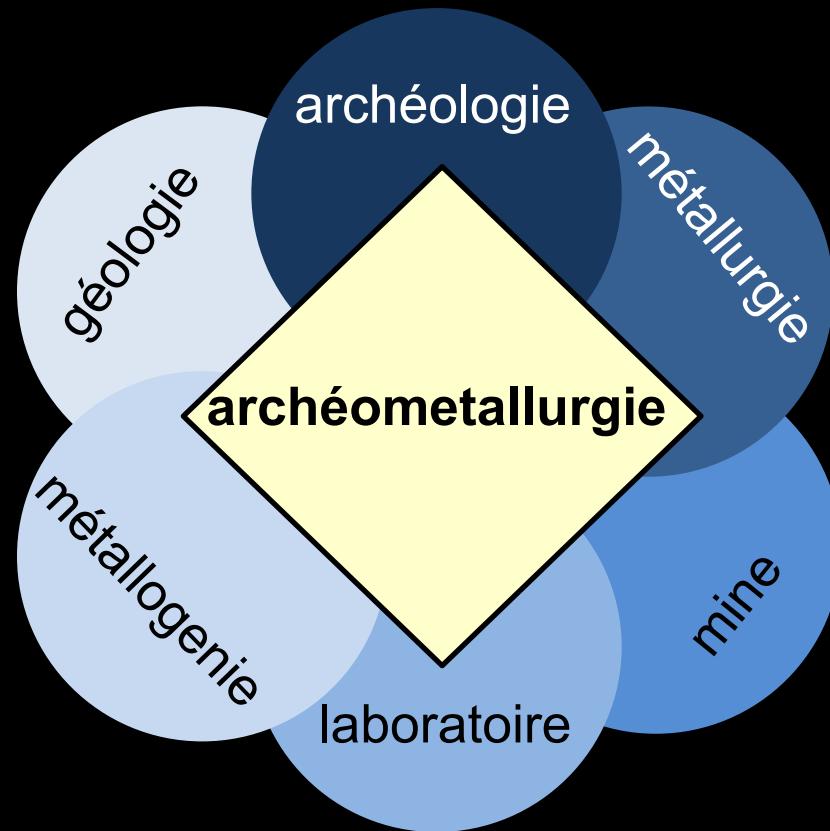
➔ Défendre le patrimoine & relancer l'économie de l'Inchiri

- Promouvoir la défense de l'héritage culturel
- Congrès international à Akjoujt en 2019
- Etablir un musée régional à Akjoujt
- Relancer le tourisme culturel dans l'Inchiri



Démarche de recherche

Recherches interdisciplinaires



Réseau scientifique et culturel Franco-Mauritanian

Office National des Musées
de Mauritanie



M.C.M.
Mauritanian Copper Mines S.A.



FIRST QUANTUM
MINERALS LTD.



commune
d'Akjoujt



Projet franco-mauritanien

CUivre : PRoduction et
Usages à l'Holocène en
Mauritanie

CUPRUM



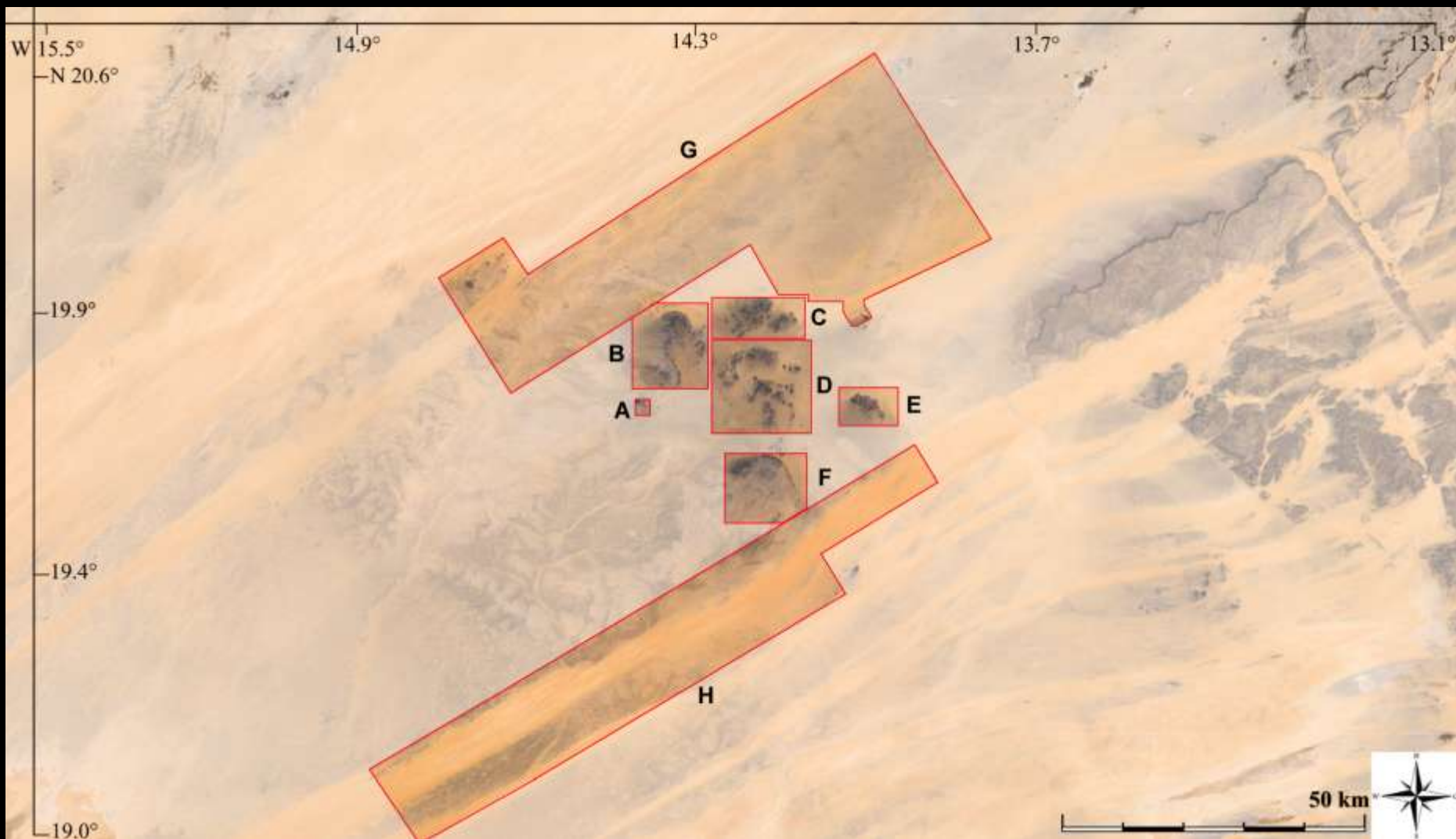
Ambassade de France
à Nouakchott



Ministère de la Culture et de
l'artisanat

Résultats de
la 1^{ère} campagne
(Août-Septembre 2016)

Zones prospectées



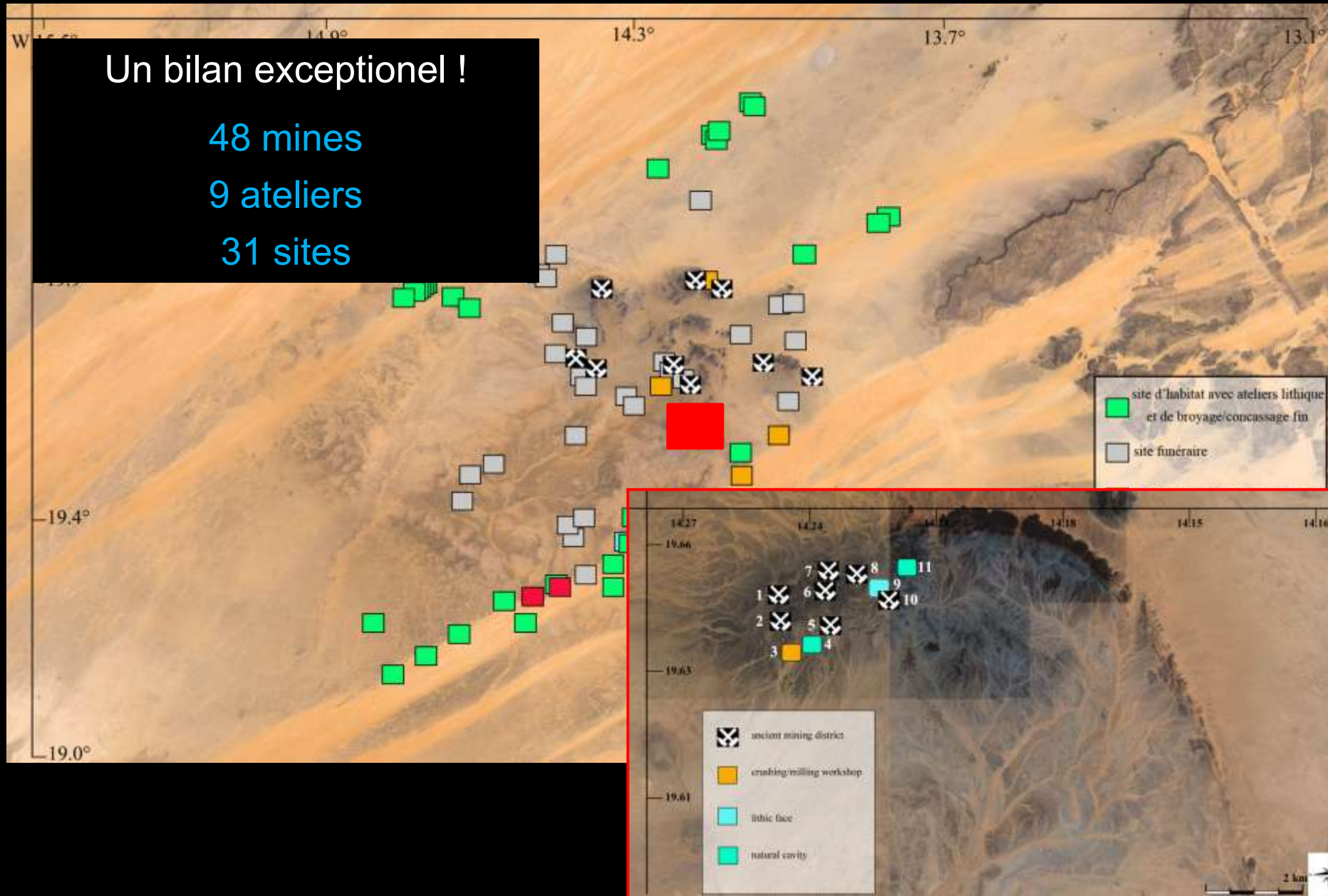
Les mines et les sites préhistoriques découverts

Un bilan exceptionnel !

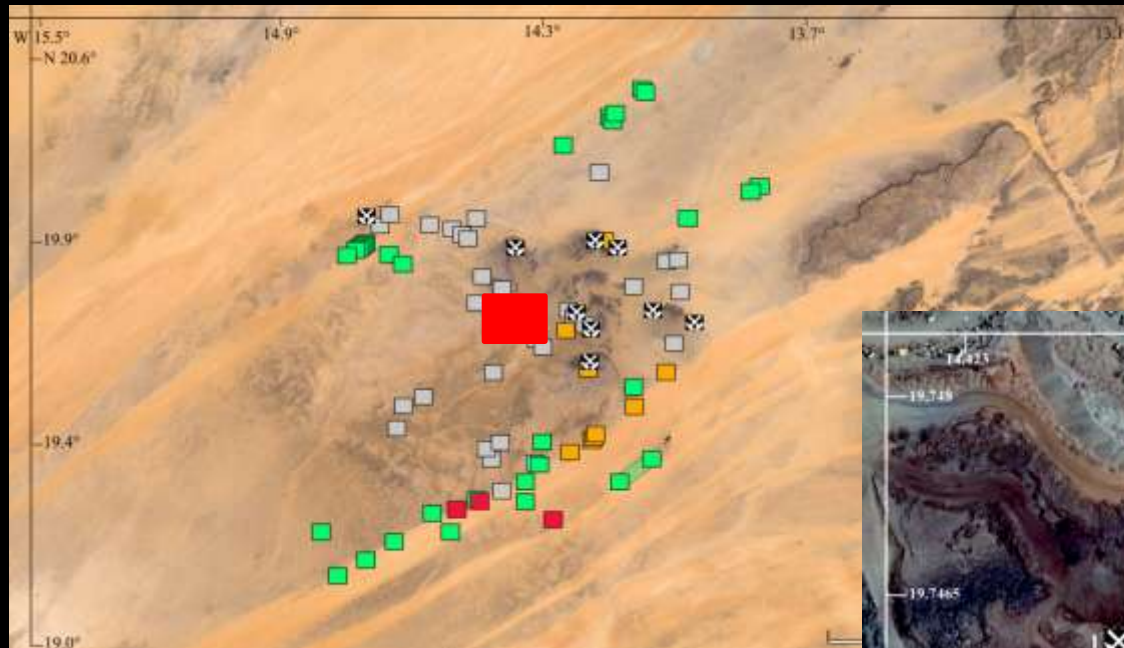
48 mines

9 ateliers

31 sites



Exemple de mine préhistorique : le Guelb Moghreïn oriental



16 mines anciennes
découvertes !



Découvertes au niveau du versant nord-est



a)



b)



d)



c)



f)

Découvertes au niveau du versant nord-est

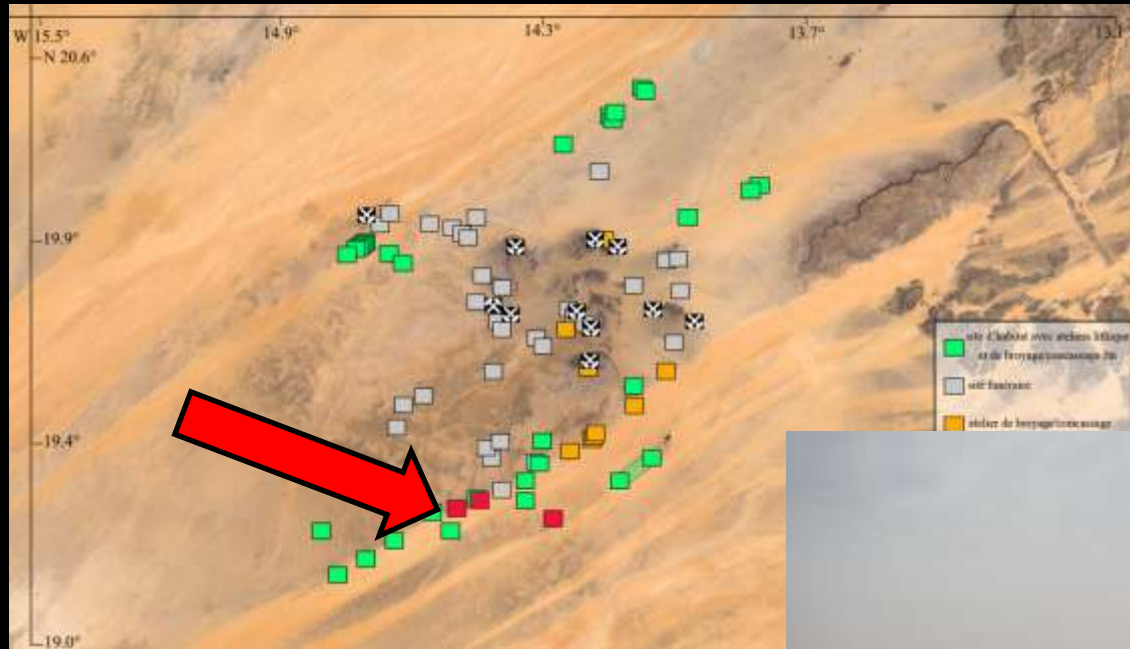


a)

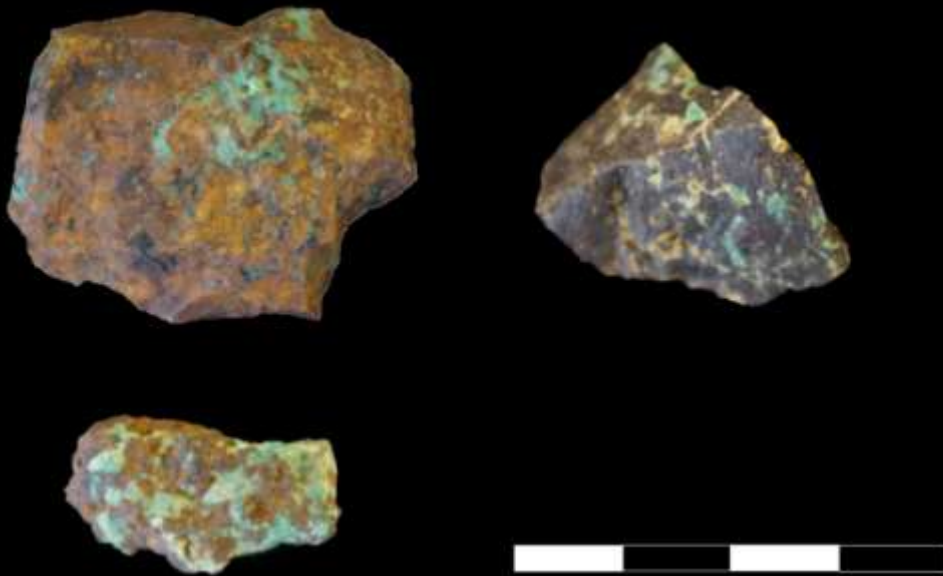
b)

c)

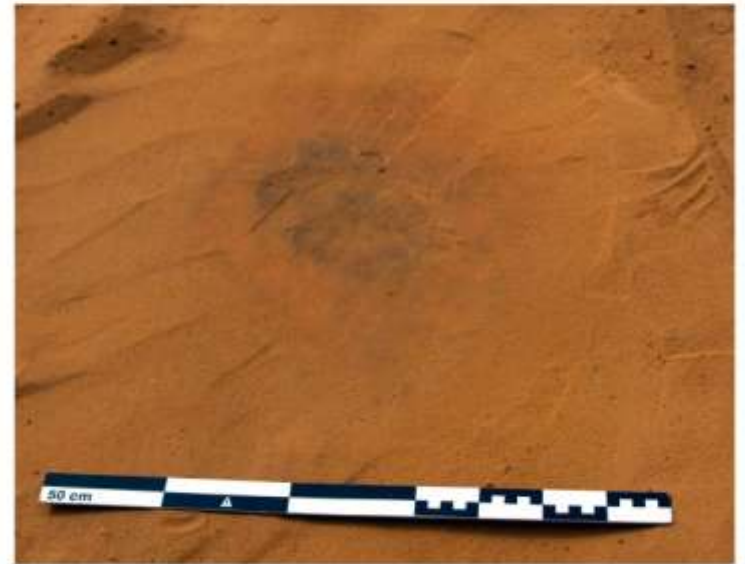
site métallurgique : Lemdena



Des indices d'une métallurgie ancienne



a)



b)

Des indices d'une métallurgie ancienne



Des indices d'une métallurgie ancienne



2^{ème} campagne :
objectifs et démarche

Aire de recherche



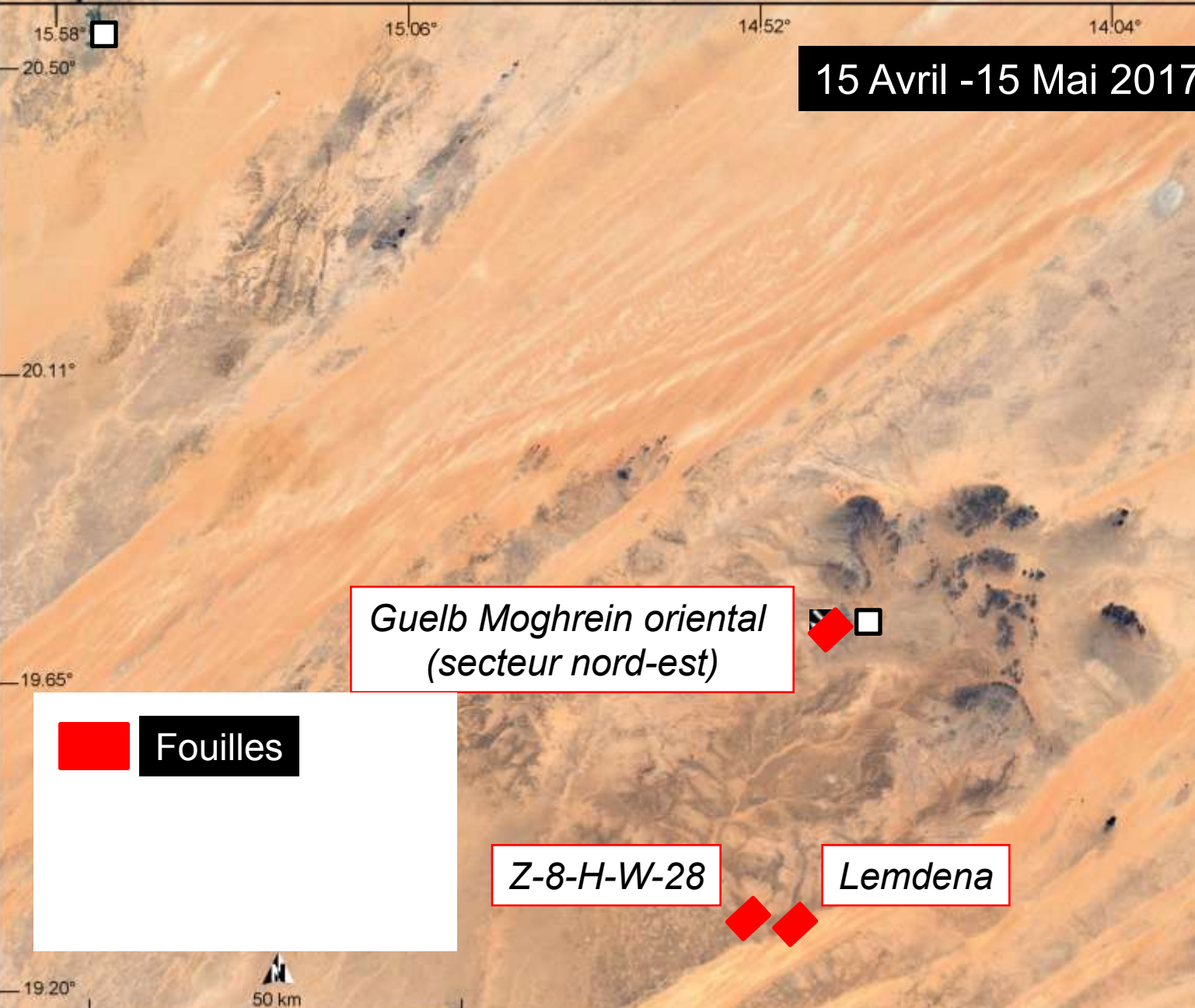
15 Avril -15 Mai 2017

Guelb Moghrein oriental
(secteur nord-est)

 Fouilles

Z-8-H-W-28

Lemdena



15.58°

15.06°

14.52°

14.04°

20.50°

15 Avril -15 Mai 2017

20.11°

*Irarchène
"Saint Barbe"*

*Guelb Moghrein oriental
(secteur nord-est)*

19.65°



Fouilles



Etudes détaillées

Z-8-H-W-28

Z-8-H-W-8

19.20°

50 km

Lemdena

15.58°

15.06°

14.52°

14.04°




20.50°

16 Mai -16 Juin 2017

20.11°

19.65°

19.20°

	Fouilles
	Etudes détaillées
	Prospections



A k c h a r

Khatt Inchiri es Sahli
Khatt Chouël
Khatt Kleijat
Khatt er ragg el Abeid



Projet franco-Mauritanien

CUPRUM

CUivre : PRoduction et
Usages à l'Holocène en
Mauritanie

L'équipe 2017



Sidi Mohamed Ould Ethmane
(IMRFP)

Etudiant



Teyib Bellah Hamoud (Université de Nouakchott)

Etudiant



Université de Nouakchott



جامعة نواكشوط

Mohamed ould Abd Dayem (Université de Nouakchott)

Etudiant



Université de Nouakchott



جامعة نواكشوط

Ibrahim Cheikh (Université de Nouakchott)

Etudiant



Université de Nouakchott



جامعة نواكشوط



Abdallahi Malek
(Université de Nouakchott)

Etudiant

Université de Nouakchott



جامعة نواكشوط



Youssef Dedi
(IMRFP)

Technicien





Angela Celauro
(Université de Rome

-

**Deutsches
Bergbau-Museum)**

Archéomètre

Angela Celauro



Alexander Maass (Univ. Fribourg, DBM)

Archéologue minier
Préhistorien





Peter Coutros
(Univ. Yale)

Archéologue
Céramologue

spécialiste de
l'Afrique de l'Ouest





Danilo Grebenart (CNRS)

Préhistorien
spécialiste de l'Afrique



Four n°1, Afunfun site 175,
massif de l'Aïr, Niger
3^e millénaires av.n.è





**Mohamed Abdoullah
Ould Bagga
(MCM)**

**Développement
ressources**

Géologue



**FIRST QUANTUM
MINERALS LTD.**



M.C.M.

Mauritanian Copper Mines S.A.



Ethmane Dadi Essaid (IMRFP)

Archéologue

Co-Directeur





Antoine Courcier (TRACES, CNRS)

Chef de mission
Co-Directeur



Objectifs

objectifs

Mines

- techniques d'extraction
- activités associée
- datation



Site métallurgique

- organisation spatiale des activités
- étude des procédés métallurgiques
- provenance des matières premières
- datation



objectifs

Mines

- principes d'extraction
- estimer la démarche scientifique
- estimer moyens à deployer



Site métallurgique

- activités métallurgiques
- estimer la démarche scientifique
- estimer moyens à deployer



objectifs

P
R
O
S
P
E
C
T
I
O
N
S

Mines/carrières

- identifier, décrire, géoréférencer
- techniques d'extraction
- dater



Site métallurgique

- identifier, décrire, géoréférencer
- procédés métallurgiques
- dater



objectifs

FORMATION

Principes et techniques de l'archéologie

- formation sur le terrain
- travail de post-fouille
- bilan hebdomadaire



Définir des perspectives d'études

- définir un centre d'intérêt / spécialité
- établir ensemble un sujet de master
- viser l'excellence !



Démarche

Fouilles



Fouilles



Prospections



Résultats préliminaires

des mines à la production d'objet en cuivre

Mines



Mines



Mines



Cabrières/F



Chuquicamata/CL



Mitterberg/AU

Abattage au maillet



Mines



Abattage au feu



Mines



Mines



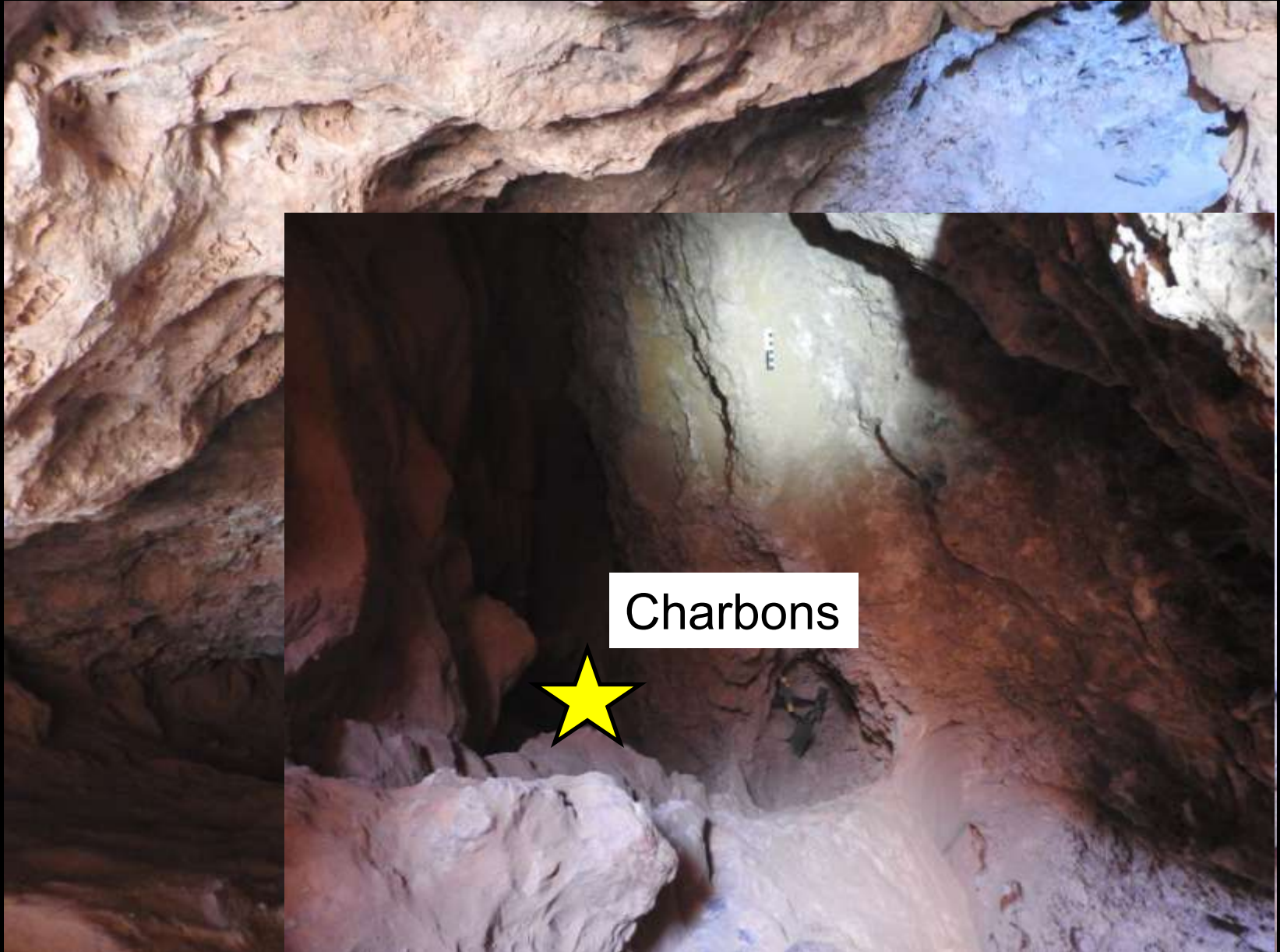
Z-1-M-12-A



Z-1-M-12-A

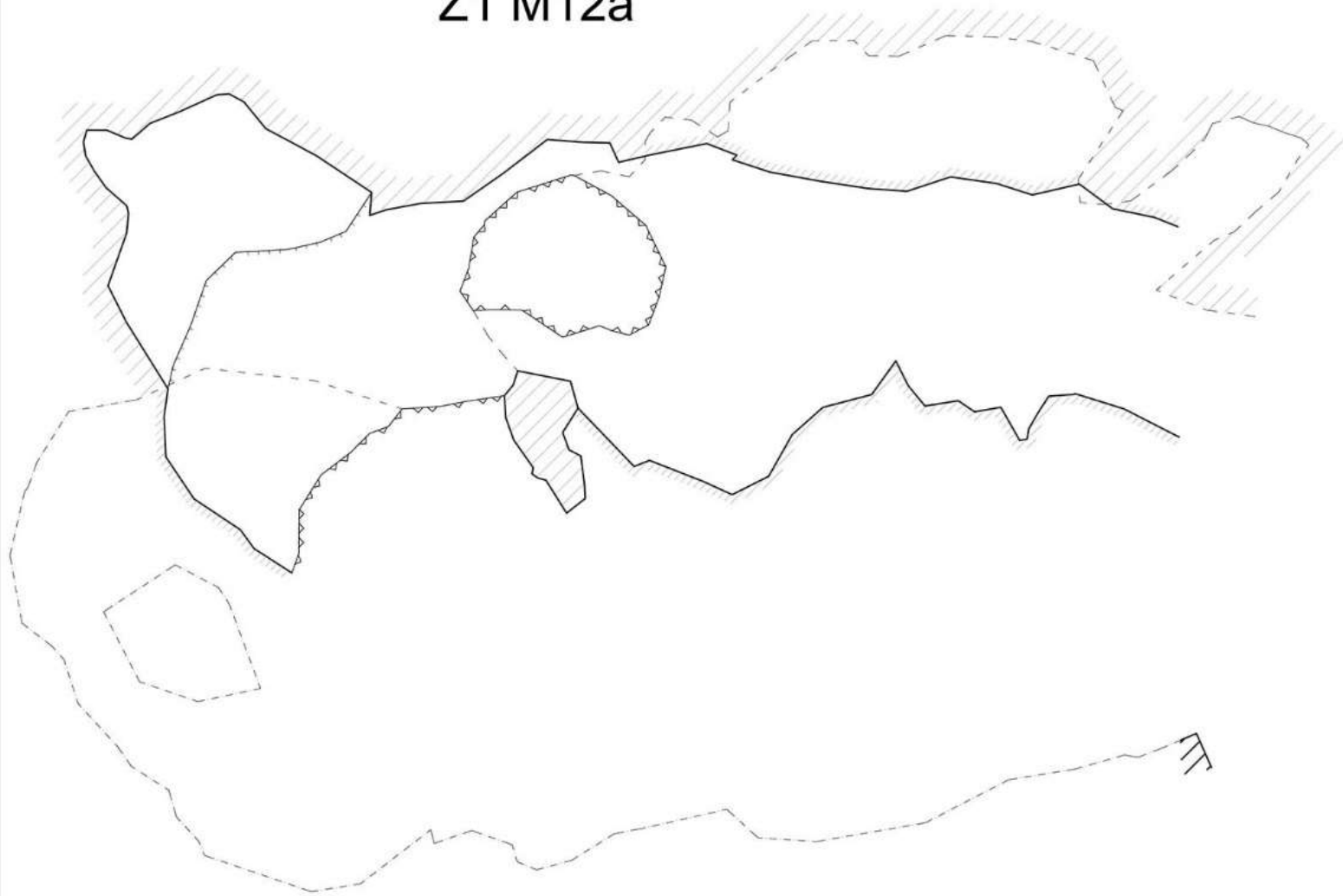


Z-1-M-12-A



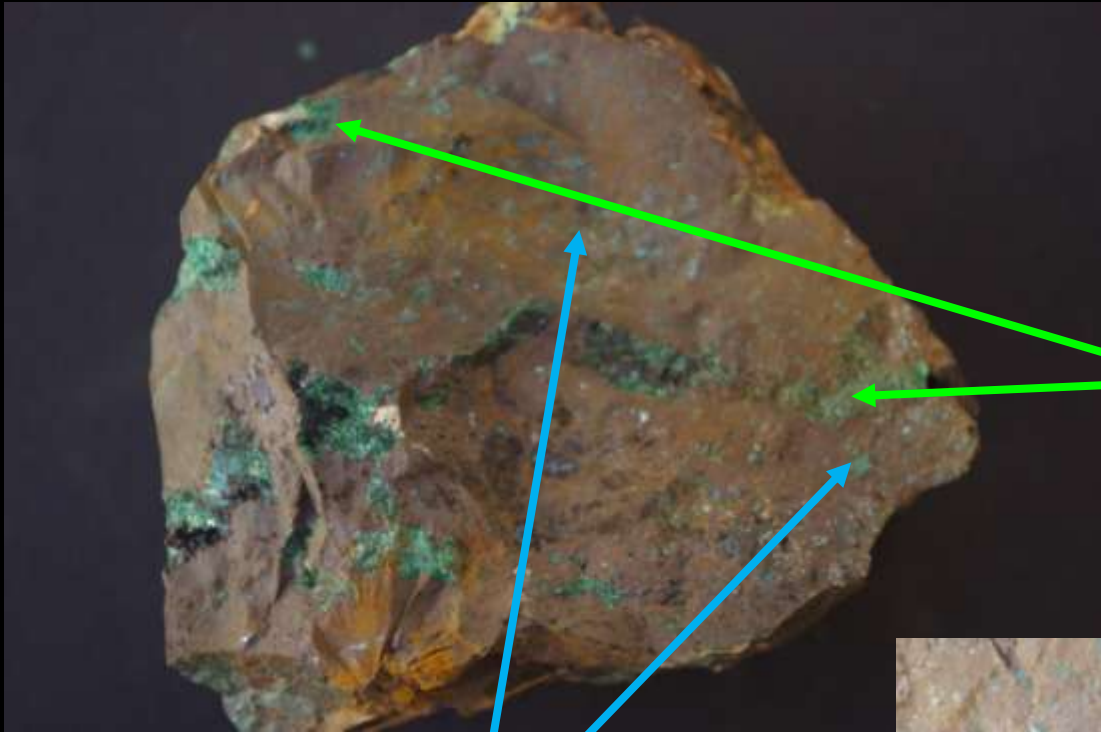
Charbons

Z1 M12a



0

5 m
Maass, 2017



Malachite
 $\text{Cu}_2\text{Co}_3(\text{OH})_2$



Chrysocolle
 $(\text{Cu}_{2-x}\text{Al}_x)\text{H}_{2-x}\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$



Charbons



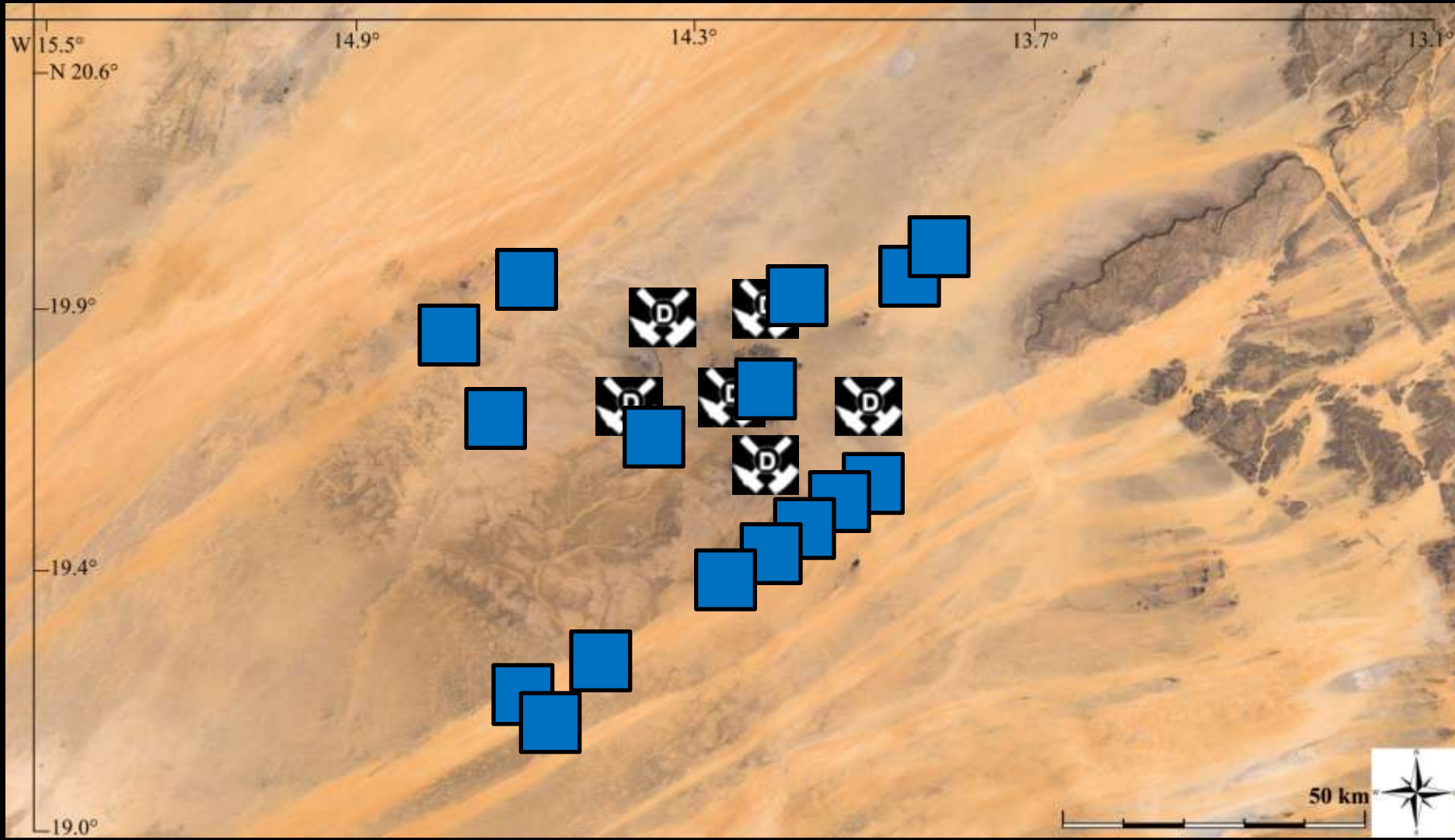
Z-1-M-12-C



Hématite
 Fe_2O_3



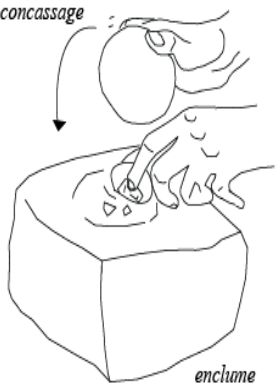
camps de concassage/broyage



camps de concassage/broyage



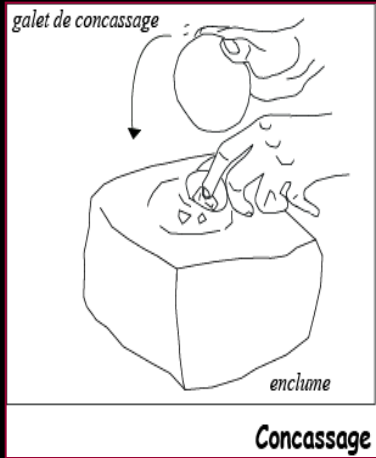
gallet de concassage



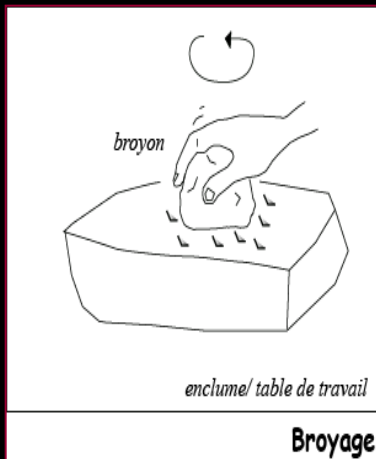
enchane

Concassage



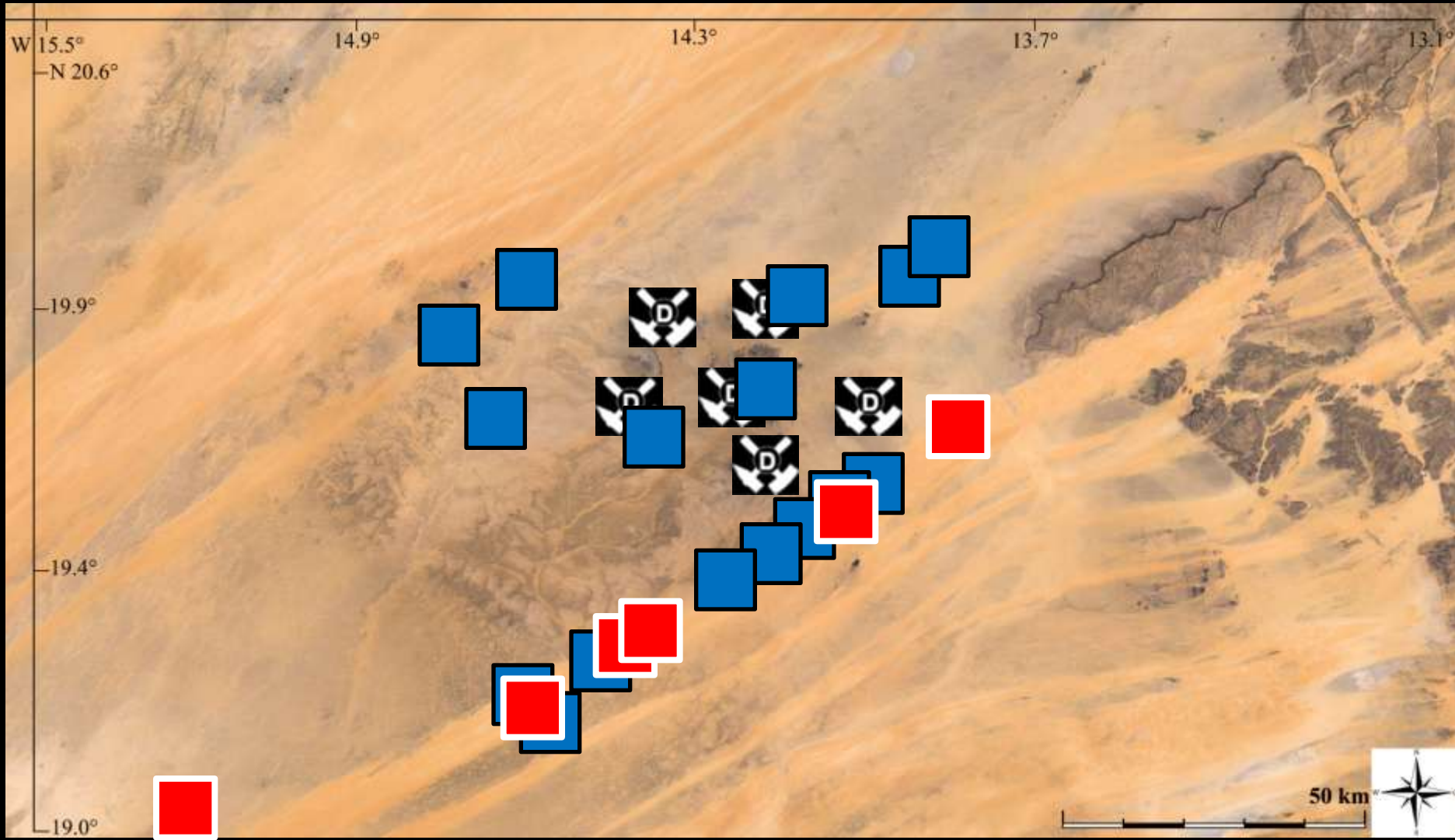


Réduction de la quantité de stérile / minerais



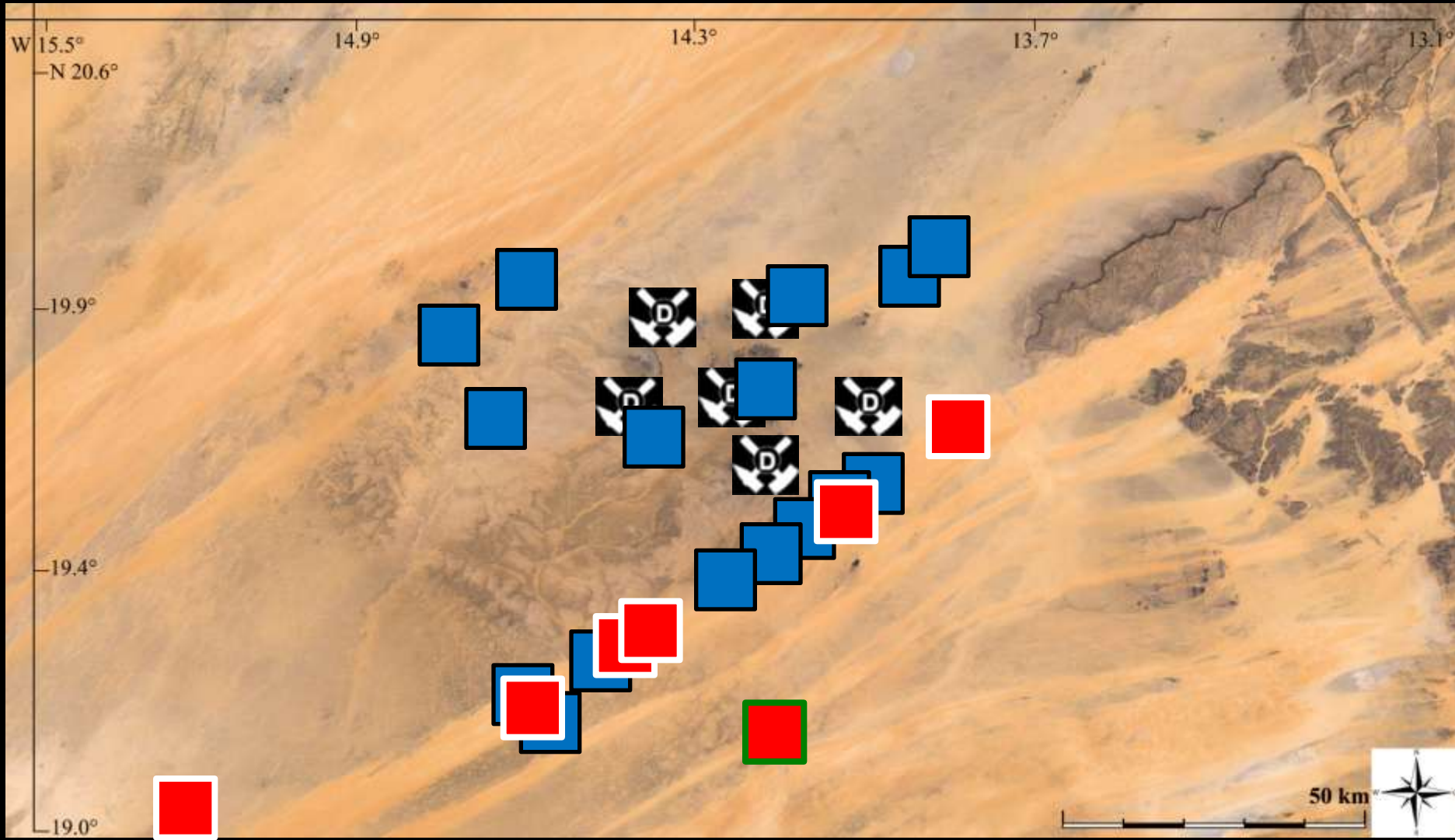
camps métallurgiques

connus



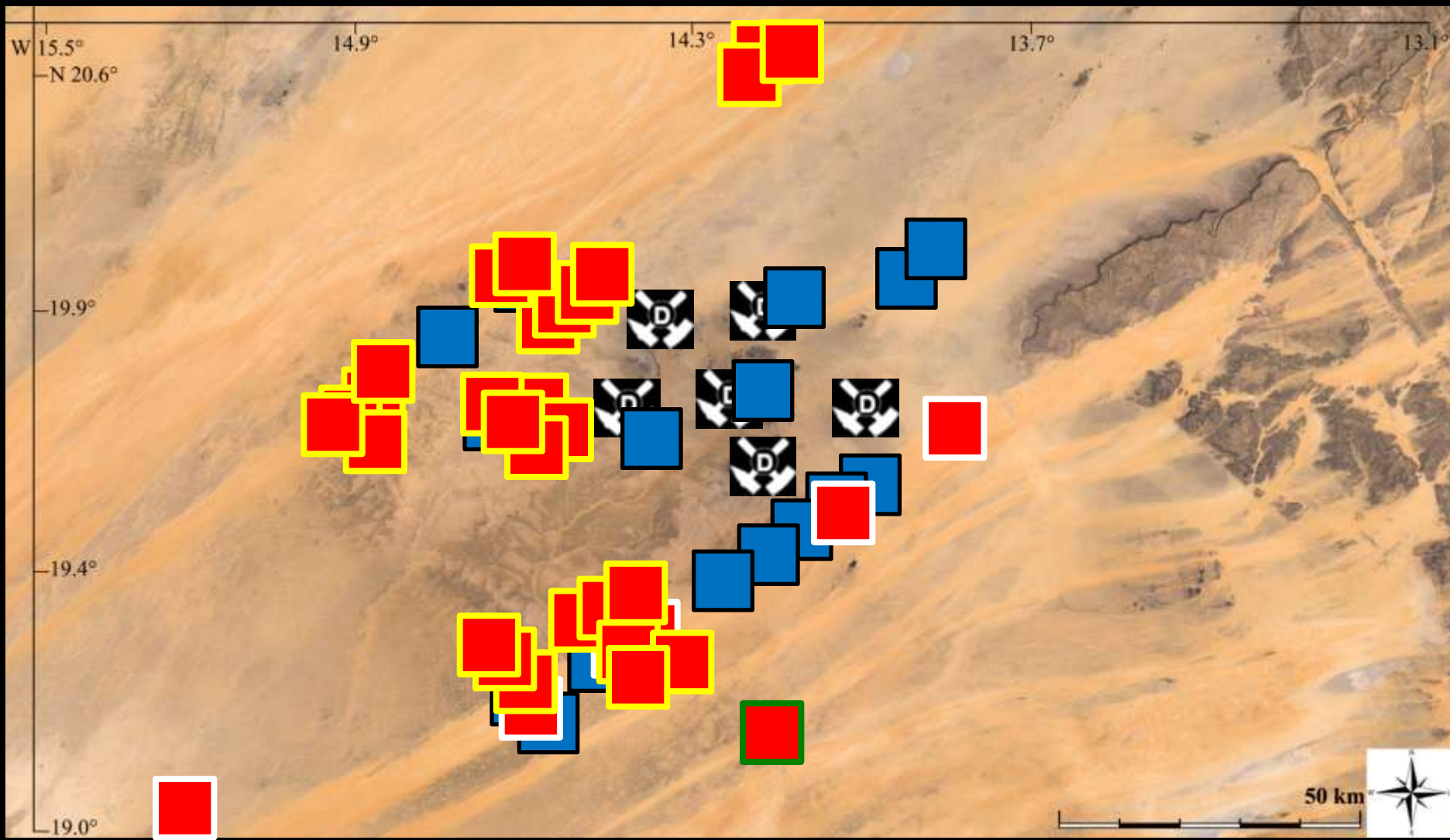
camps métallurgiques

découvert en 2016



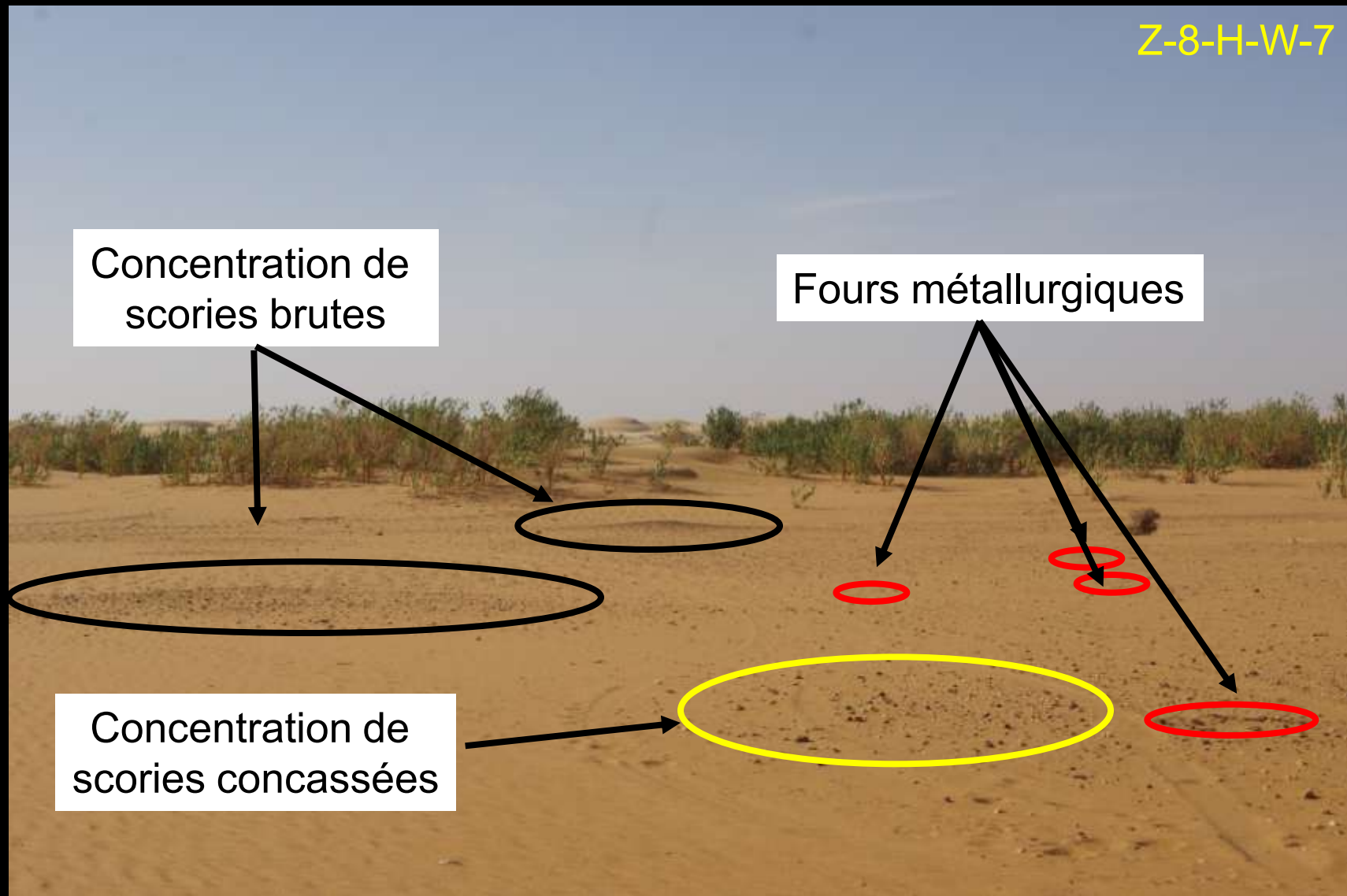
camps métallurgiques

découverts en 2017



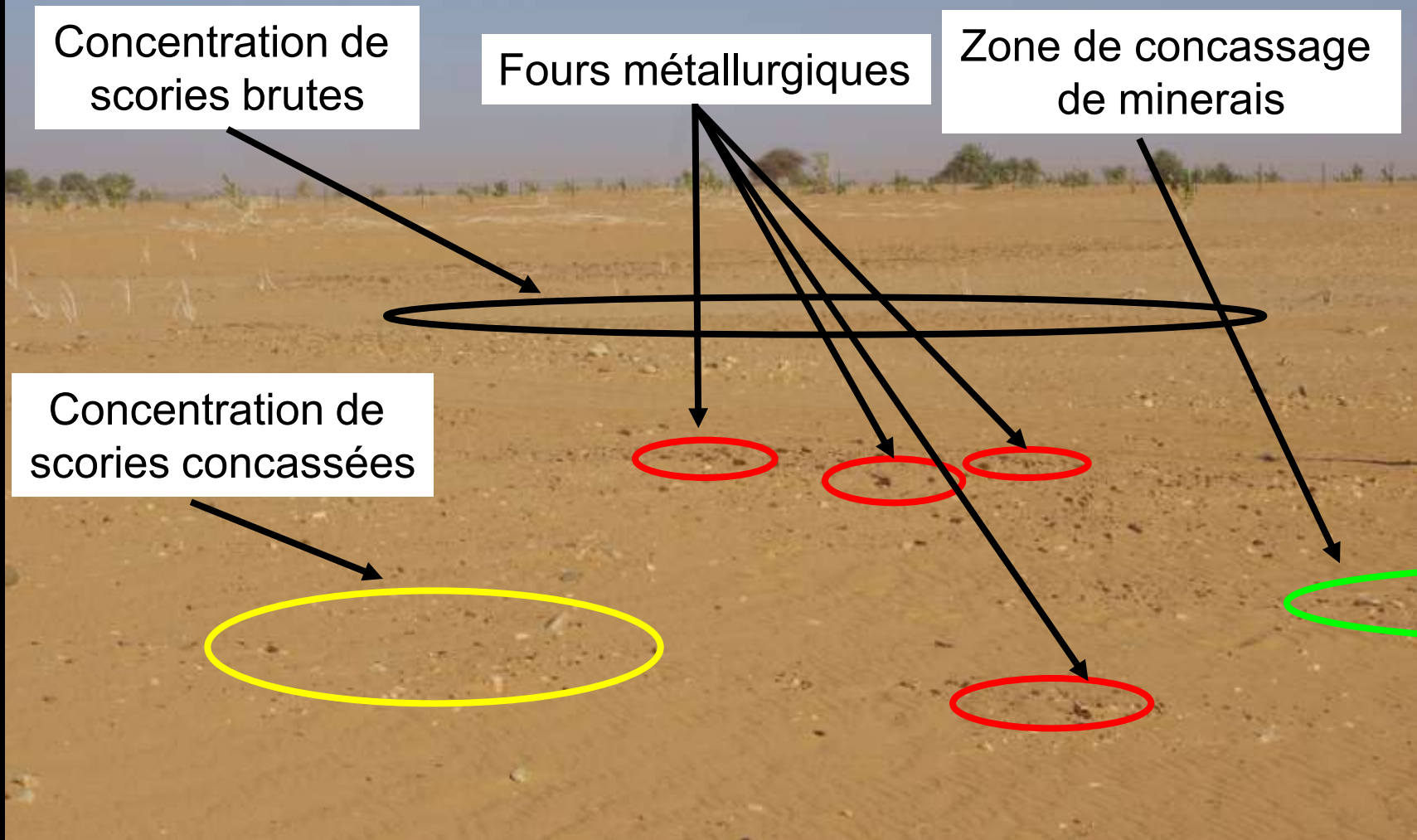
camps métallurgiques

Z-8-H-W-7



camps métallurgiques

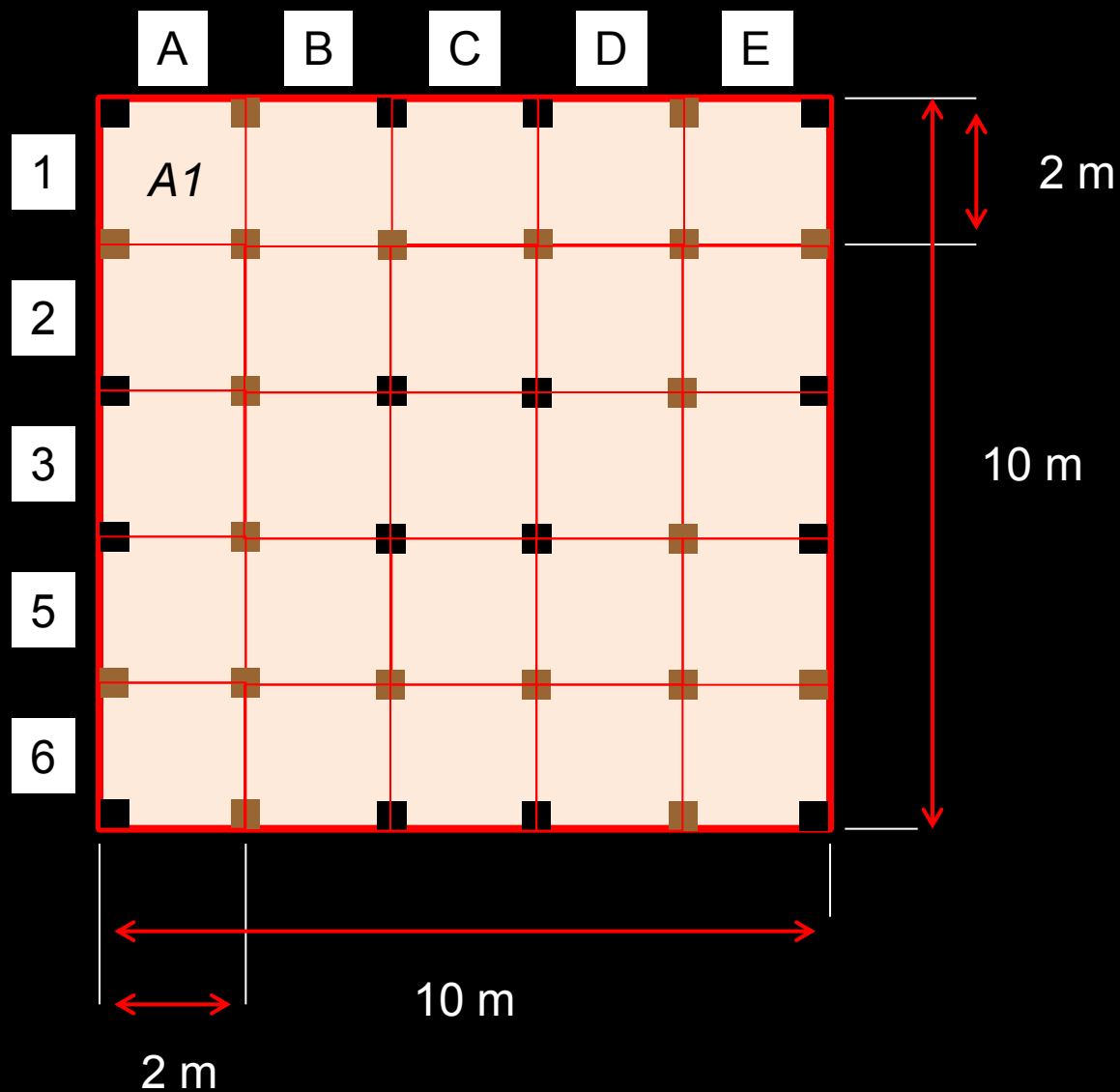
Z-8-H-W-28



camps métallurgiques

fouilles

Site : Lemdena
secteur : Ldn-1
collecte matériel
dans chaque carré
Plan de densité



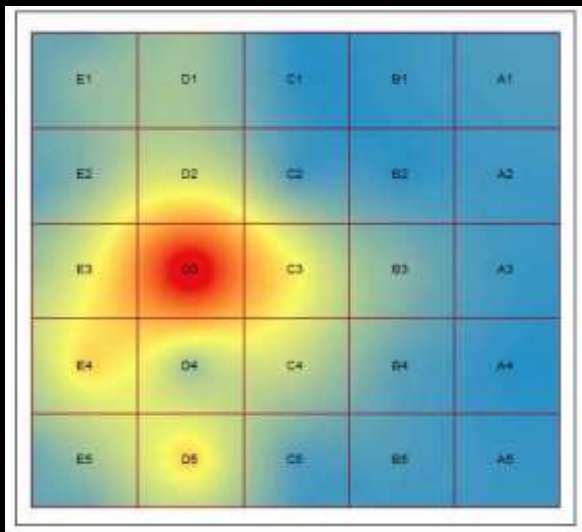
TOTAUX		
	Z-8-H-W-28	Z-8-H-W-7
tessons	1041	609
scories	957	509
minerais	147	179
éléments de four	828	154
objets métal	1	0
éclats de taille	0	0
macrolithique	6	15
os (esquilles)	168	117
charbon	46	11
œuf d'autruche	3	2
bille de métal	194	140
fragment de creuset	24	35
objets semi-finis	2	2
perles	5	0
coquillages	1	0
cendre	50	0
bille en pierre	2	0
microlithique	15	0

TOTAUX		
	Z-8-H-W-28	Z-8-H-W-7
tessons	1041	609
scories	957	509
minerais	147	179
éléments de four	828	154
objets métal	1	0
éclats de taille	0	0
macrolithique	6	15
os (esquilles)	168	117
charbon	46	11
œuf d'autruche	3	2
bille de métal	194	140
fragment de creuset	24	35
objets semi-finis	2	2
perles	5	0
coquillages	1	0
cendre	50	0
bille en pierre	2	0
microlithique	15	0

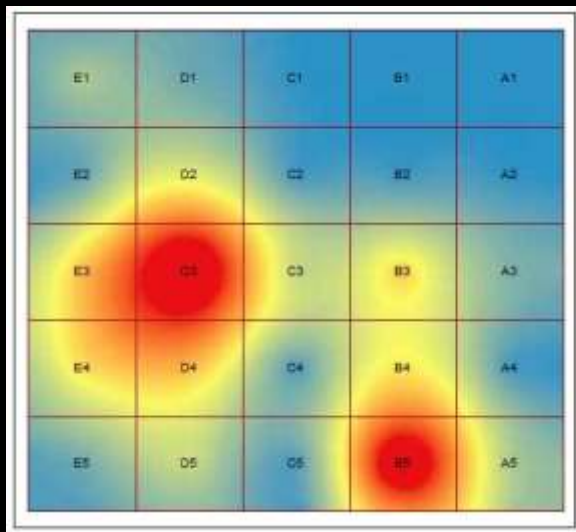
camps métallurgiques

fouilles

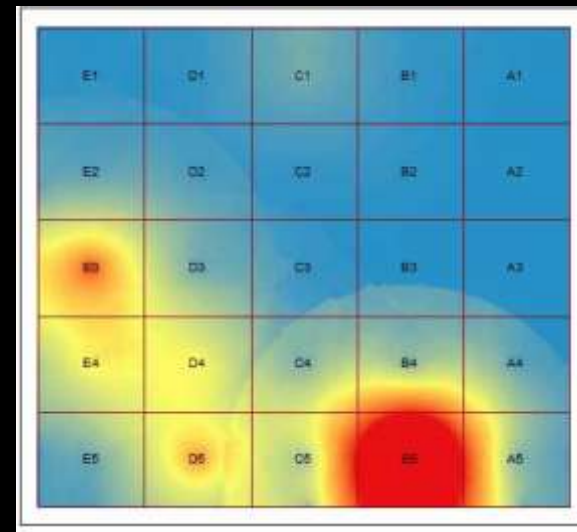
minerais



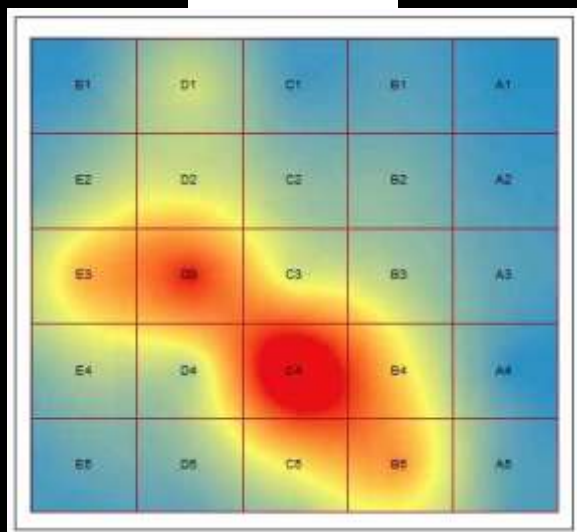
fours



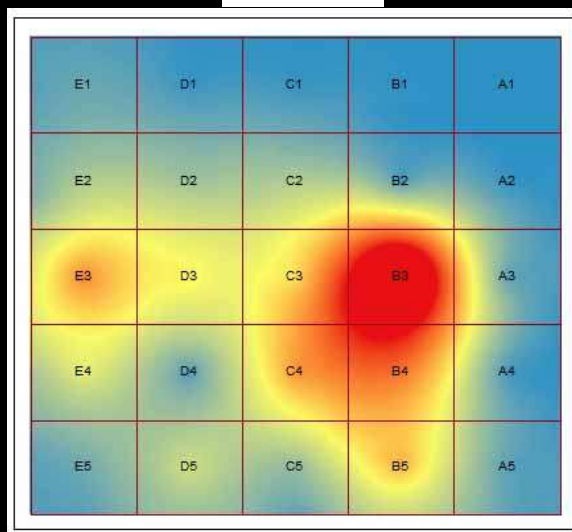
creusets



scories

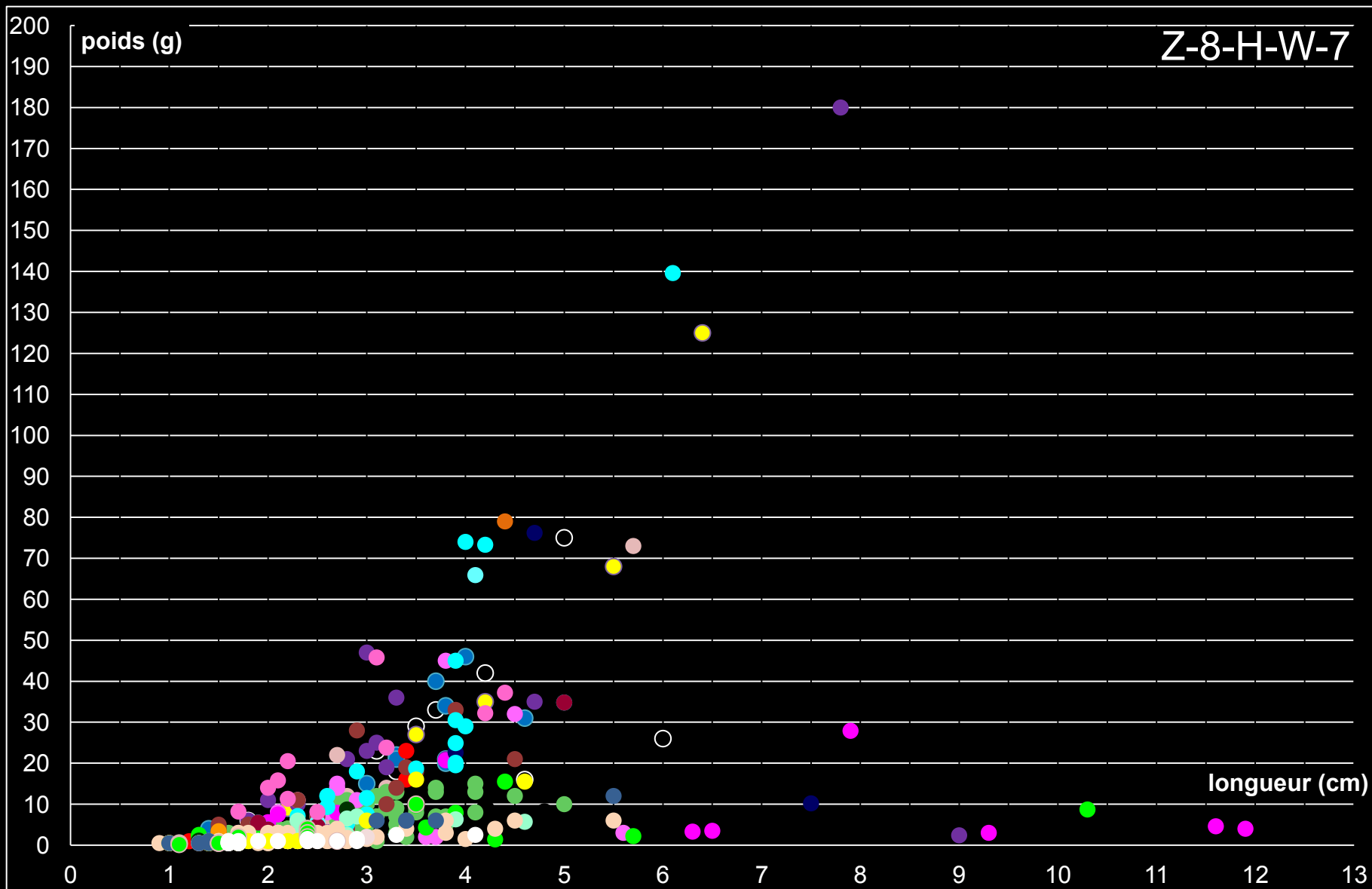


billes



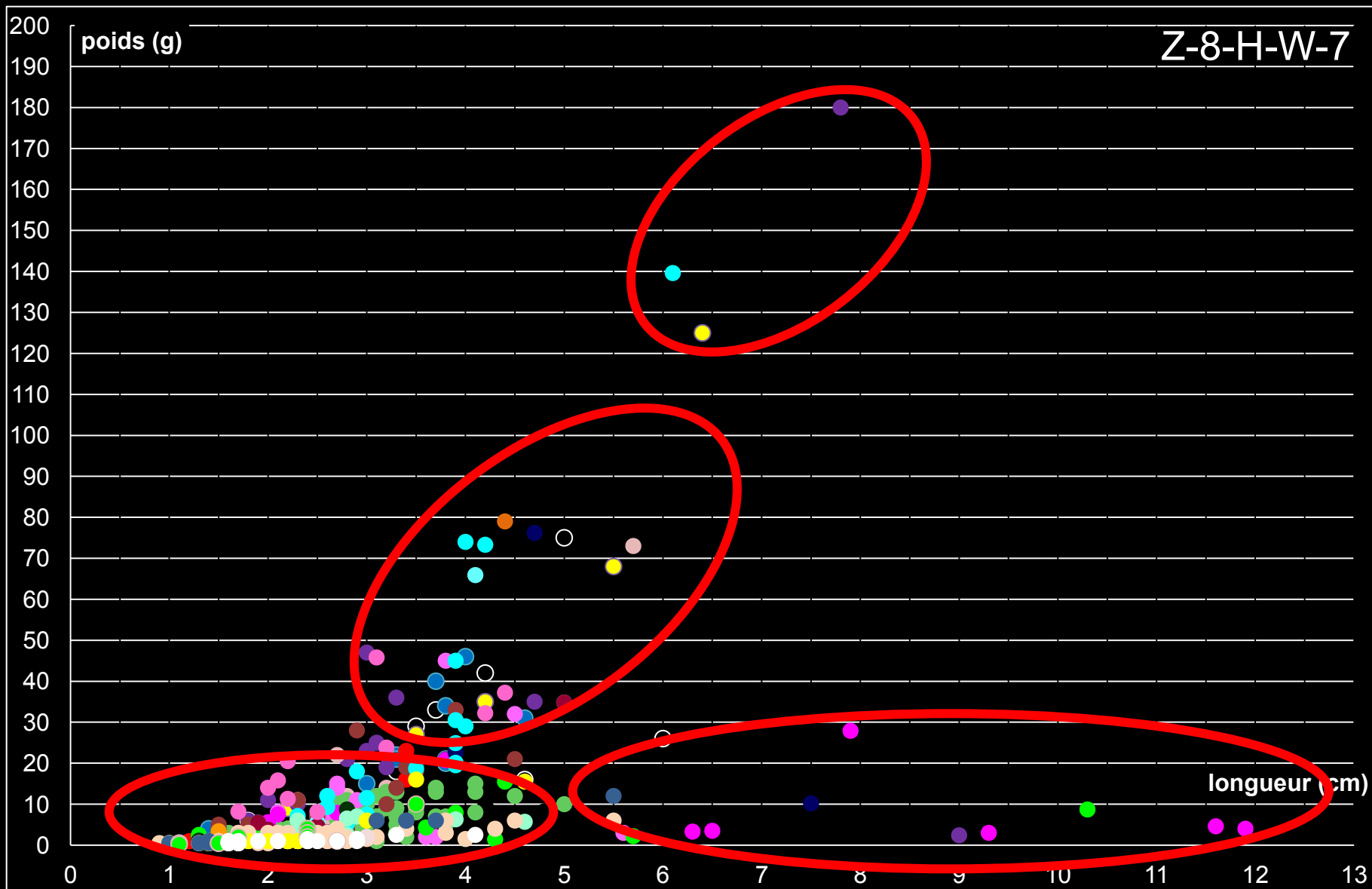
camps métallurgiques

Scories : ratio poids/longueur



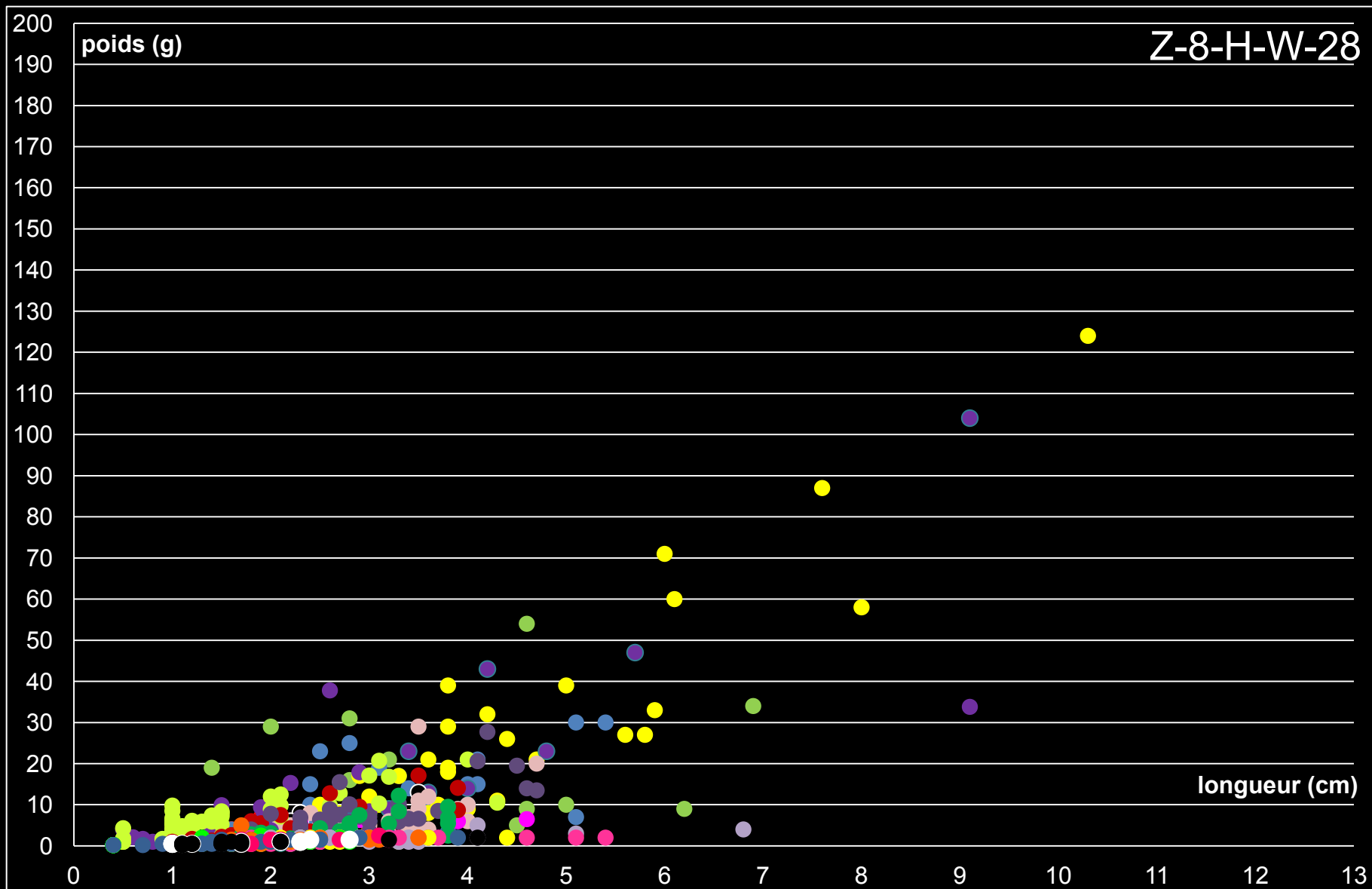
camps métallurgiques

Scories : ratio poids/longueur



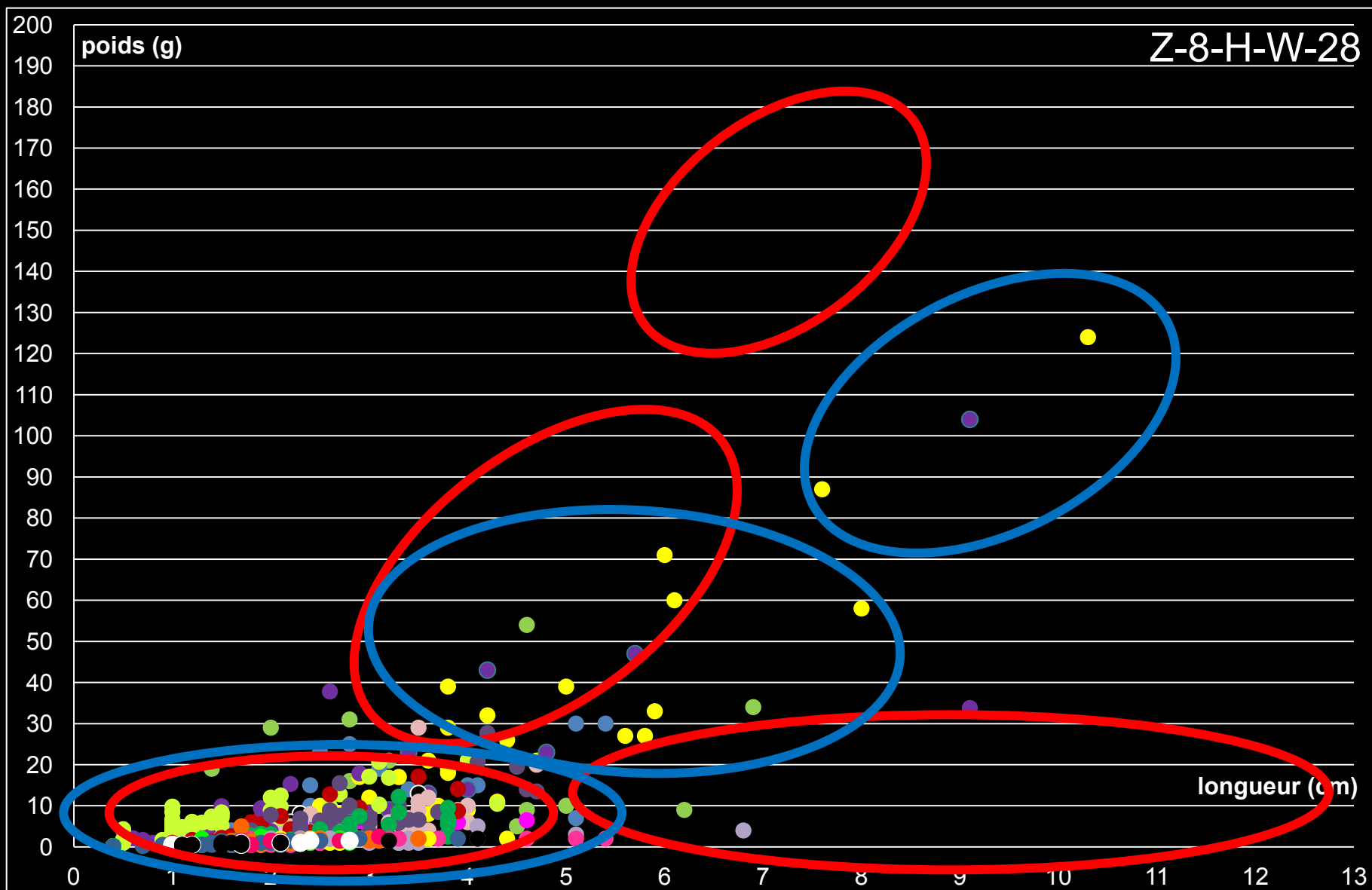
camps métallurgiques

Scories : ratio poids/longueur



camps métallurgiques

Scories : ratio poids/longueur



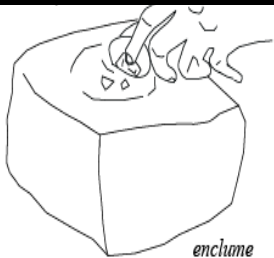
camps métallurgiques

minerais



gallet de concassage

camps métallurgiques



enclume

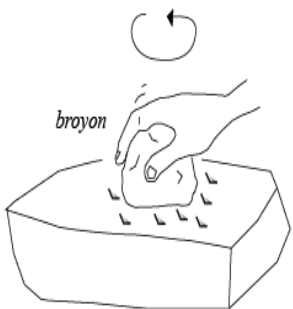
Concassage



broyage fin



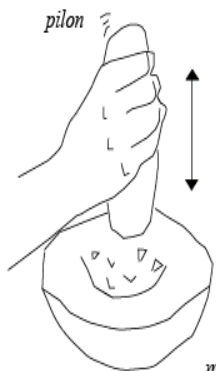
19 10 40



brayon

enclume/ table de travail

Broyage



pilon

mortier

Pilage

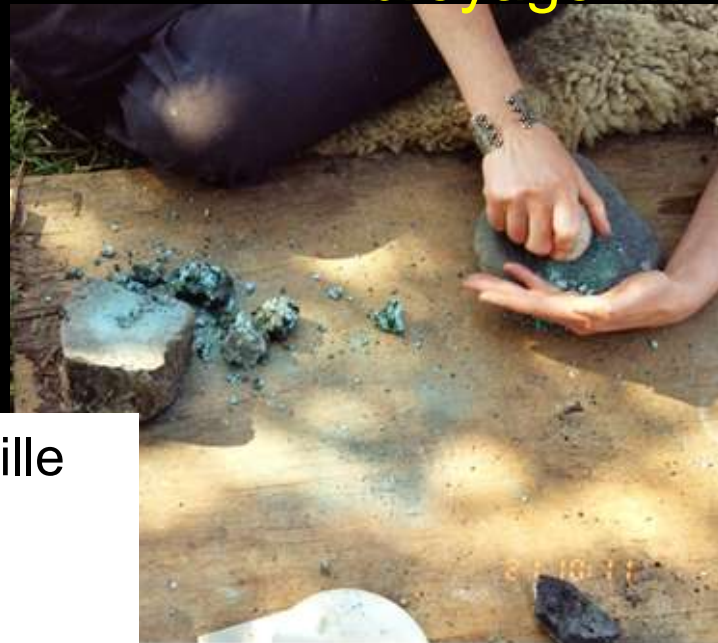


19 10 40

camps métallurgiques



broyage fin



Réduction de la maille

Broyage très fin

Obtention poudre minerais



camps métallurgiques

enrichissement



camps métallurgiques

enrichissement

MATIÈRE PREMIÈRE

poudre de minerais



ENRICHISSEMENT
par densité

STÉRILE

encaissant



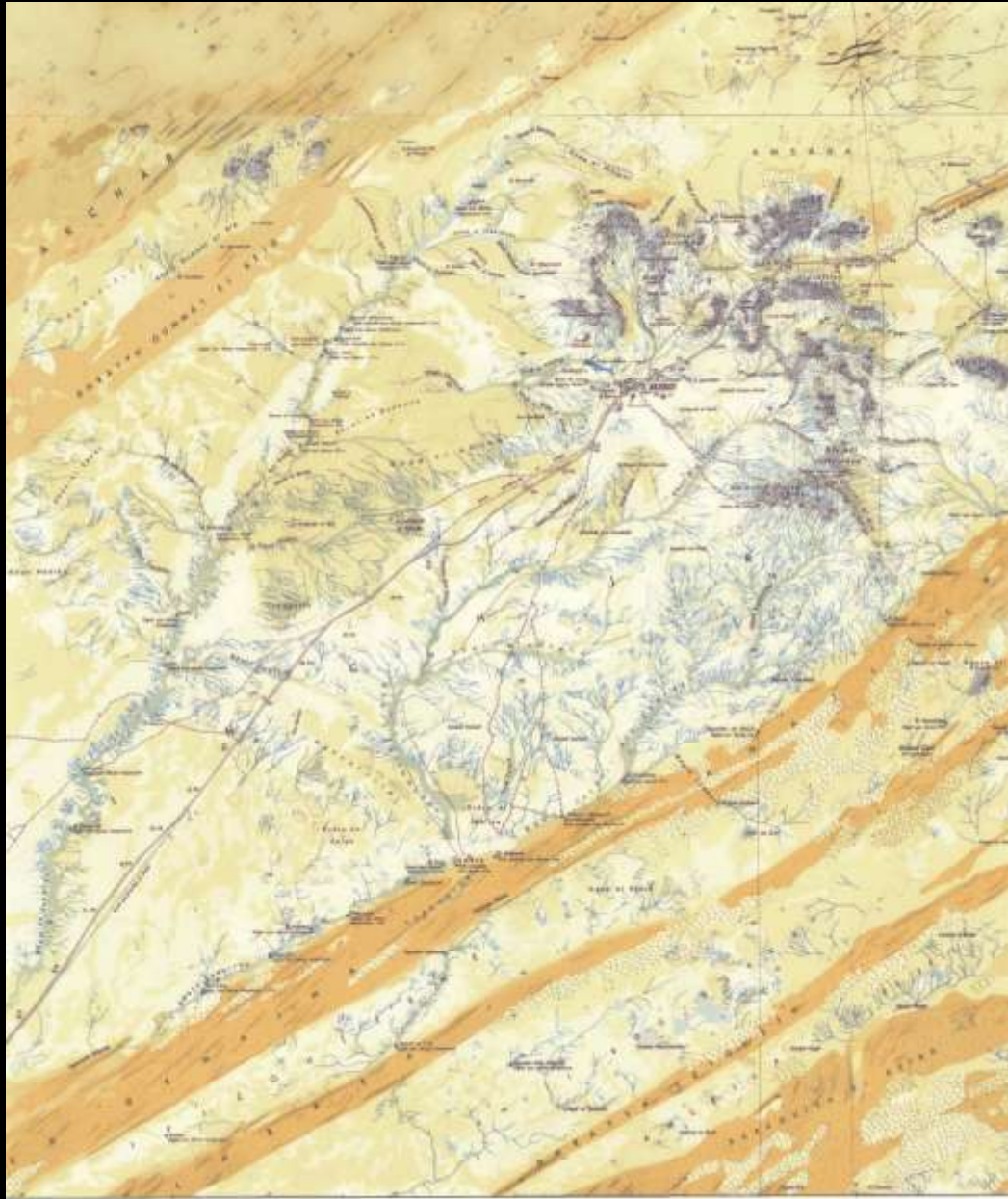
CONCENTRÉ

minerais enrichi



camps métallurgiques

enrichissement



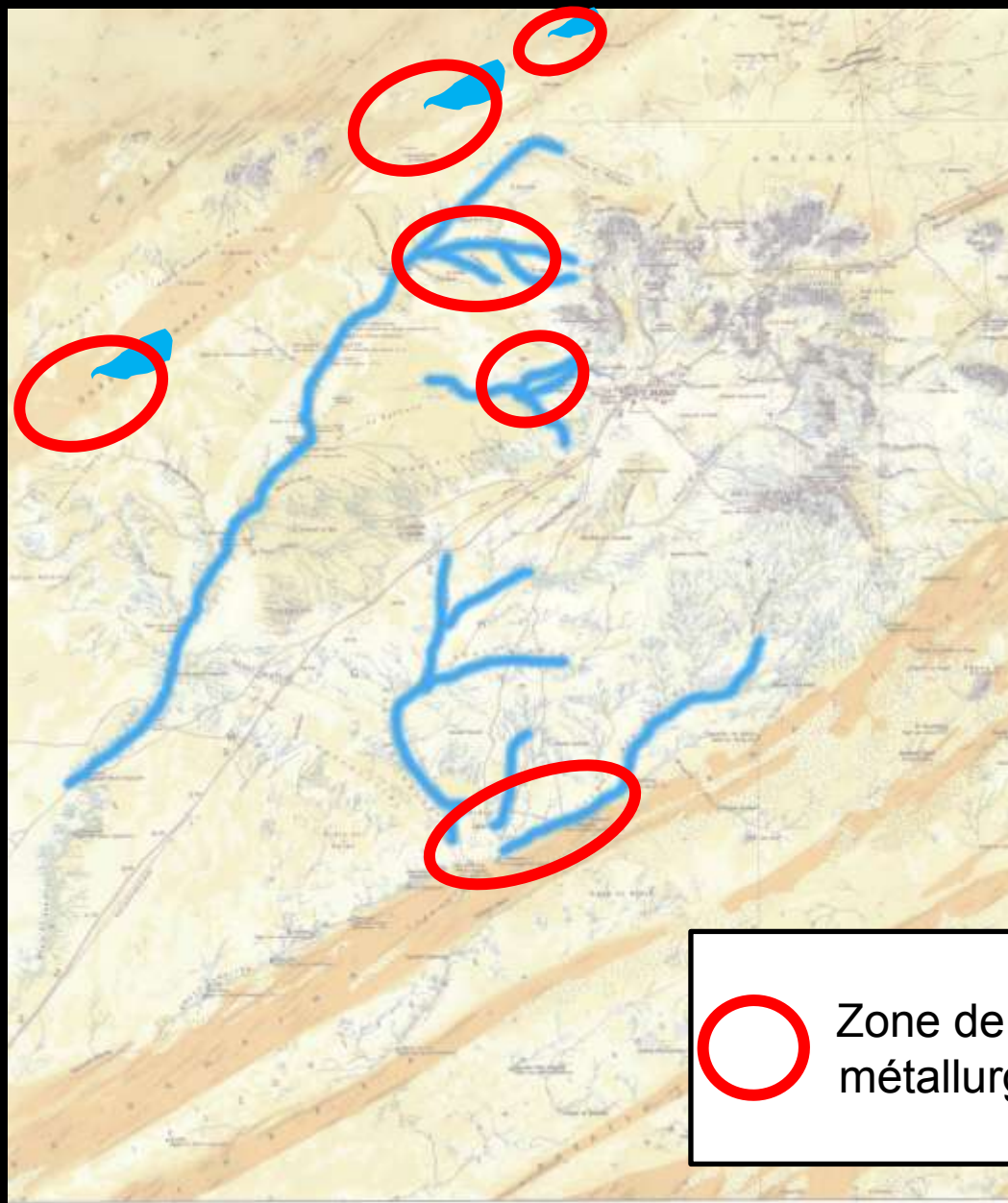
camps métallurgiques

enrichissement



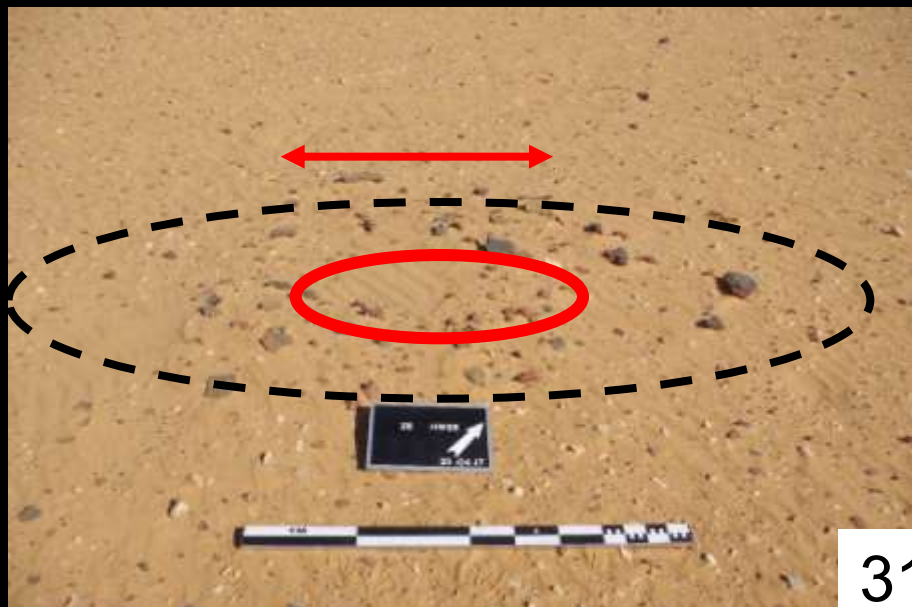
camps métallurgiques

enrichissement

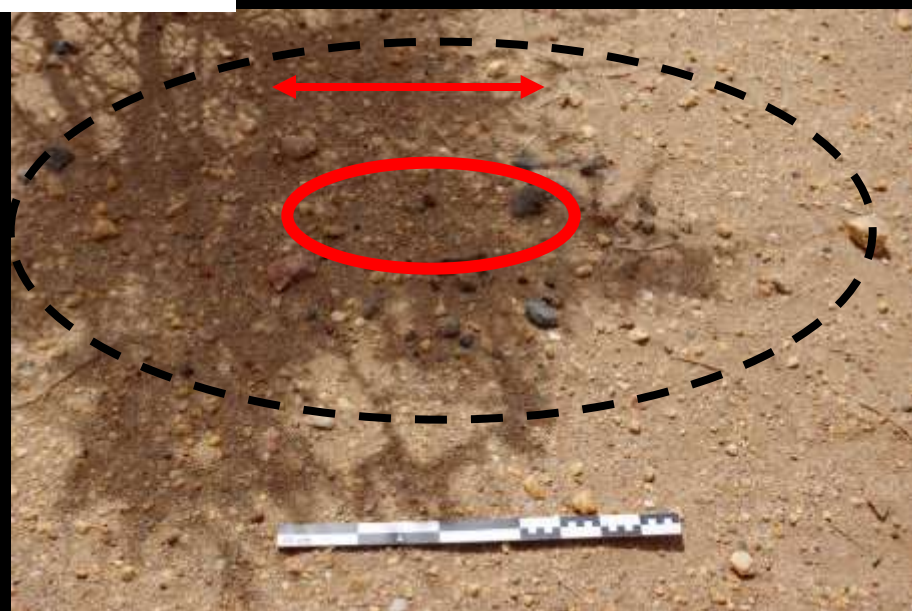


camps métallurgiques

structures pyrométallurgiques

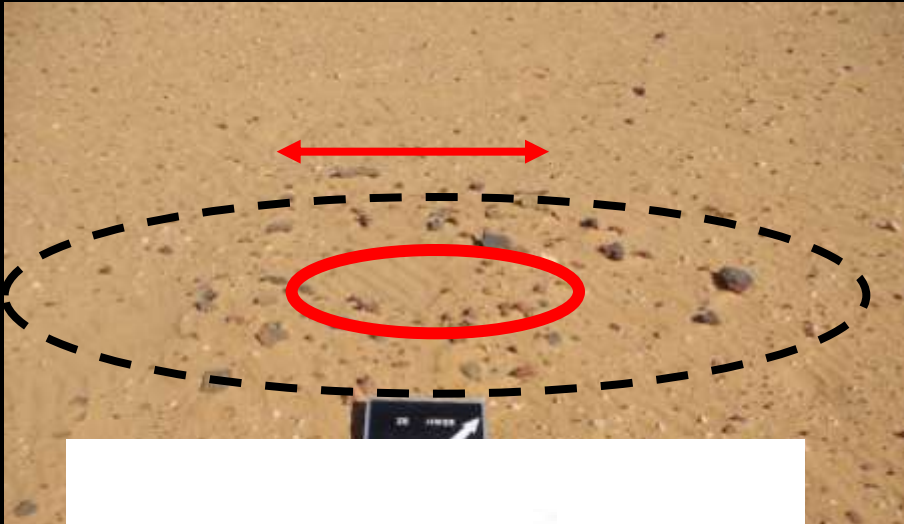


31 - 42 cm

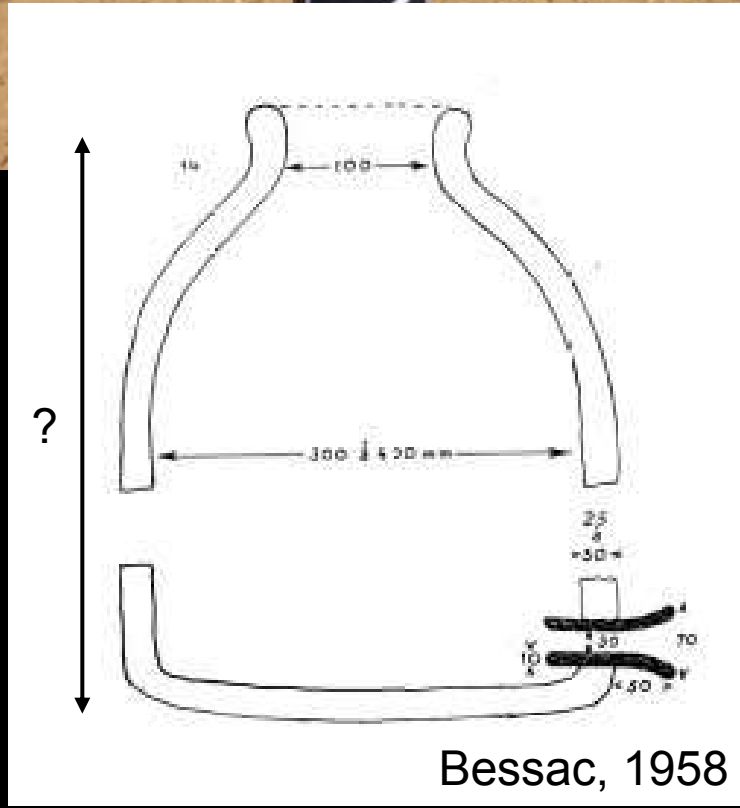


camps métallurgiques

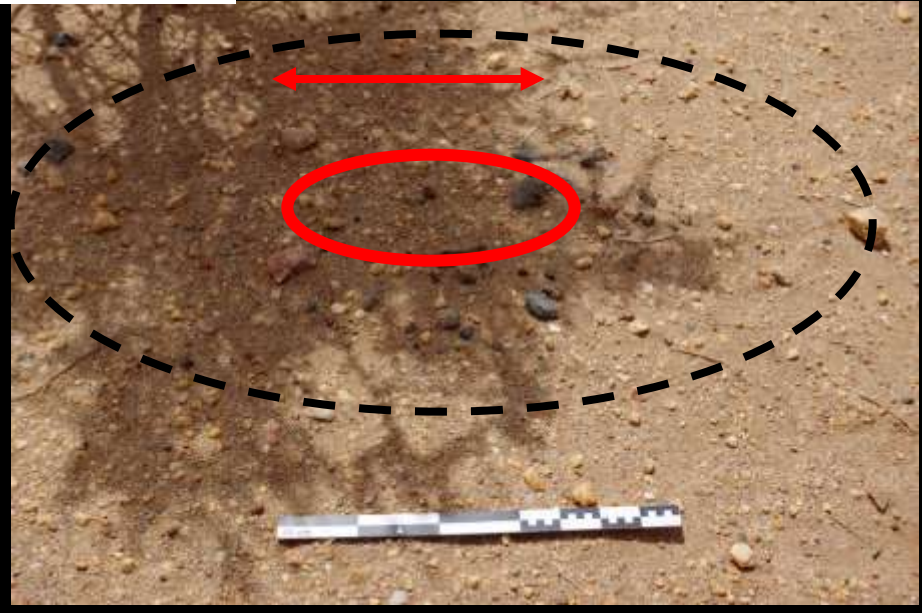
structures pyrométallurgiques



31 - 42 cm



Bessac, 1958



camps métallurgiques

structures pyrométallurgiques

Z-7-H-W-27

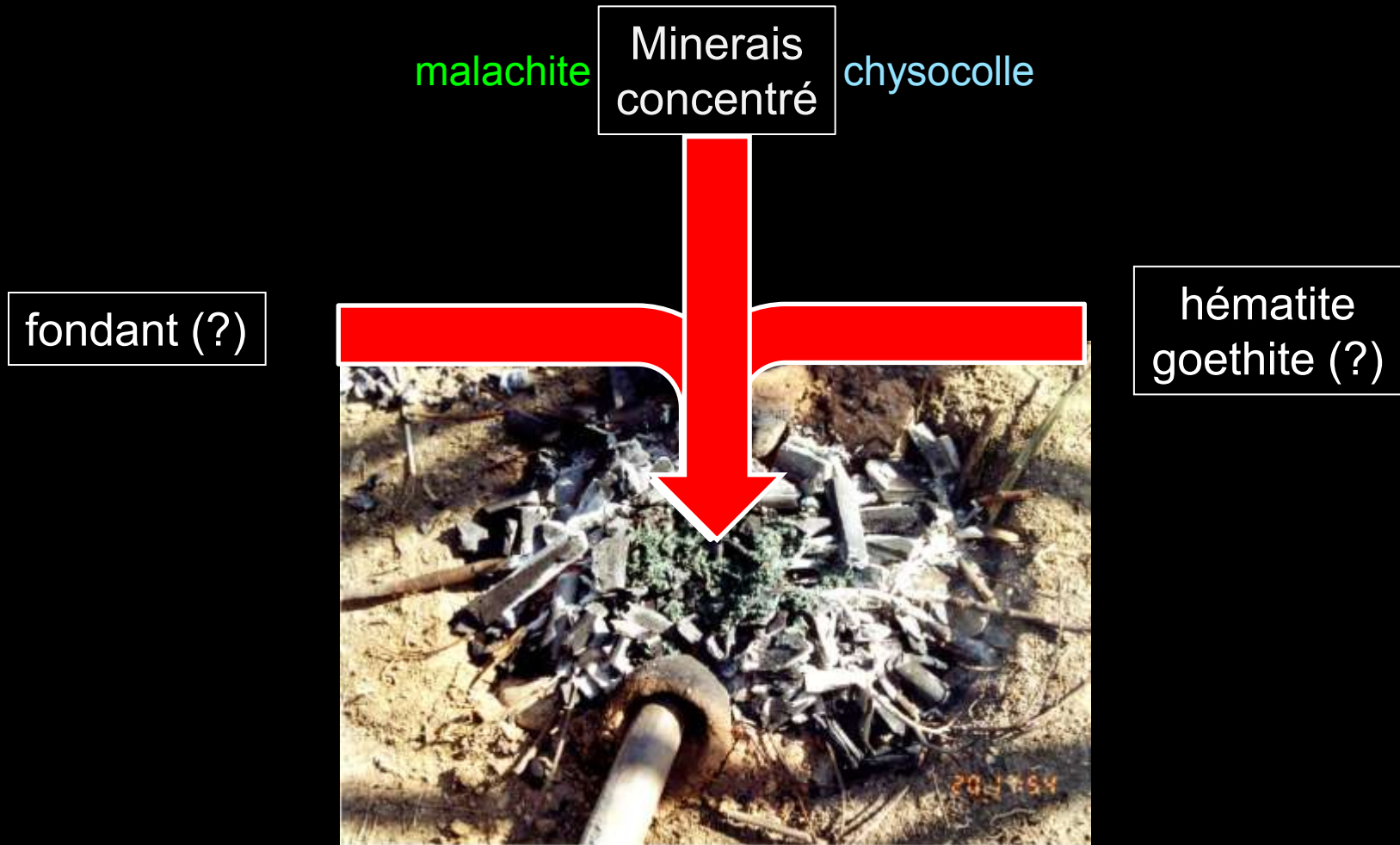


Z-9-H-W-16



camps métallurgiques

structures pyrométallurgiques



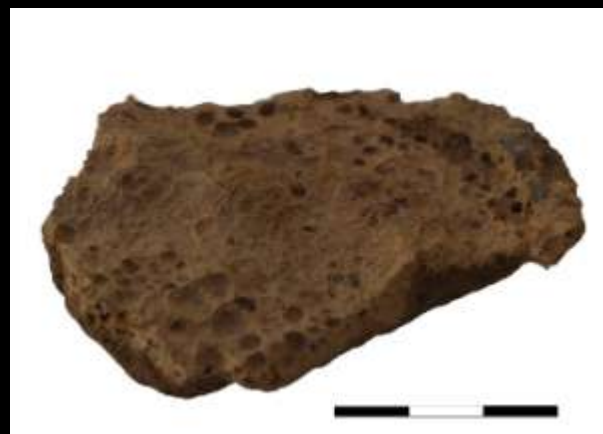
camps métallurgiques

structures pyrométallurgiques



camps métallurgiques

creusets & culots



camps métallurgiques

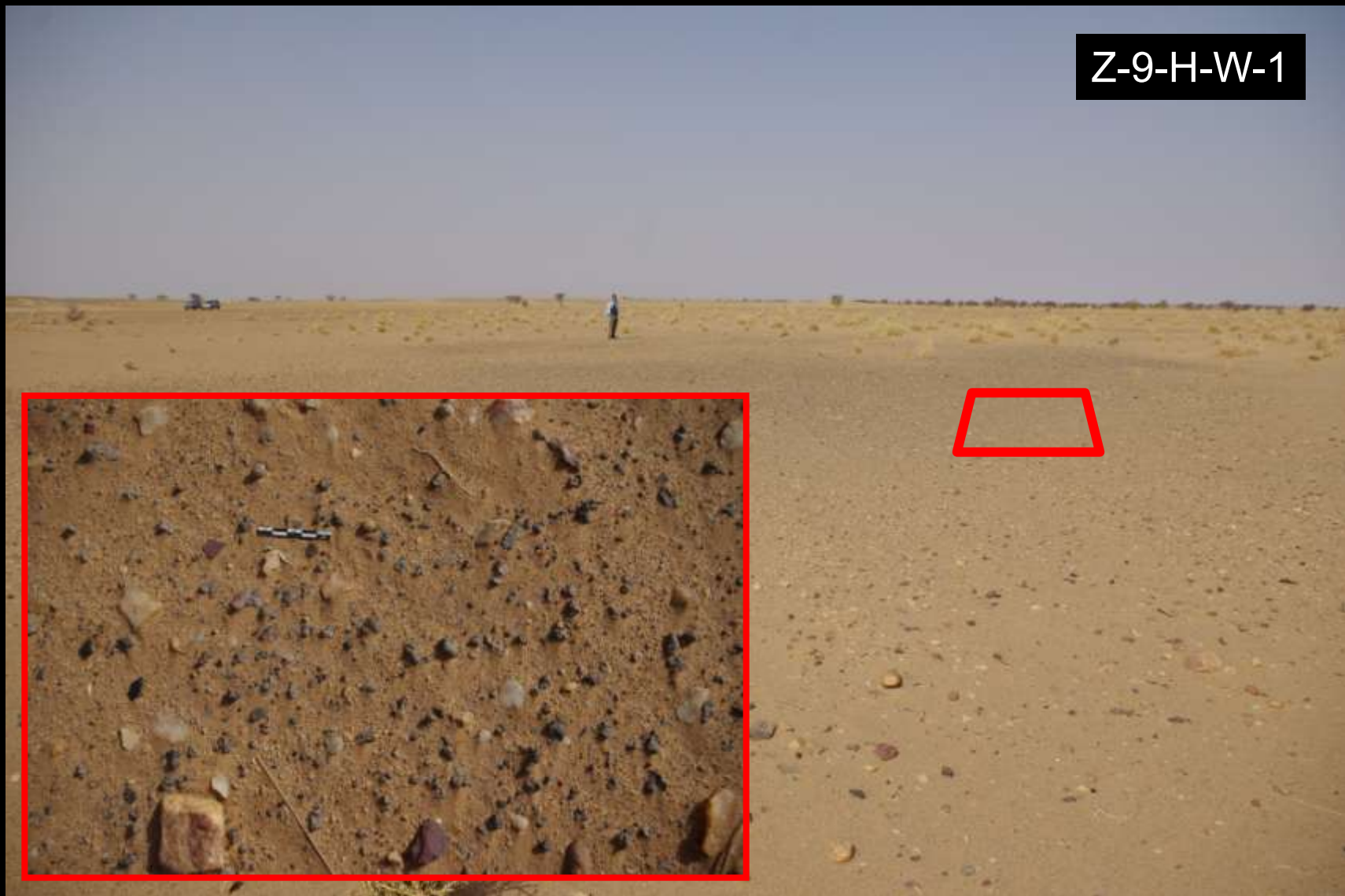
concentration scories brutes



camps métallurgiques

concentration scories concassées

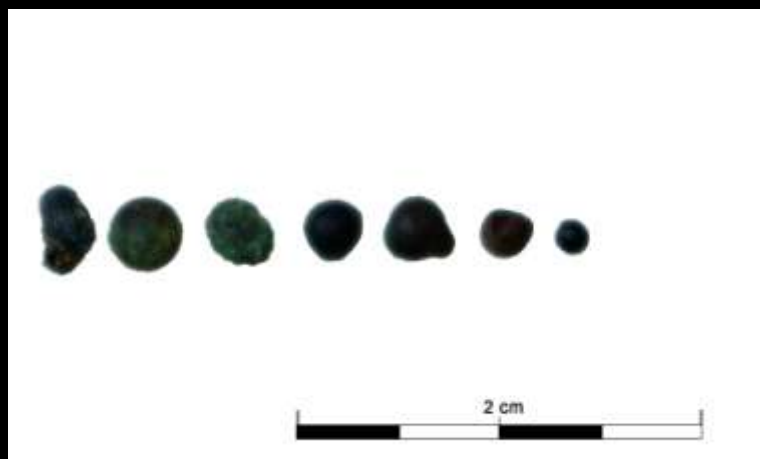
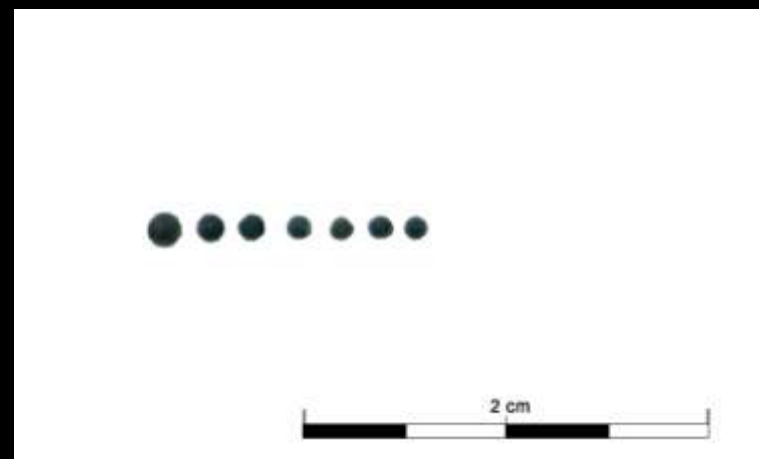
Z-9-H-W-1



camps métallurgiques



billes de métal



camps métallurgiques



nodules de métal

camps métallurgiques

fonte





73 g

Fonte au sable



camps métallurgiques

semi-produit



73 g

Fonte au sable

93,5% Cu

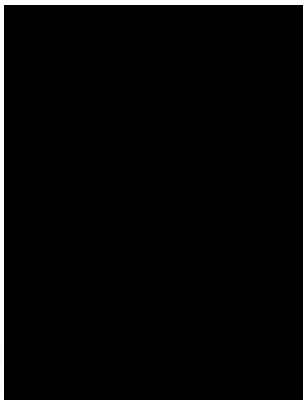
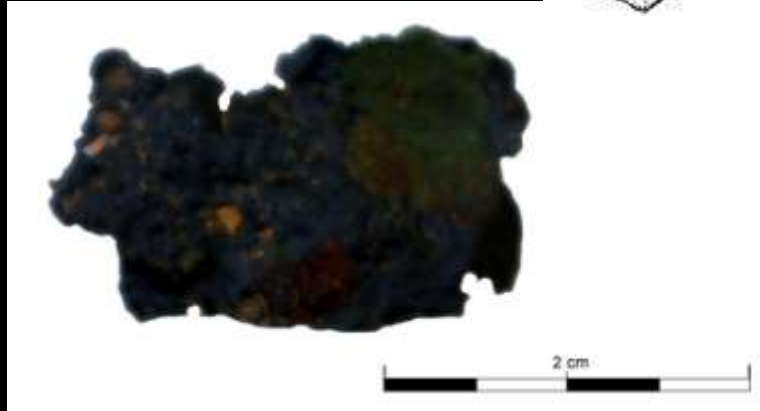
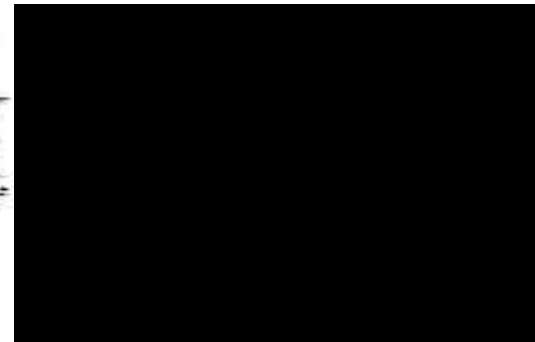
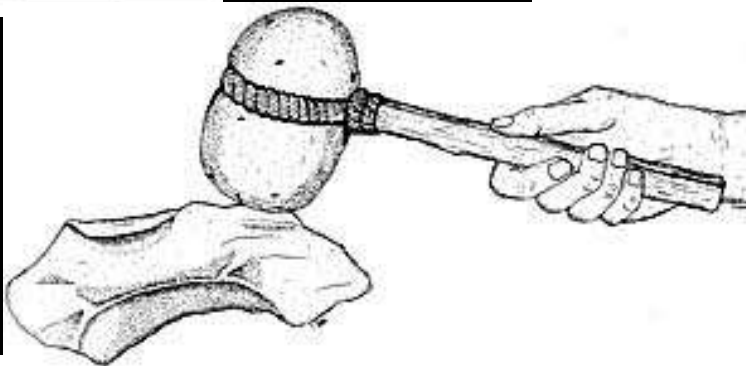
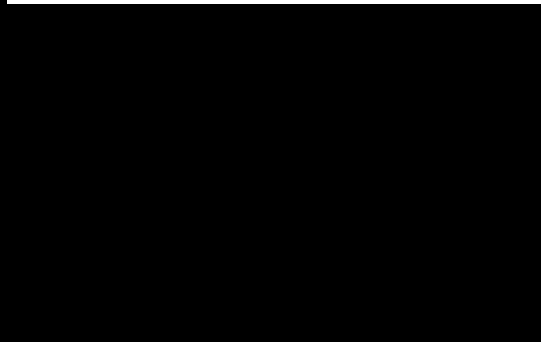
3% Fe, 3% Mn, 0,4% Ni



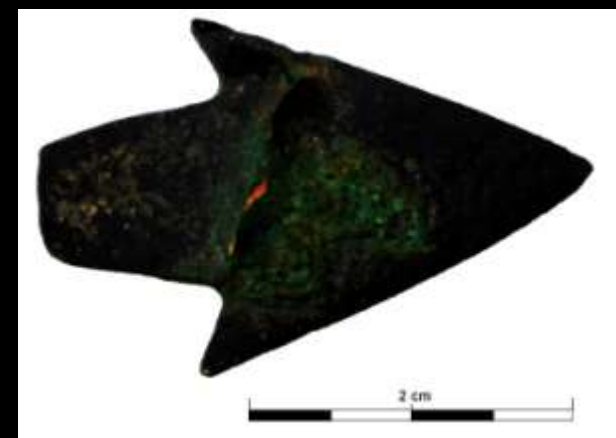
XRF Olympus delta, 90 secondes

camps métallurgiques

semi-produit



campes métallurgiques



objets finis

camps métallurgiques

objets finis

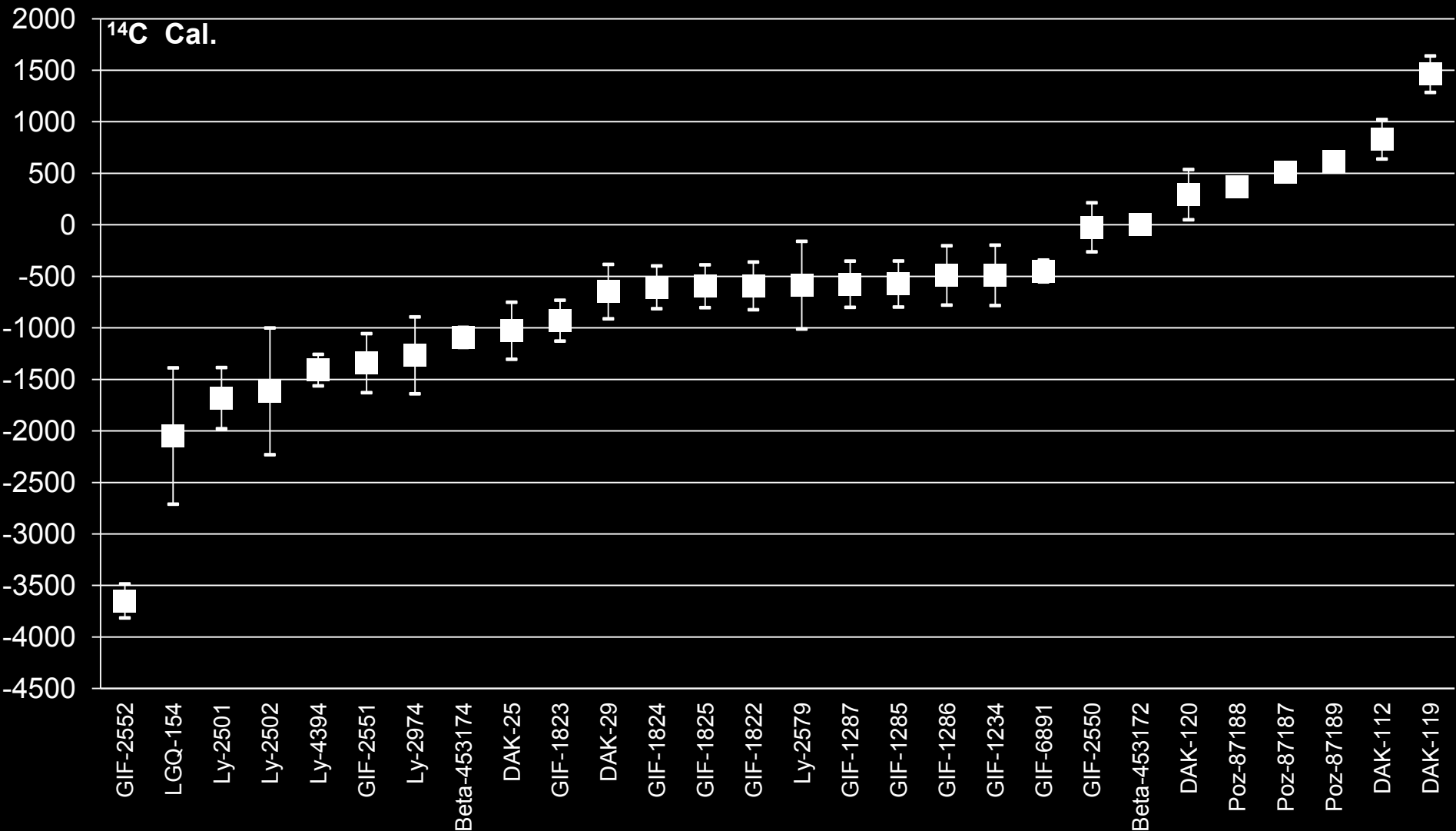


Production locale d'objets en fer ?

Echanges avec des sites produisant
des objets en fer ?

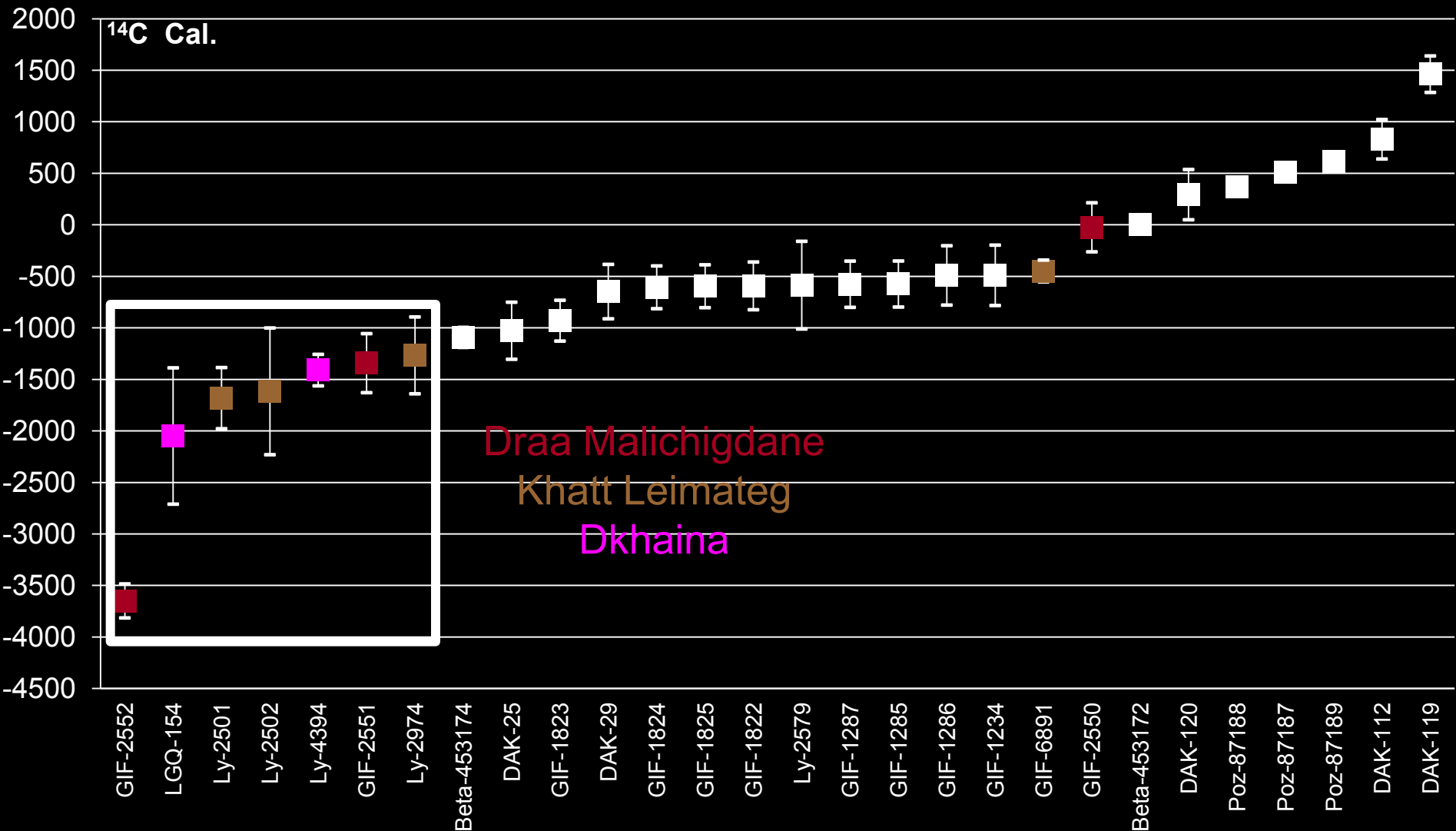


Occupation anthropique dans la région d'Akjoujt

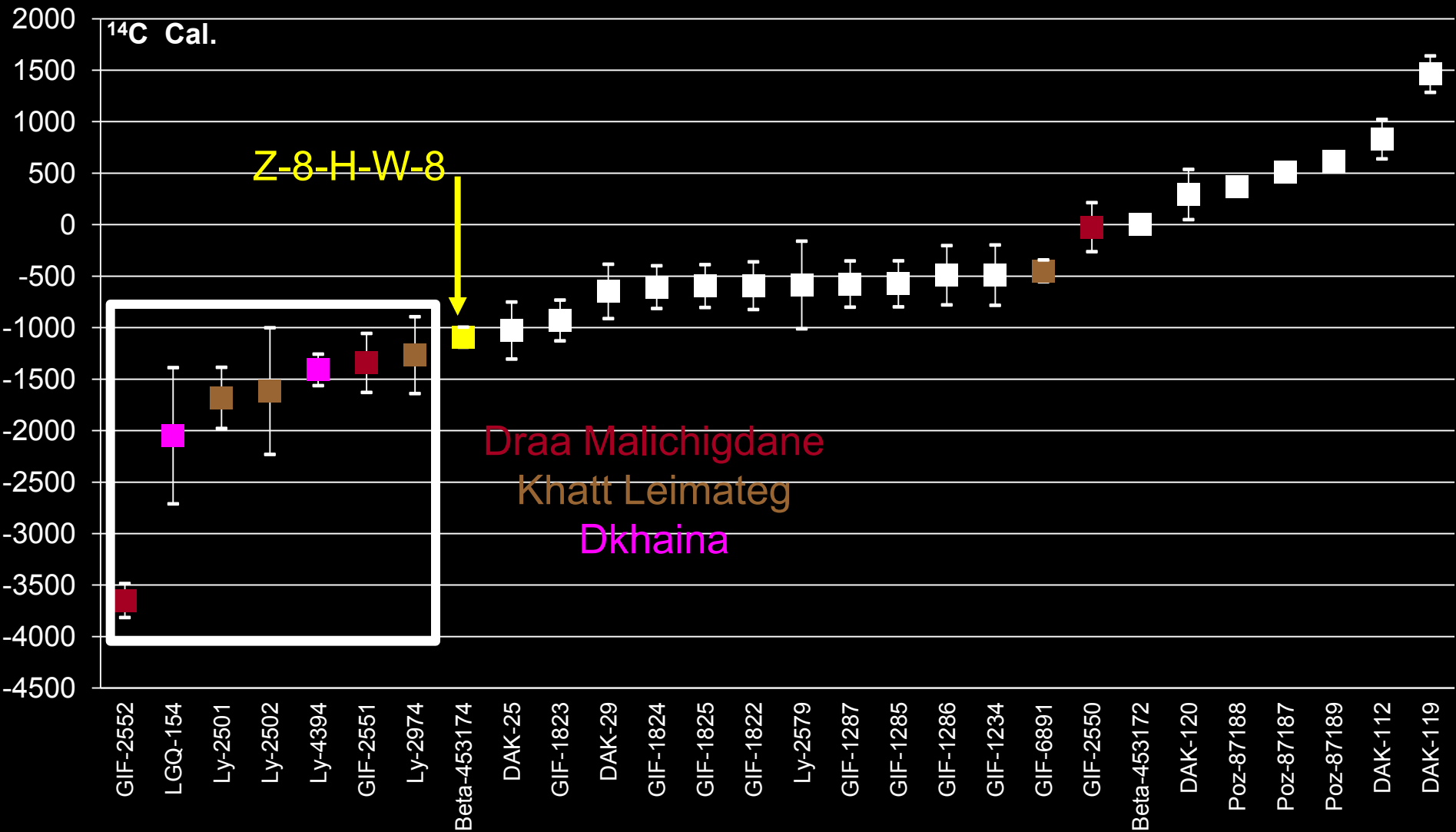


Carbonnet et al., 1970 ; Lambert, 1971-1975 ; Bathily et al., 1993
Grébénart, 1988 ; Vernet 1993 & 2012 ; CUPRUM 2016

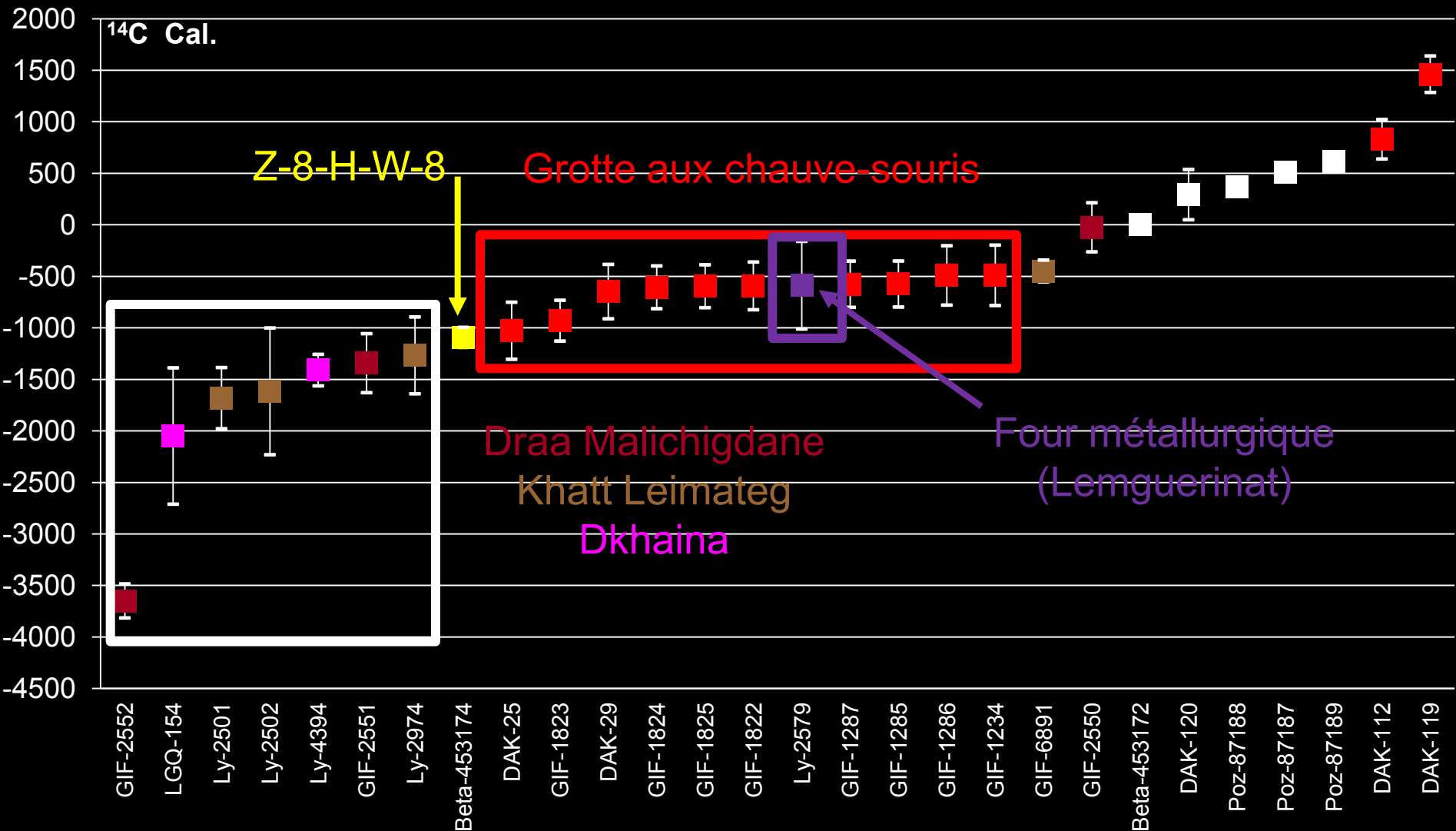
Occupation anthropique dans la région d'Akjoujt



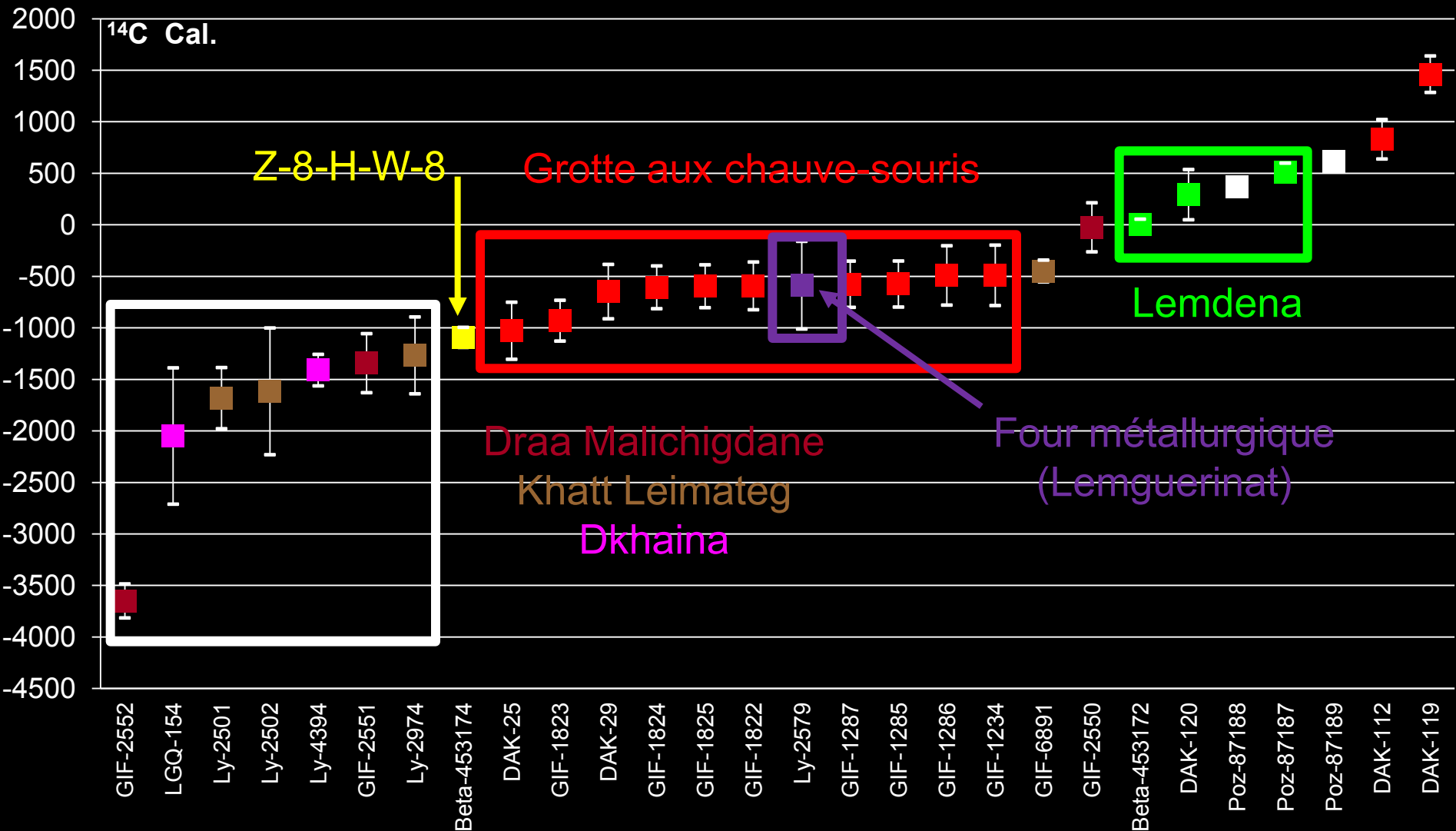
Occupation anthropique dans la région d'Akjoujt



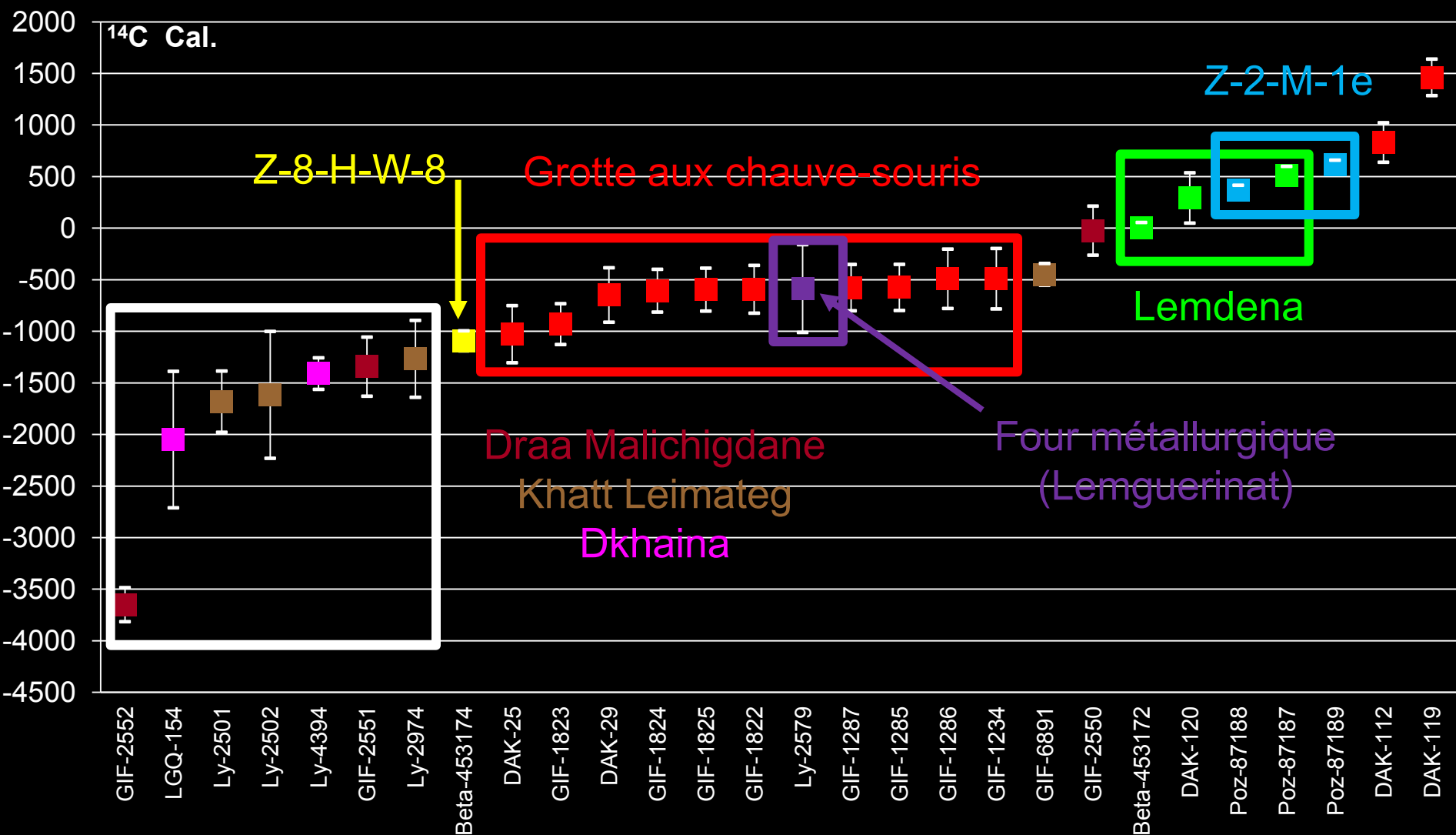
Occupation anthropique dans la région d'Akjoujt



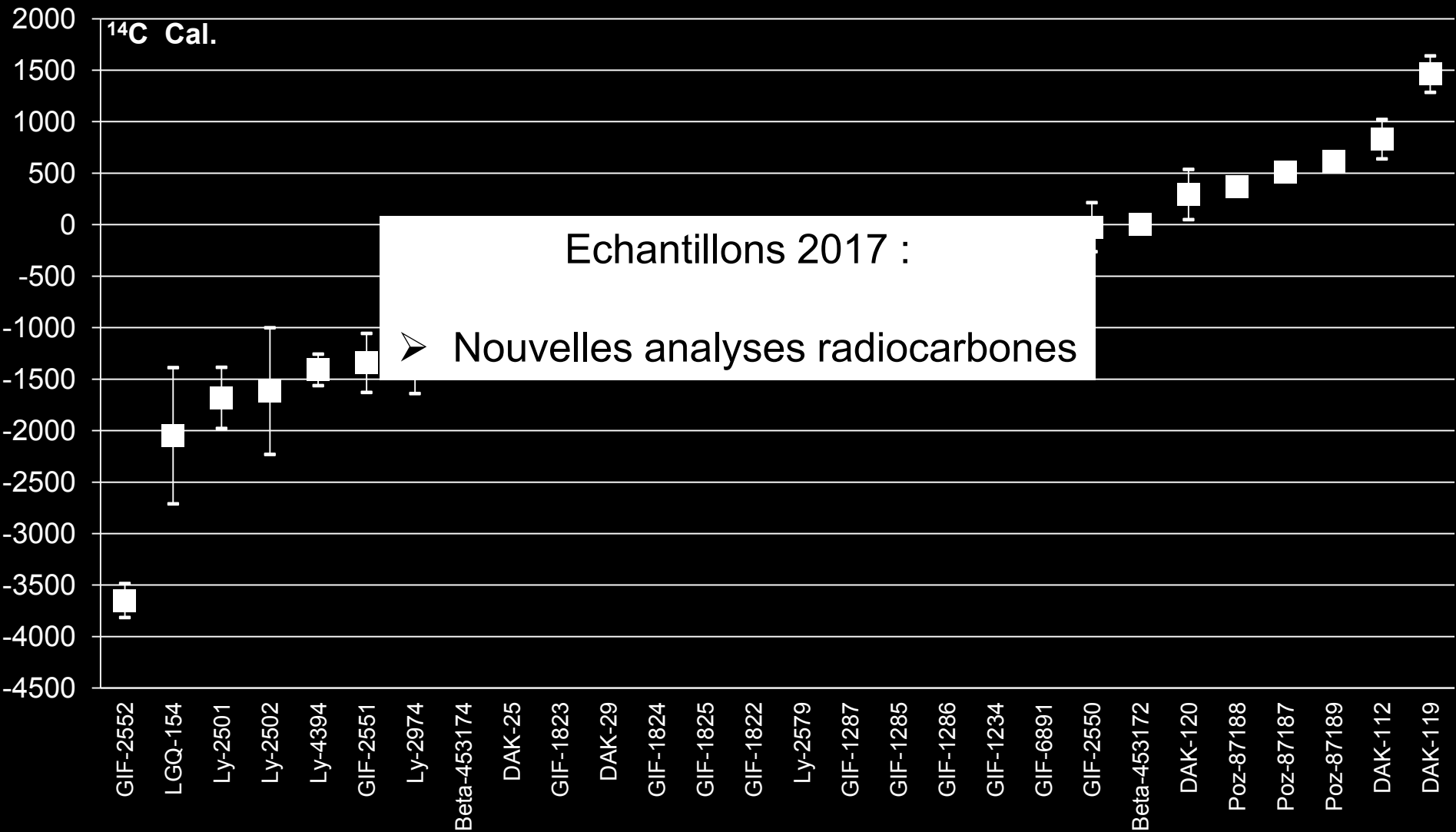
Occupation anthropique dans la région d'Akjoujt



Occupation anthropique dans la région d'Akjoujt



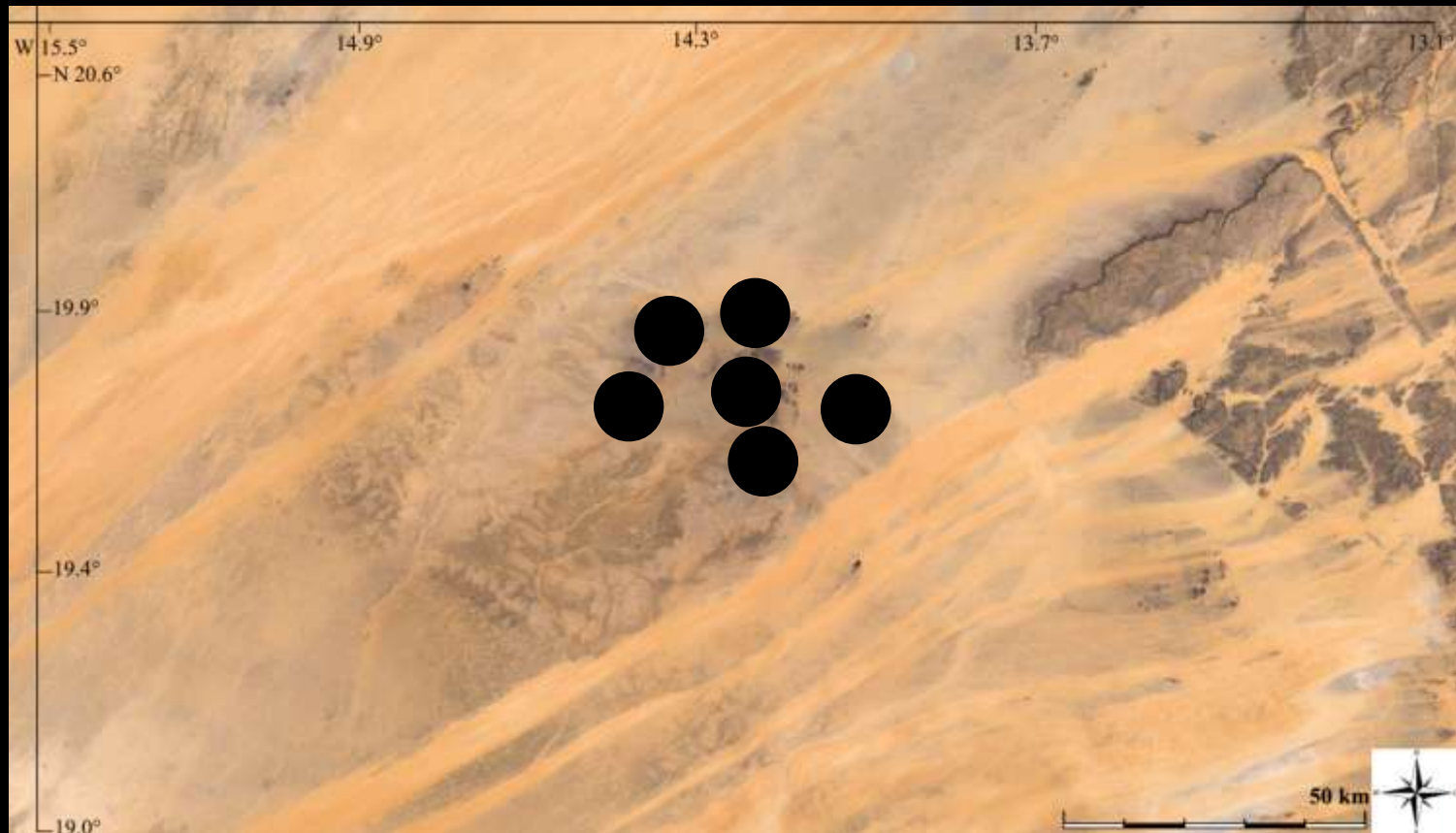
Occupation anthropique dans la région d'Akjoujt



Conclusion

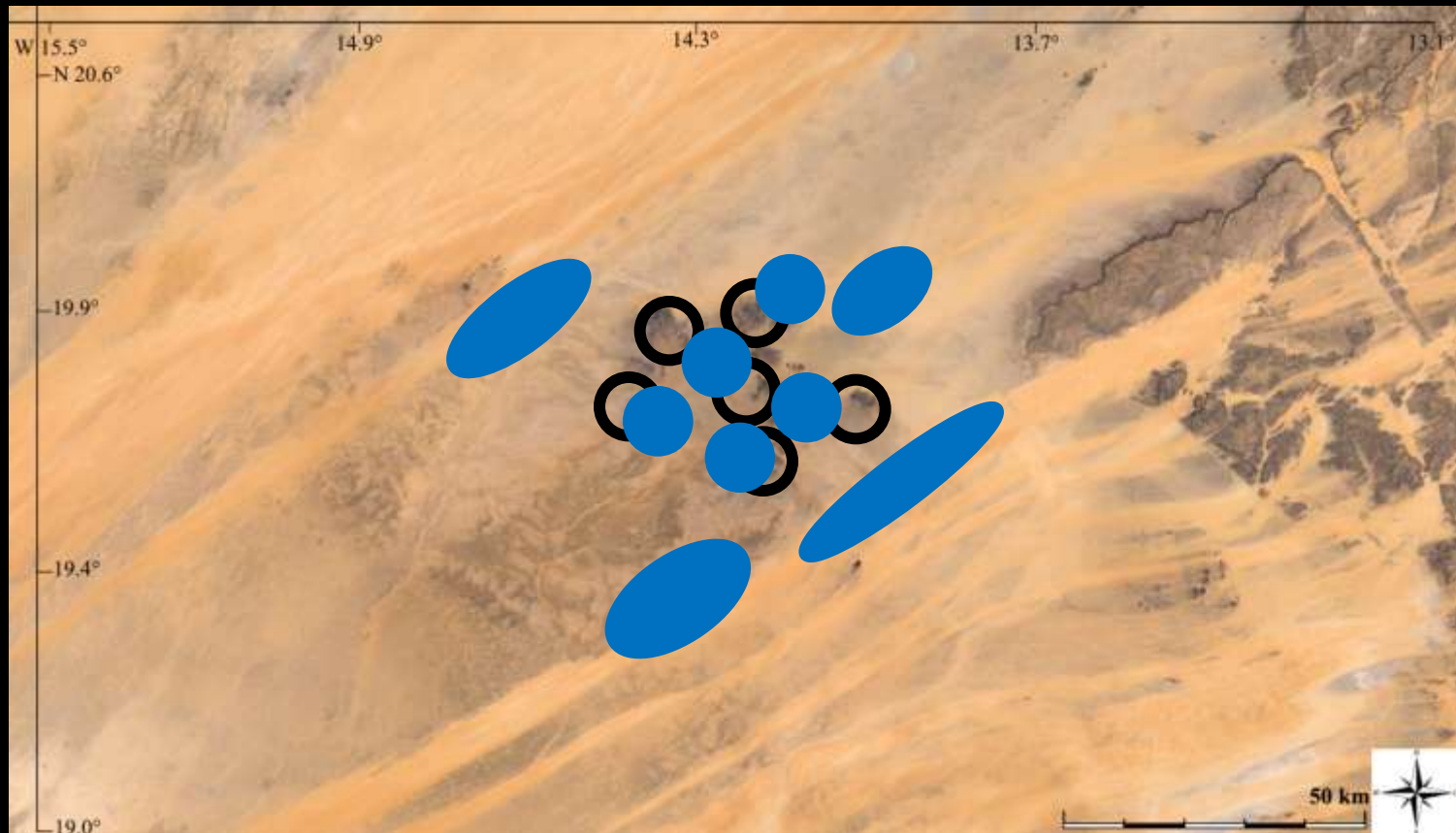
Organisation spatiale de l'occupation anthropique liée à la métallurgie

➤ 51 sites d'extraction minière



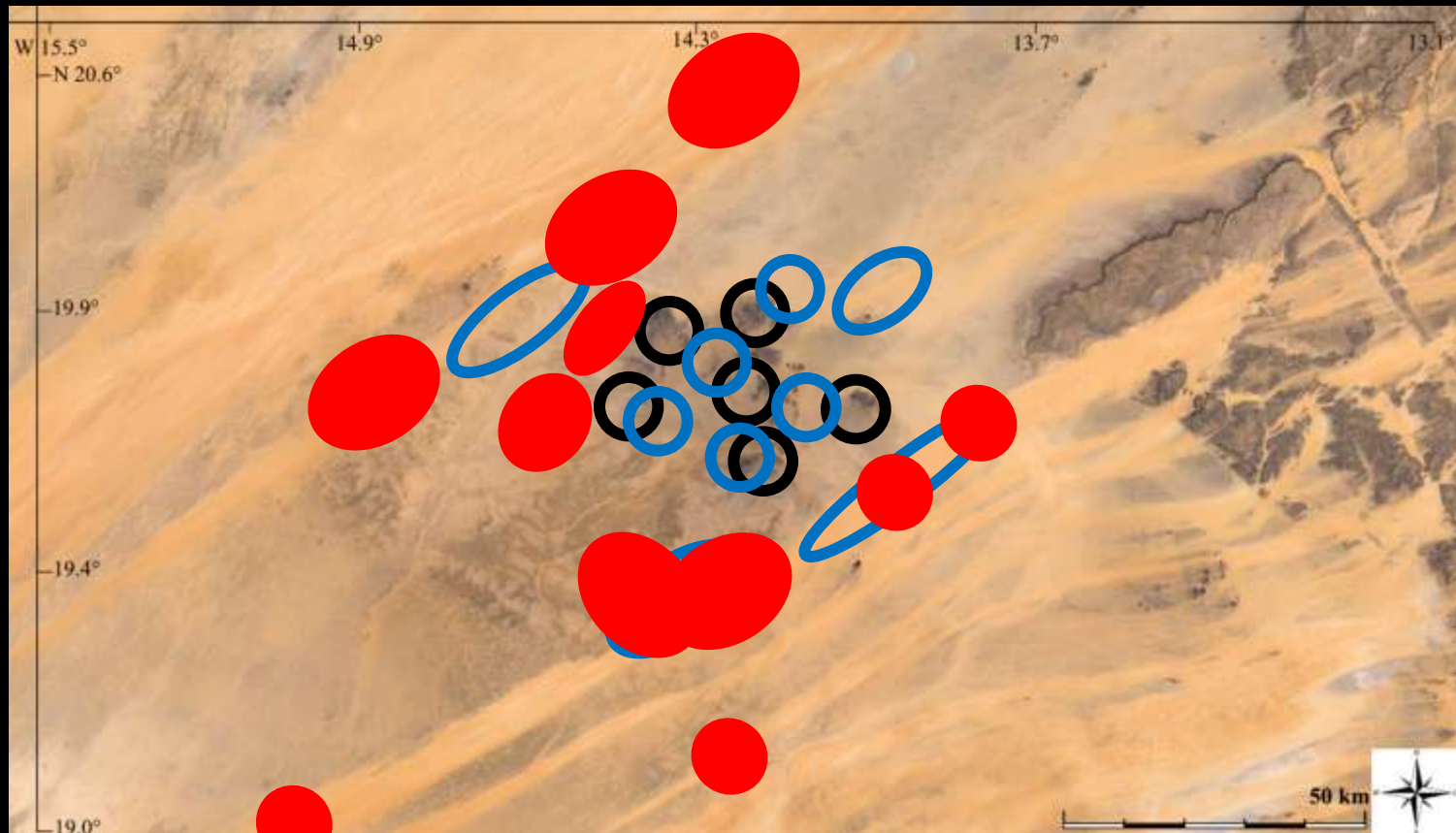
Organisation spatiale de l'occupation anthropique liée à la métallurgie

- 51 sites d'extraction minière
- 18 camps de broyage/concassage



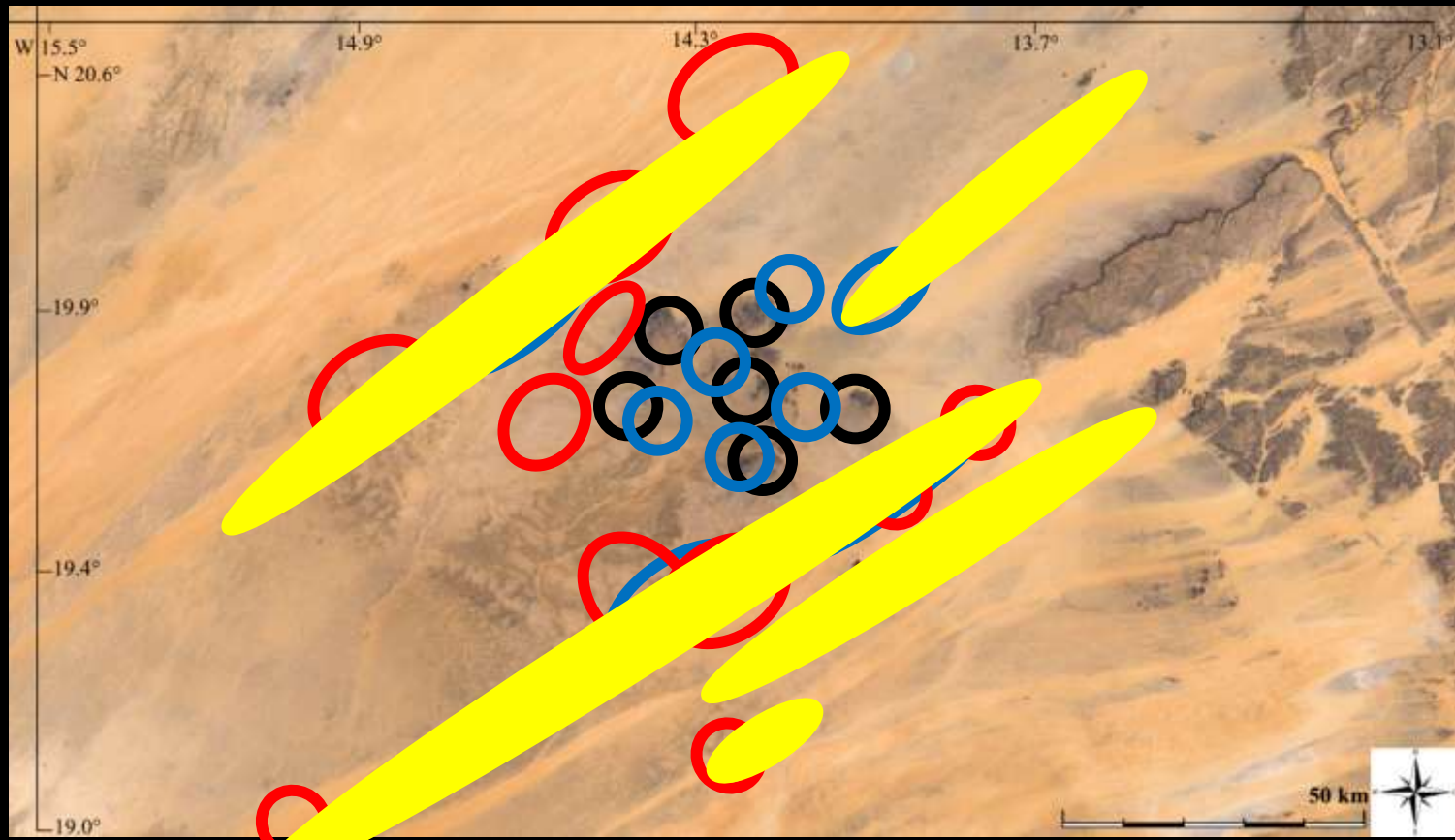
Organisation spatiale de l'occupation anthropique liée à la métallurgie

- 51 sites d'extraction minière
- 18 camps de broyage/concassage
- 65 camps métallurgiques



Organisation spatiale de l'occupation anthropique liée à la métallurgie

- 51 sites d'extraction minière
- 18 camps de broyage/concassage
- 65 camps métallurgiques
- 16 sites d'habitat



Proposition de chaine opératoire pour la production d'objets en cuivre

M
I
N
E
S

Extraction minerais
(abattage au feu et au maillet)

malachite, chrysocolle

hématite, goethite

Concassage/broyage initial

Séparation
encaissant - minerais

Proposition de chaine opératoire pour la production d'objets en cuivre

C
A
M
P
S

B
R
O
Y.
/
C
O
N
C.

Concassage/broyage
intermédiaire

réduction de la quantité de
stérile / minerais

Proposition de chaine opératoire pour la production d'objets en cuivre

C
A
M
P
S

M
E
T
A
L
L
U
R
G.

Concassage/broyage fin

➤ poudre de minerais

Proposition de chaine opératoire pour la production d'objets en cuivre

C
A
M
P
S

M
E
T
A
L
L
U
R
G.

Concassage/broyage fin

➤ poudre de minerais

Enrichissement par densité

➤ concentré

Proposition de chaine opératoire pour la production d'objets en cuivre

C
A
M
P
S

M
E
T
A
L
L
U
R
G.

Concassage/broyage fin

➤ poudre de minerais

Enrichissement par densité

➤ concentré

Réduction du concentré

*ajout (?) : hématite,
goethite, fondant*

➤ scories avec billes de cuivre

➤ nodules de cuivre

➤ culot

Proposition de chaine opératoire pour la production d'objets en cuivre

C
A
M
P
S

M
E
T
A
L
L
U
R
G.

Concassage/broyage fin

➤ poudre de minerais

Enrichissement par densité

➤ concentré

Réduction du concentré

*ajout (?) : hématite,
goethite, fondant*

➤ scories avec billes de cuivre

➤ nodules de cuivre

➤ culot

Concassage scories

➤ billes de cuivre

Proposition de chaine opératoire pour la production d'objets en cuivre

C
A
M
P
S

M
E
T
A
L
L
U
R
G.

Concassage/broyage fin

➤ poudre de minerais

Enrichissement par densité

➤ concentré

Réduction du concentré

*ajout (?) : hématite,
goethite, fondant*

➤ scories avec billes de cuivre

➤ nodules de cuivre

➤ culot

Concassage scories

➤ billes de cuivre

Fonte (billes, nodules, culot)

➤ lingot

➤ demi-produit

Proposition de chaine opératoire pour la production d'objets en cuivre

C
A
M
P
S

M
E
T
A
L
L
U
R
G.

Concassage/broyage fin

➤ poudre de minerais

Enrichissement par densité

➤ concentré

Réduction du concentré

*ajout (?) : hématite,
goethite, fondant*

➤ scories avec billes de cuivre

➤ nodules de cuivre

➤ culot

Concassage scories

➤ billes de cuivre

Fonte (billes, nodules, culot)

➤ lingot

➤ demi-produit

Mise en forme

➤ plaque

➤ objet fini

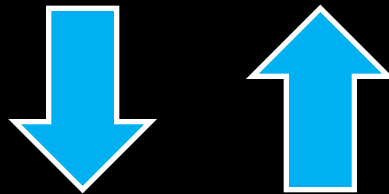
Métallurgie(s) dans la région d'Akjoujt

Métallurgie du cuivre



Métallurgie du fer

Métallurgie du cuivre



Métallurgie du fer

Perspectives

Clarification occupation diachronique

Analyses géochimiques et isotopiques

Etudes géomorphologiques & paléoenvironnementales

Merci à :

Laboratoire TRACES :

François-Xavier Fauvelle, Philippe Miroux,
Caroline Robion-Brunner, Laurent Bruxelles, Sandrine Baron

MCM – First Quantum:

Clive Newall, Antony Mukutuma, Ted Kowalsky, Sidi Mohamed Malik,
Mohamed Nour Mohamed Abdallahi, Mohamed Abdoullah Ould Bagga,
Robert Longley, Ahmed Salem Mantallah, Renier Hugo, David Cunliffe
et Eric Girard

IMRFP:

Bnete Mint Khales, Mohamed Bechry, Ethmane Dadi Essaid

CUPRUM - CUivre : PRoduction et Usages à l'Holocène en Mauritanie -



Merci à :

Université de Nouakchott, Faculté des Lettres et Sciences Humaines:

Ahmed Ould Haouba, Cheikh Saad Bouh Camara,
Mohamed Radhi Sadvena

Ambassade de France à Nouakchott:

Monsieur l'Ambassadeur Joel Meyer,
Monsieur le Conseiller de coopération et d'action culturelle Raphael Malara

Ministère des Affaires Etrangères et du développement international

CUPRUM - CUivre : PRoduction et Usages à l'Holocène en Mauritanie -





MERCI

