

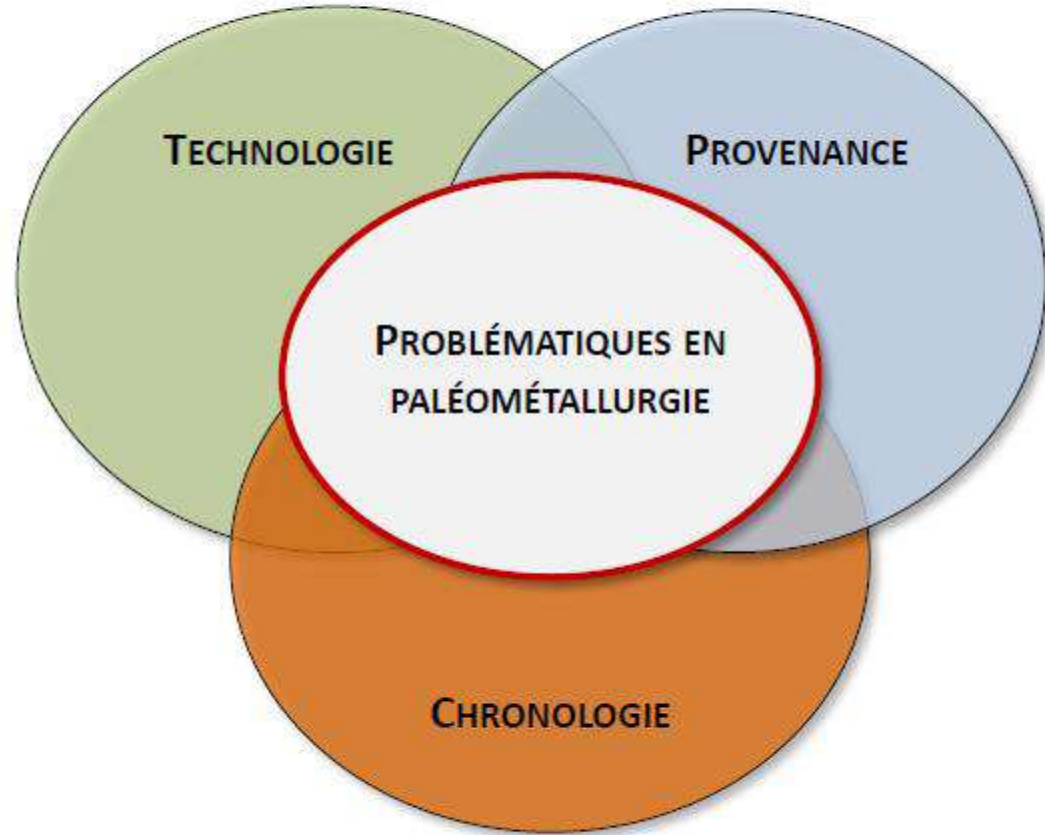
# La métallurgie TD – Exemple de la métallurgie ancienne en France

**Kévin COSTA**

- ***Paléométallurgie*** : ensemble des démarches et méthodes mises en œuvre pour l'étude des chaînes opératoires, de l'organisation des activités de production et de la destination (fonctionnelle et spatiale) des métaux.
- ***Chaîne opératoire*** : succession d'étapes techniques au cours desquelles la matière subit des transformations physiques et/ou chimiques, de la réalisation à l'utilisation d'un objet.
- ***Archéométrie*** : discipline mettant en œuvre des méthodes d'examen et d'analyses pour la compréhension des sociétés anciennes, par l'étude des matériaux, la datation absolue,...

# Nos problématiques en paléométaballurgie

Archéométrie    Histoire    Géologie  
Archéologie    Ethnographie    ...



Sub-  
micronique

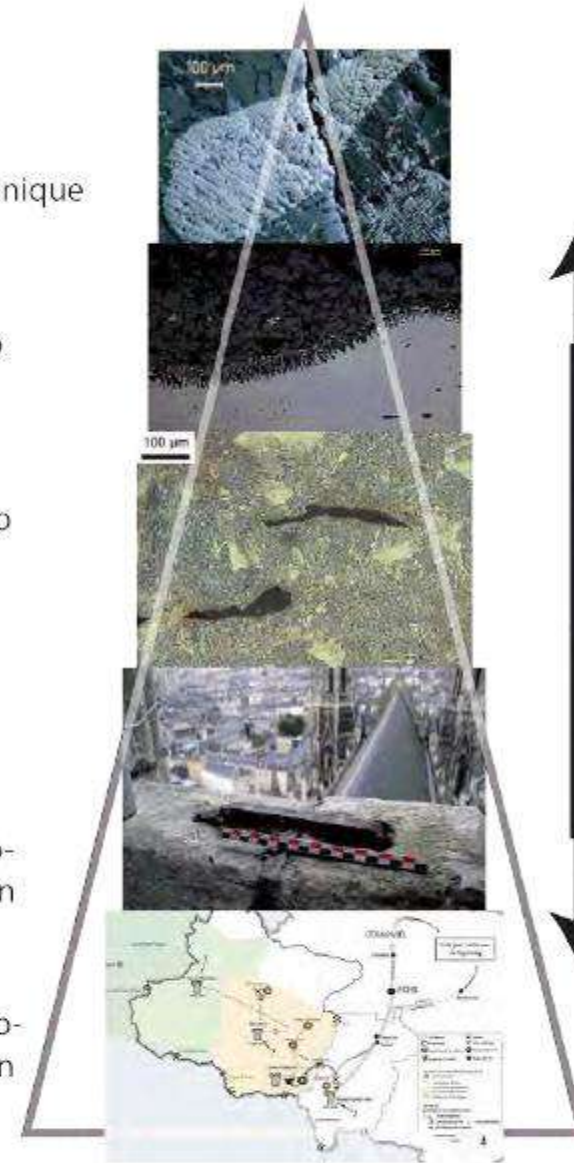
Micro

Macro

Site

Micro-  
région

Macro-  
région



Multiscale  
Systemic  
Trans-disciplinary

Paramètre multi-échelle  
Paramètre statistique

Ensembles complexes  
et hétérogènes de  
données

Hierarchies et limites  
des moyens utilisés

Adaptabilité et  
développement  
méthodologiques  
constants

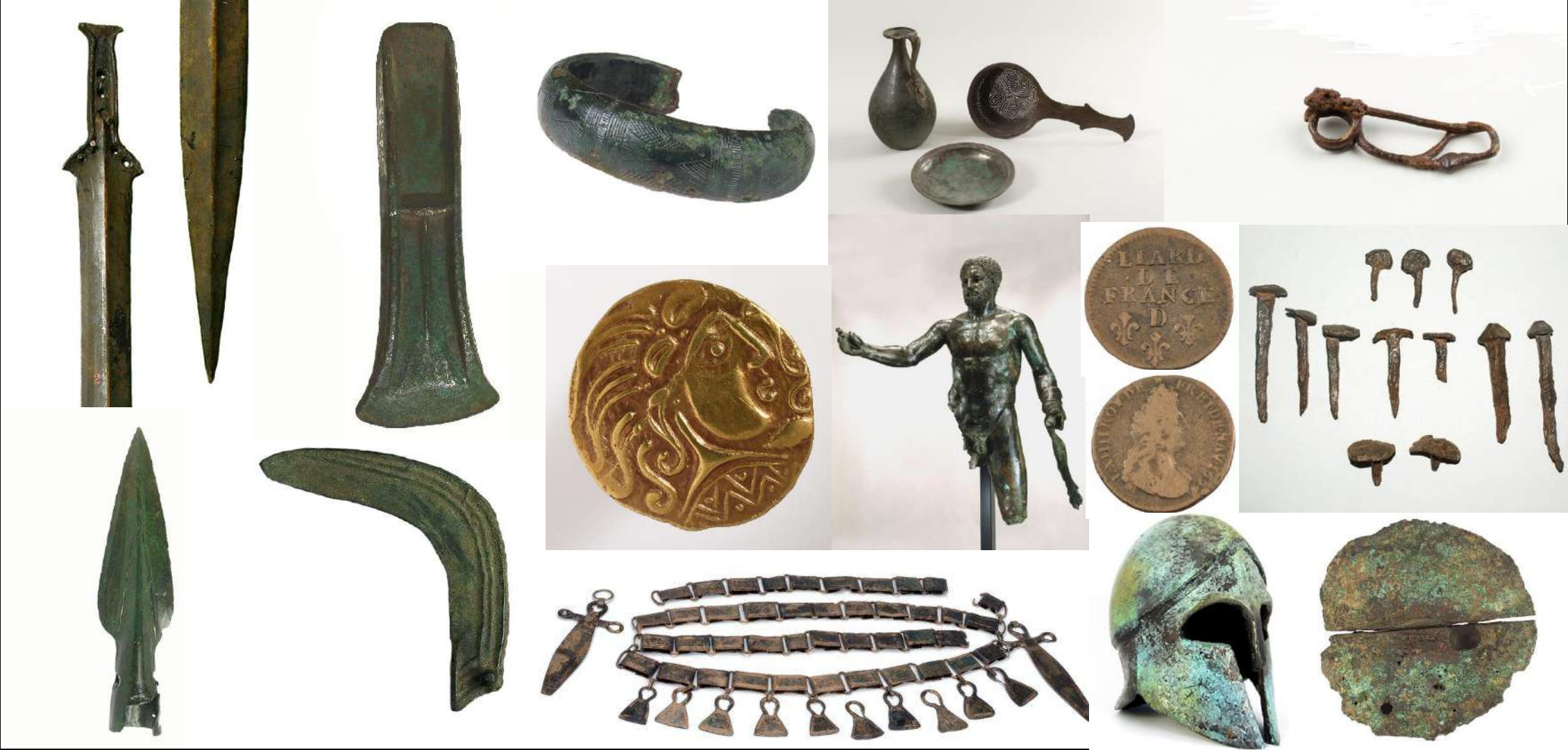
*L'ensemble de ces problématiques ont besoin d'être appréhendées avec une  
visée holistique = **ENSEMBLE COMPLEXE***

# Catégories des objets métallique en archéologie



CatégorieS des objets métallique en archéologie

Armement, outils, parure, vaisselles, monnaie, statuaire, pièce de char, toilette et bien d'autres



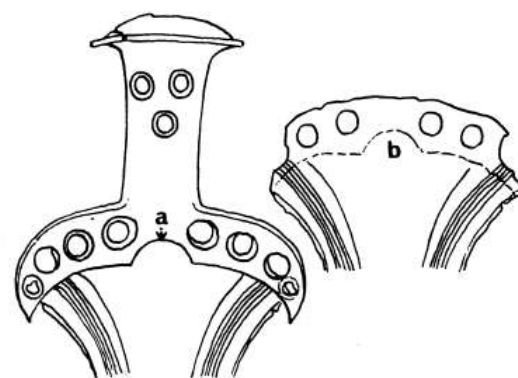
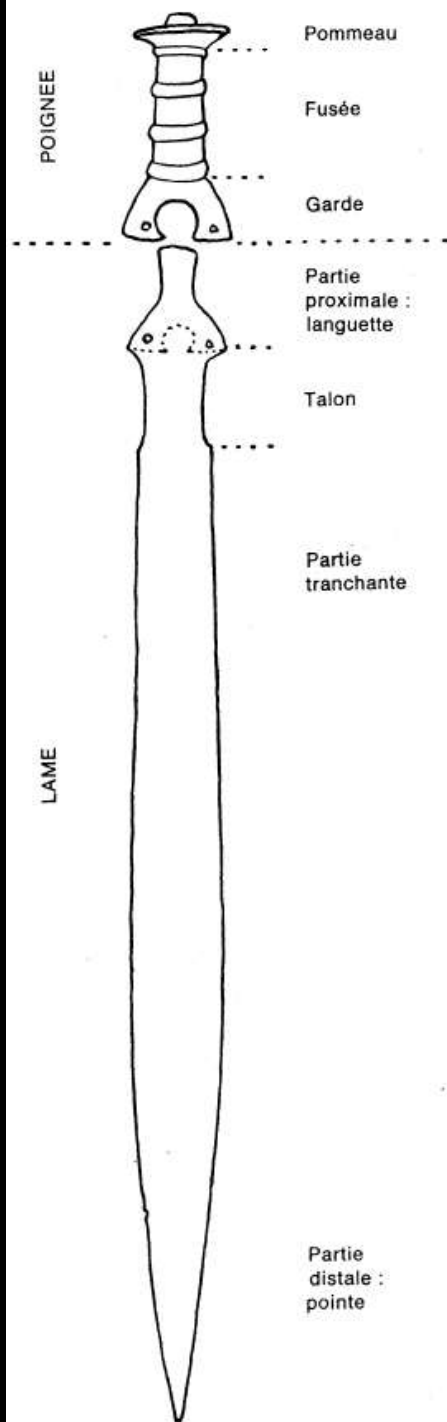


Fig. 2. — Emplacement :  
a - de l'échancrure;  
b - de l'écusson.

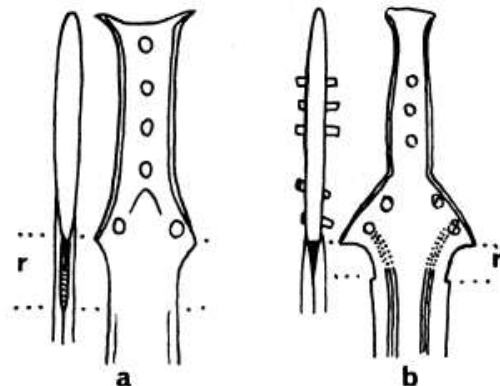


Fig. 3. — Lames d'épée à ricassos  
a - sans cran;  
b - à cran.

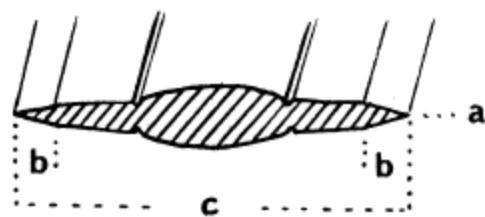


Fig. 4. — Partie tranchante de la lame.  
a - le fil;  
b - le tranchant;  
c - le plat.



Fig. 5. — Variété des parties tranchantes.  
a - lame effilée;  
b - lame à bords parallèles;  
c - lame pistilliforme;  
d - lame en langue de carpe.

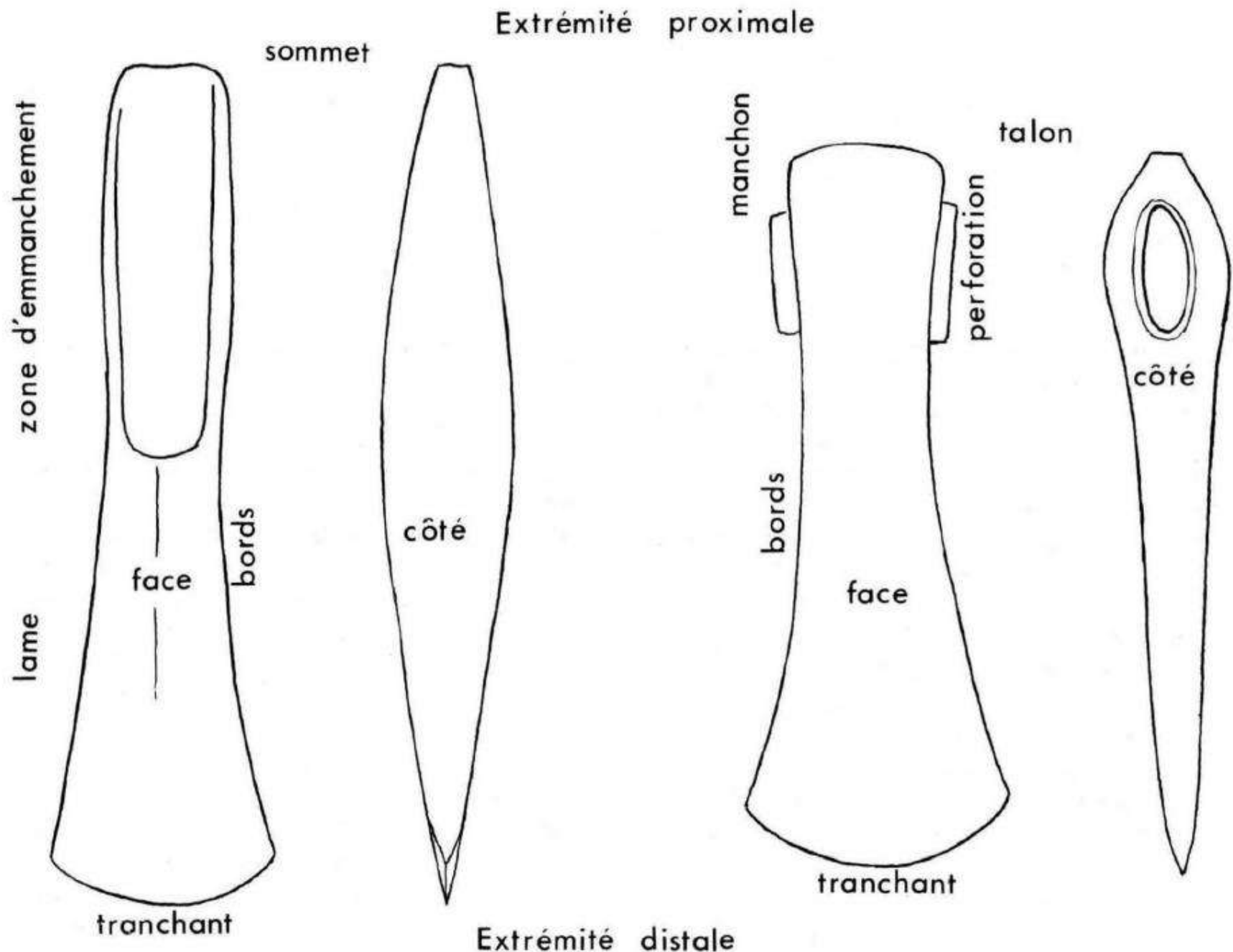
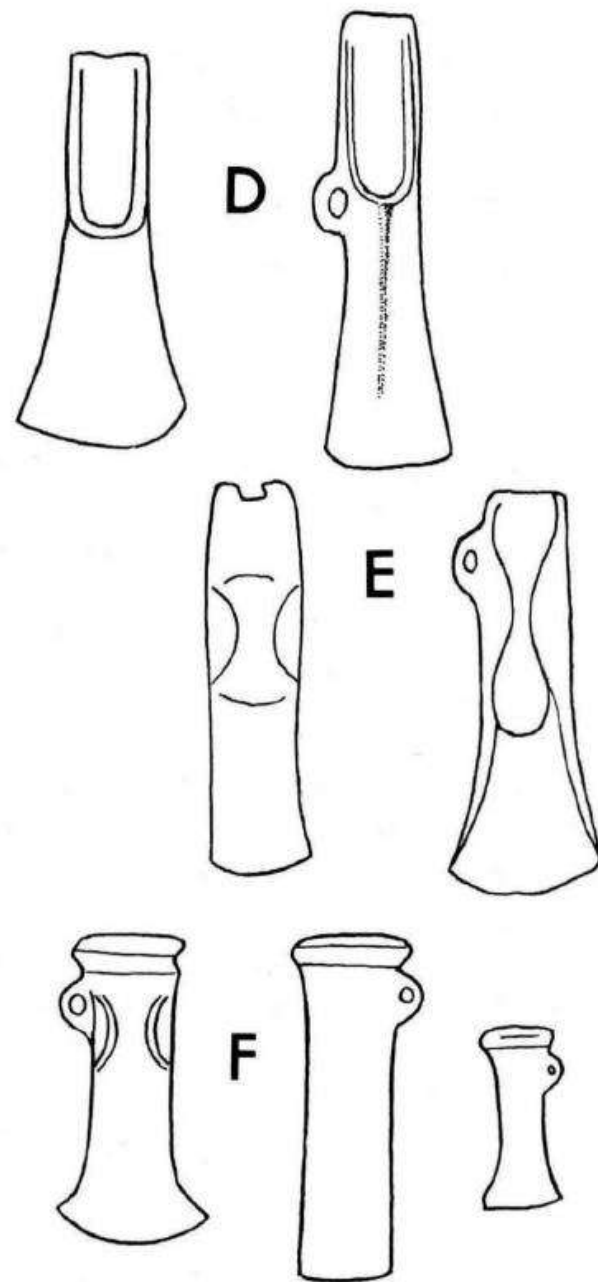
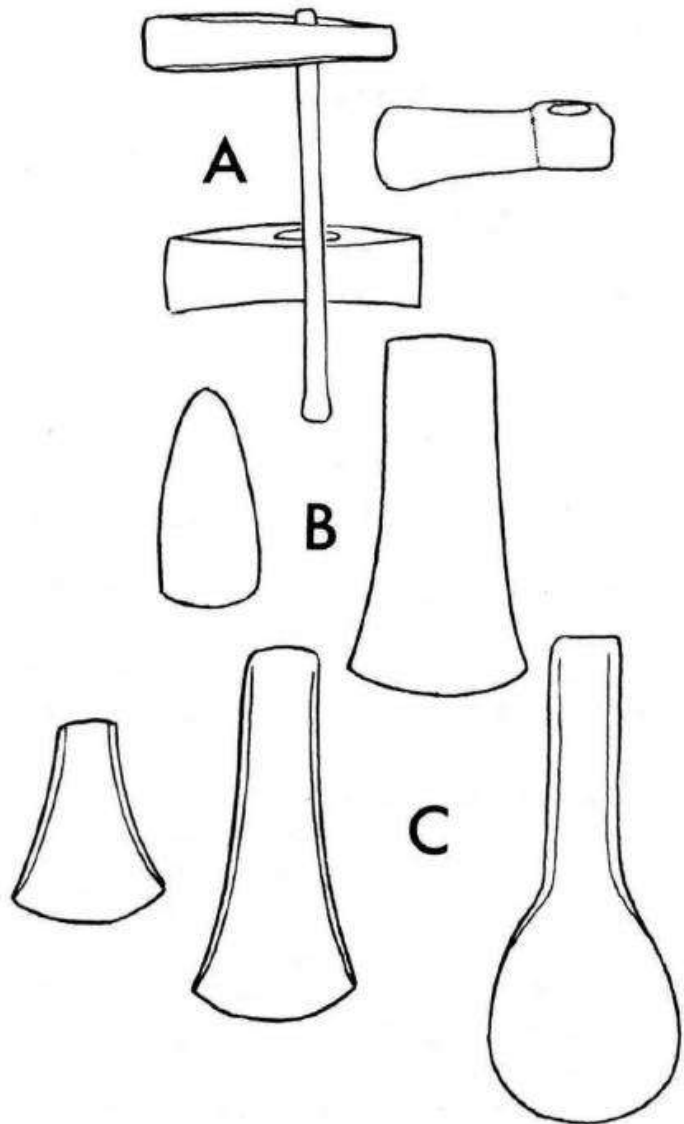
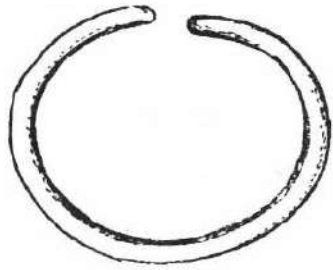


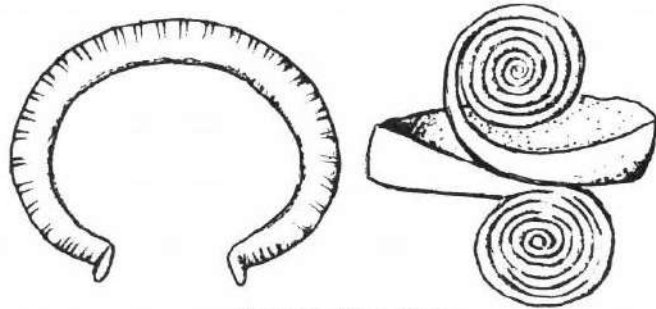
Fig. 1



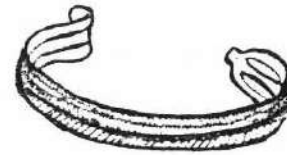
- A. Haches à emmanchement transversal.  
 B. Haches plates.  
 C. Haches à rebords.  
 D. Haches à talon.  
 E. Haches à ailerons.  
 F. Haches à douille.



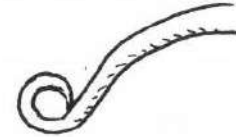
formes simples



formes bipartites



formes composites



Extrémités différenciées non fonctionnelles





## Mines et filons



## Matières Premières



Transformation  
de la  
matière

## Objets





Habitats



Sépultures

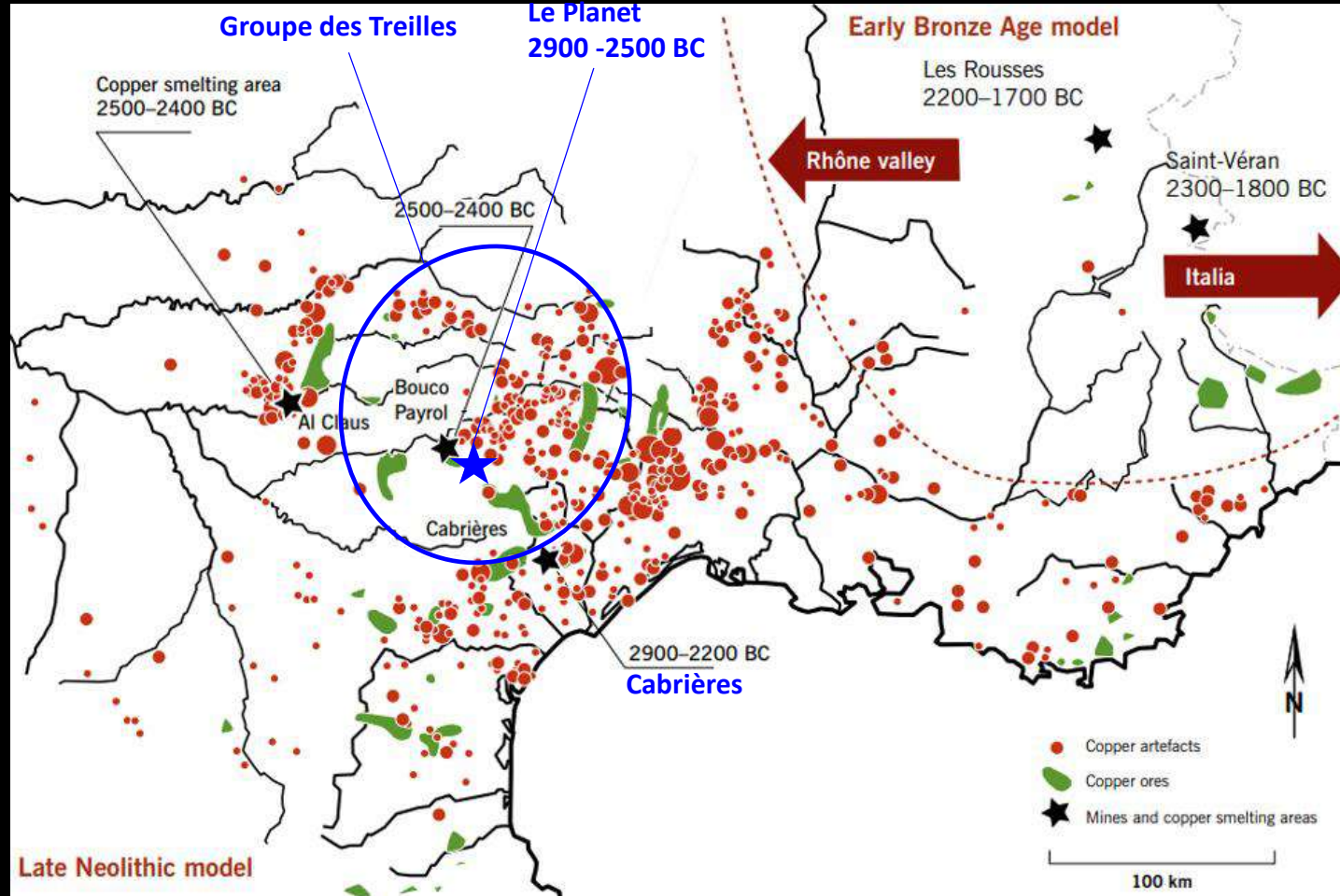


Dépôts non funéraires





# Contexte archéologique et métallurgique

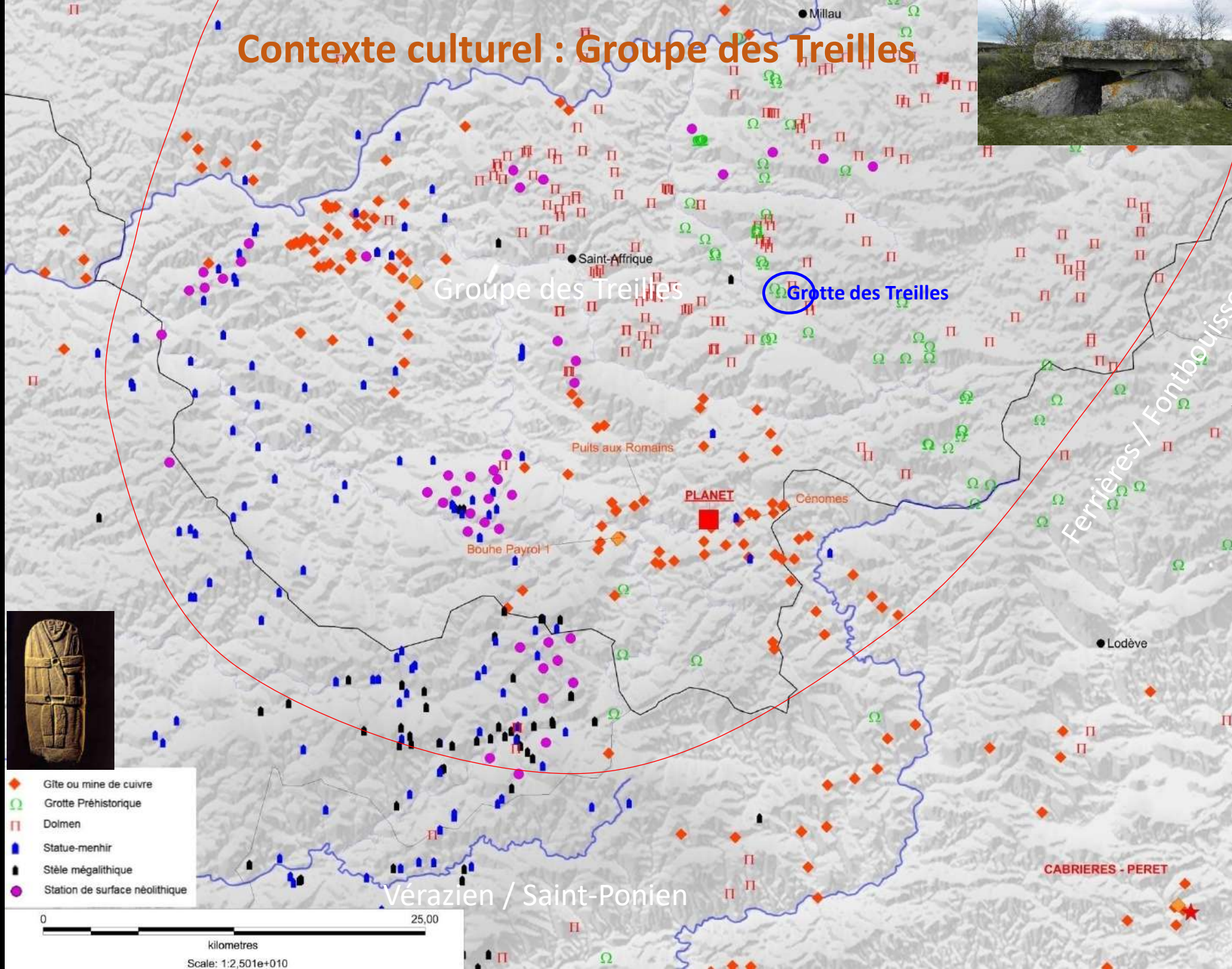


Site métallurgique, gisements de cuivre et mobilier en cuivre néolithique.

Sud Massif Central :  
Métallurgie du Néolithique final  
(2900-2200 av. J.-C.)

Carozza et al. (2015)

# Contexte culturel : Groupe des Treilles



- ◆ Gîte ou mine de cuivre
- ⊖ Grotte Préhistorique
- ▭ Dolmen
- Statue-menhir
- Stèle mégalithique
- Station de surface néolithique

0 25,00

kilometres

Scale: 1:2,501e+010



# Mobilier métallique caussenard, Groupe des Treilles



Grotte de Sargel



Grotte du Jas del Biau



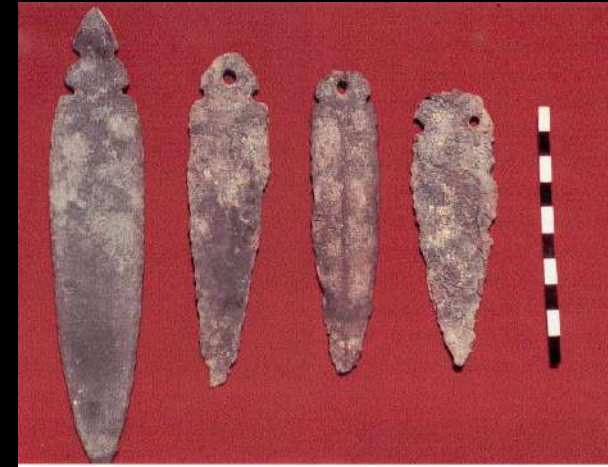
Grotte de Landric



Grotte du Luc



Brusque



Poignards en cuivre du tumulus X du Freyssinel, Saint-Baulize, Lozère (Photo Costantini)  
Tumulus X du Frayssinel



Grotte du Chat ; Roquefort



# Le Planet





# 2014 : découverte d'une stèle /statue-menhir





## Le sous-groupe de Tauriac



Le Planet



Cénomés



Tauriac



Jasse Terral 1



La Verrière



Rouvignac



La Gruasse 2



Saint-Sernin



## 2015 : deux sondages

- Un probable socle de la statue-menhir,
- Des sols érodés,
- 2 fosses,
- Des tessons néolithiques,
- Des nodules de roche de couleur jaune, indéterminés, mais exogènes
- De petits fragments de malachite





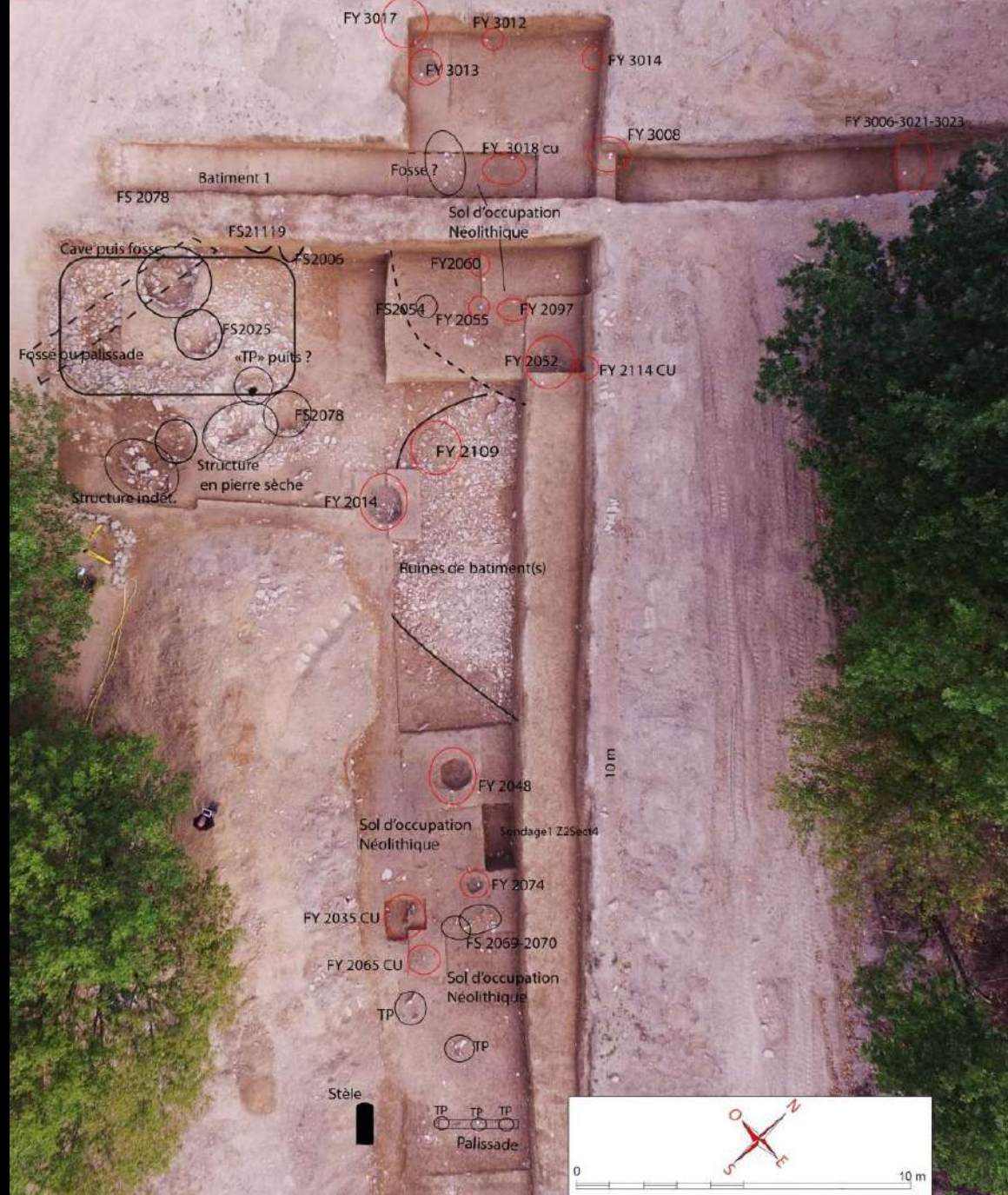
# Fouilles programmées 2016

- Plusieurs fosses,
- Des sols et structures érodés,
- Foyers,
- Trou de poteau
- Beaucoup de céramique
- Meules, broyens, outil à cupule
- de rares artefacts en silex/chaille
- des charbons et carporestes...
- des éléments de couleur jaune, de petits fragments de malachite





**Campagnes 2017-2018 :  
découverte de la  
stratification du site, de  
nombreuses structures et  
des premiers foyers de  
métallurgie**

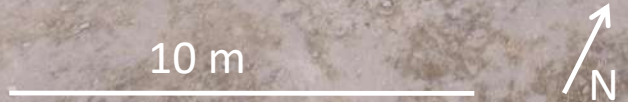




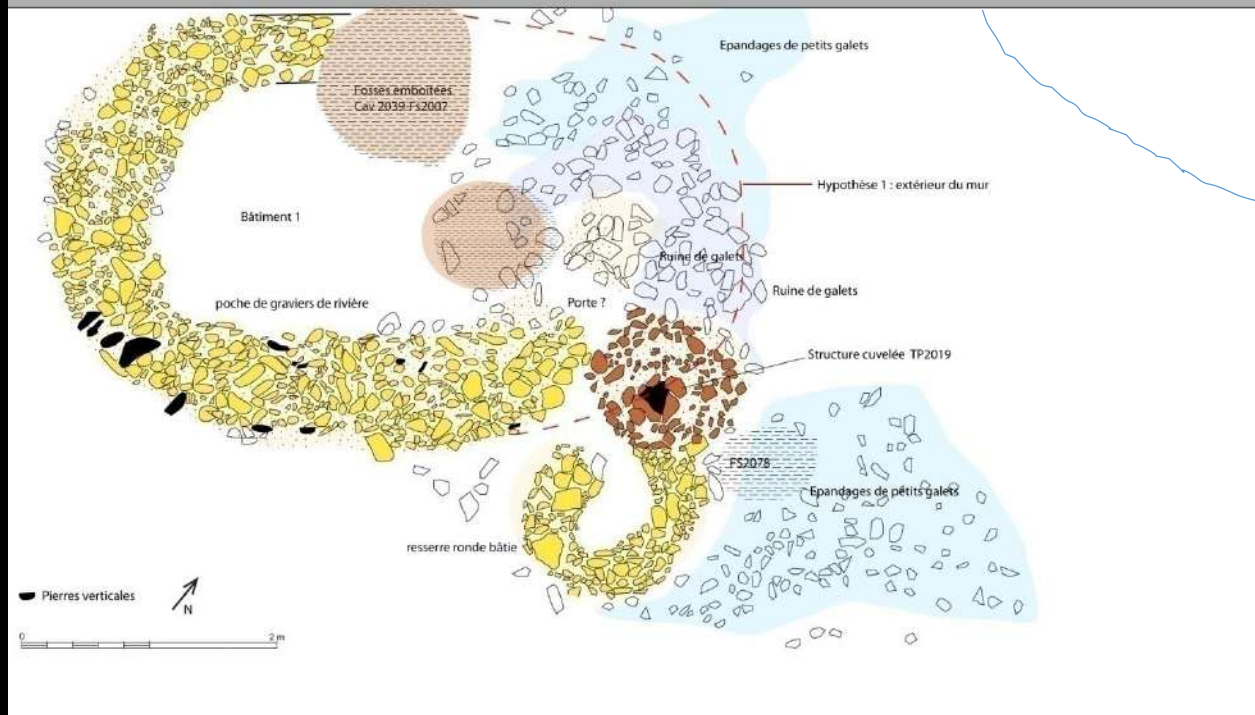


Terrasse constituée de structures et dépôts anthropiques

Une stratigraphie importante > 3 m





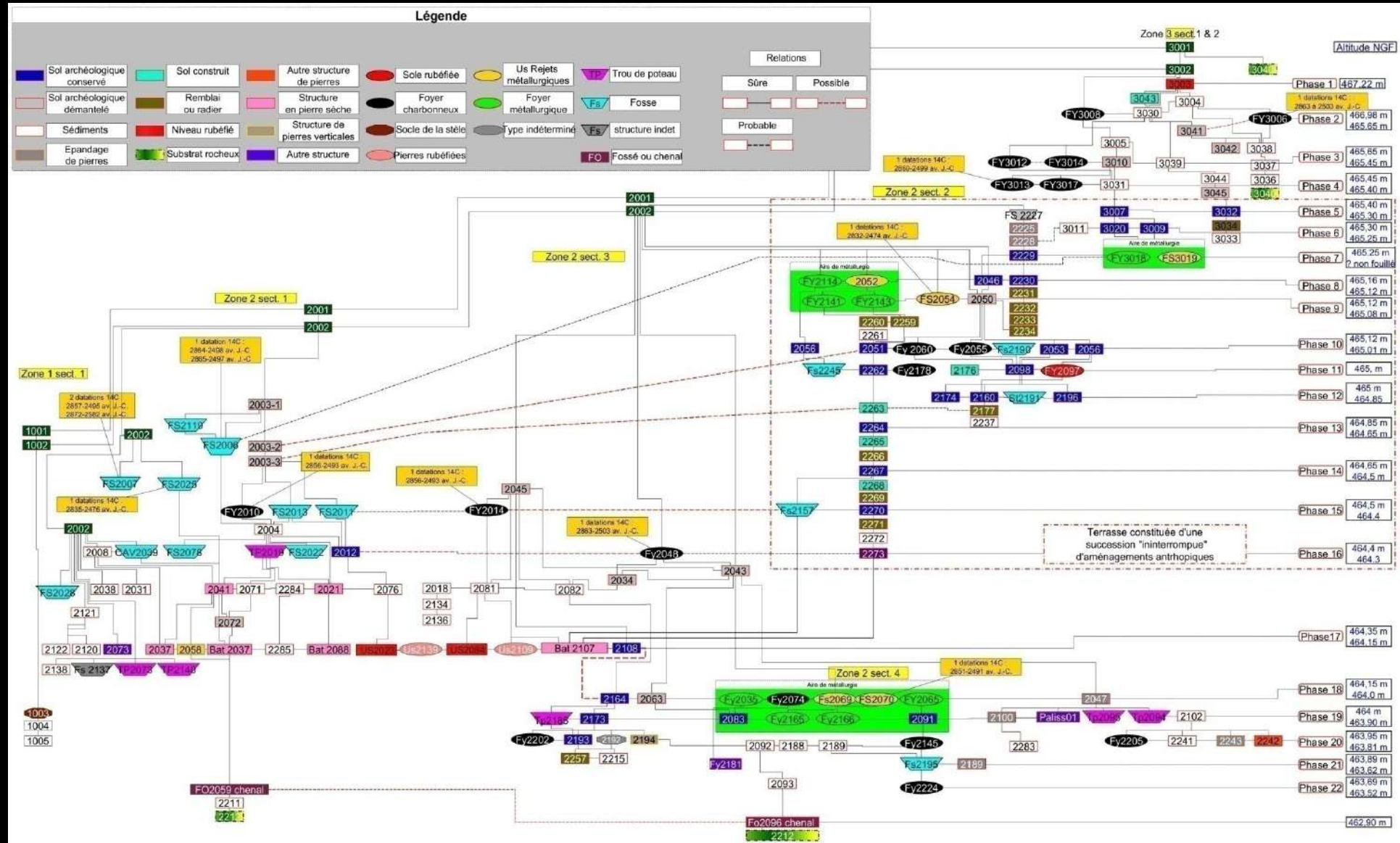


Terrasse anthropique



**Des structures bâties « à la base » du site**

# Une stratigraphie complexe (3,7 m)





## De nombreuses structures domestiques foyers à pierres chauffées (charbonnières)



# Etudes bioarchéologiques

## Carpologie

30 échantillons, 720 restes analysés – bonne conservation des carpores carbonisés

### Céréales – grain & vannes

orge nue, blé nu, amidonnier, engrain

### Fruits sauvages

glands, noisettes, prunelles, mûres, etc

### herbacées sauvages

Nombreux restes



Orge nue (caryopse)

Amidonnier (caryopse)

Blé nu (vannes)

## Anthracologie

5 foyers et 2 fosses, 144 restes analysés – 6 taxons identifiés – bonne conservation des charbons de bois

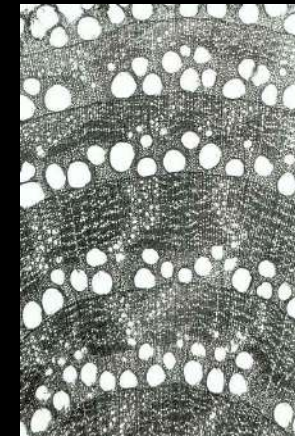
**Aulne** : végétation des marges du cours d'eau

**Chêne, Noisetier et Erable** : chênaie collinéenne

**Hêtre** : végétation plutôt montagnarde

### Objectifs principaux

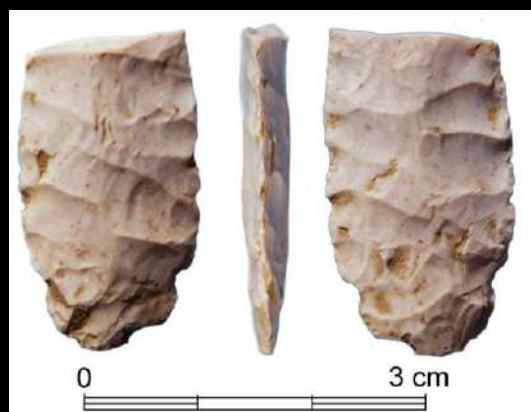
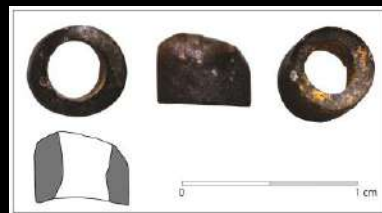
- Diversité taxinomique de la végétation présente aux alentours
- Étendue du territoire d'approvisionnement en bois
- Pratiques artisanales : essences utilisées, calibre des bois brûlés



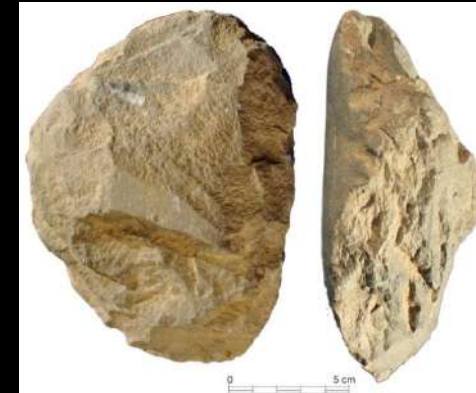
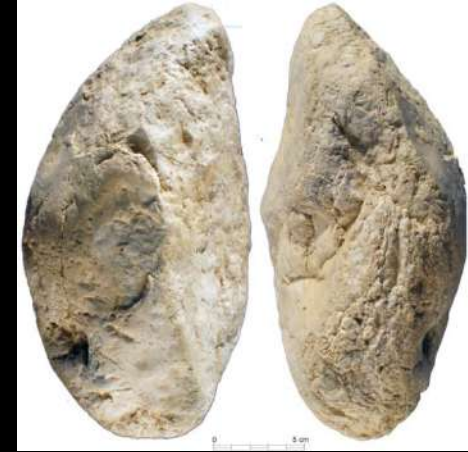
Ex de Coupe transversale  
chêne pubescent



# Mobilier : deux éléments de parure, peu de lithique siliceux

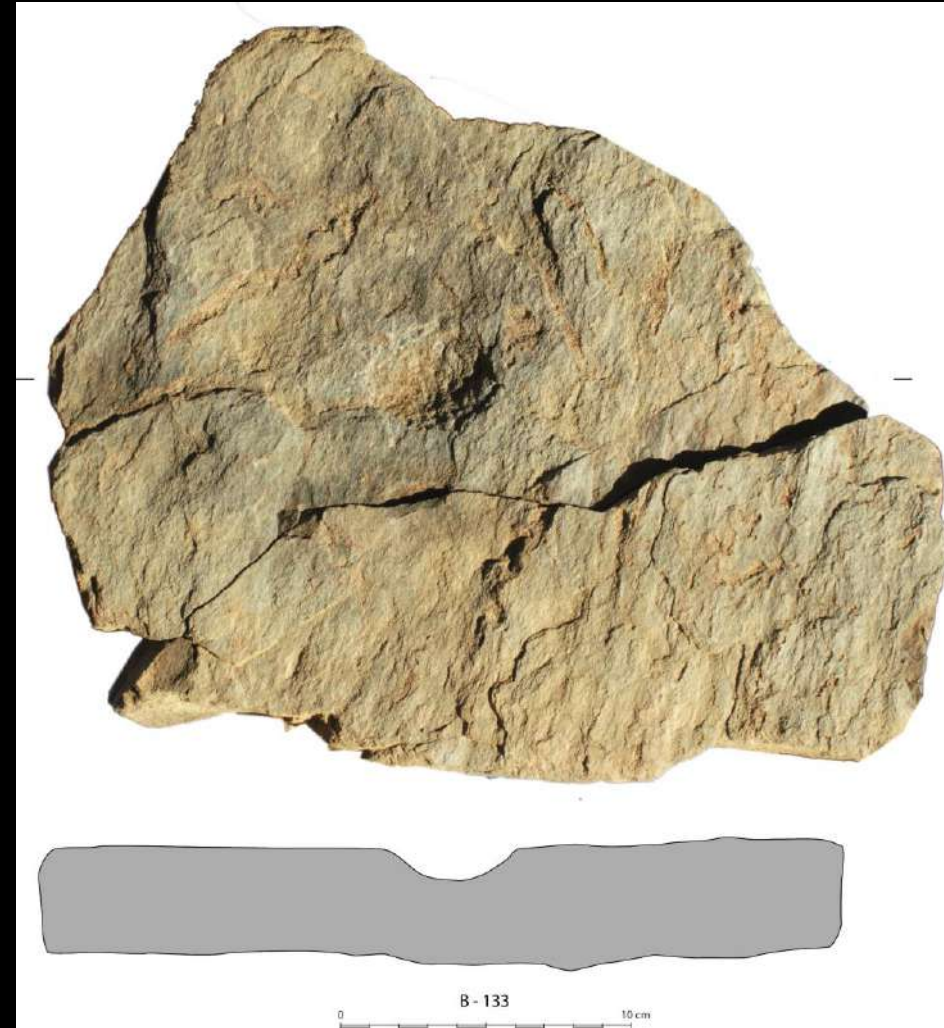
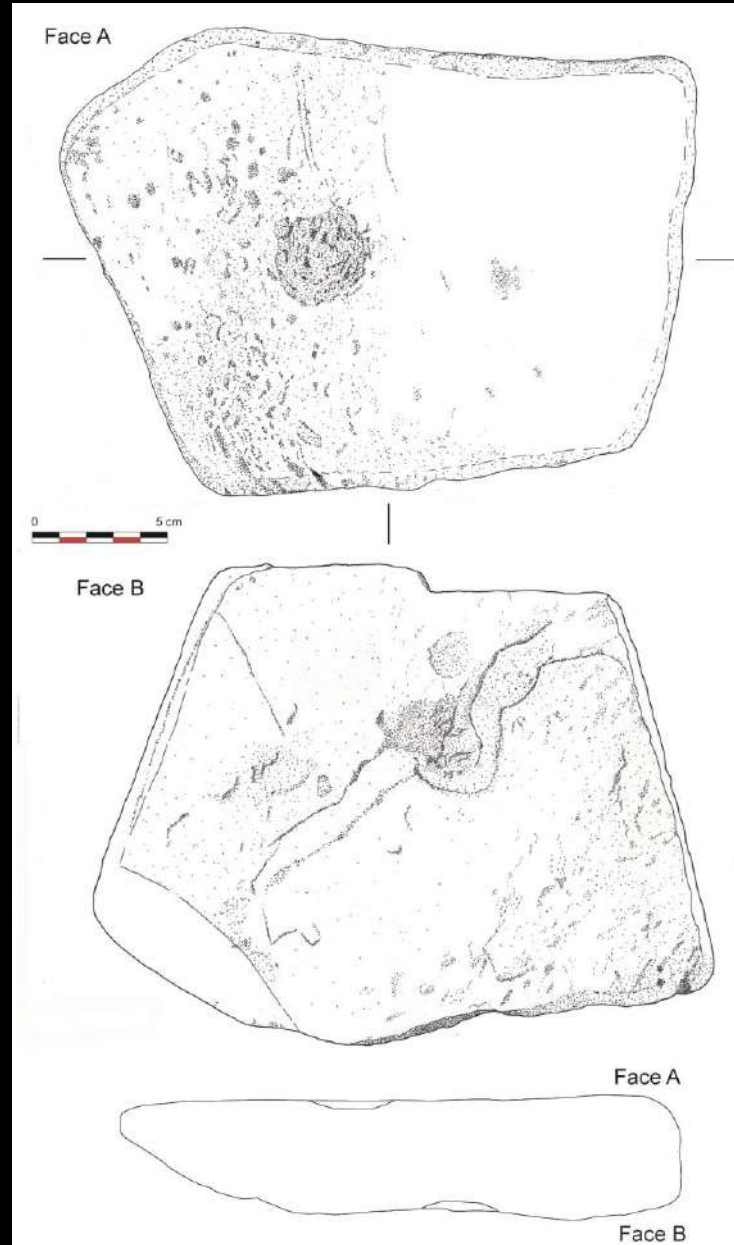


# Des meules et percuteurs

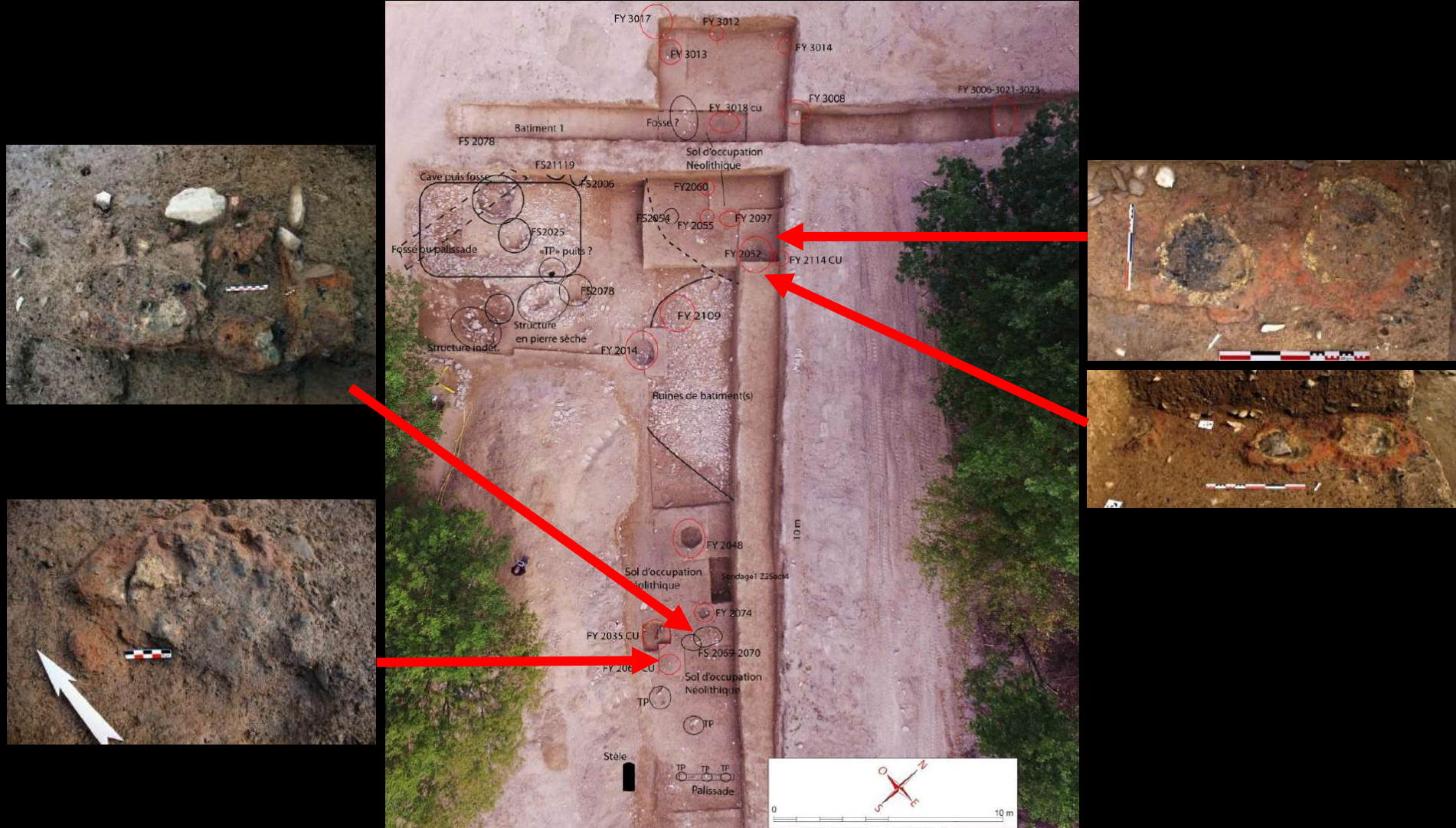




# Deux outils à cupule



# La métallurgie au Planet : 2 aires bien individualisées



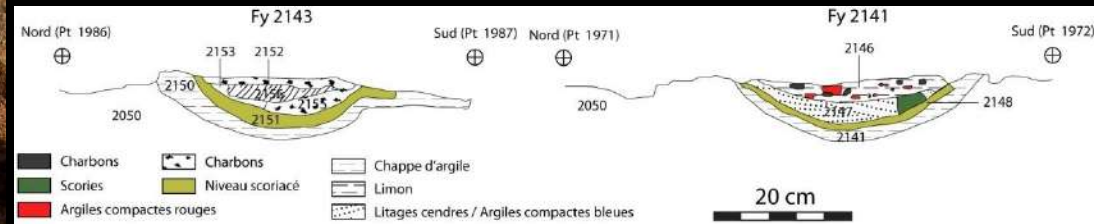
2018 : découverte et fouille de nombreuses structures pyrométallurgiques  
*discovery and excavation of structures pyrometallurgical pits*



# Fours pyrométallurgiques



2018 : Fy 2141 et 2143



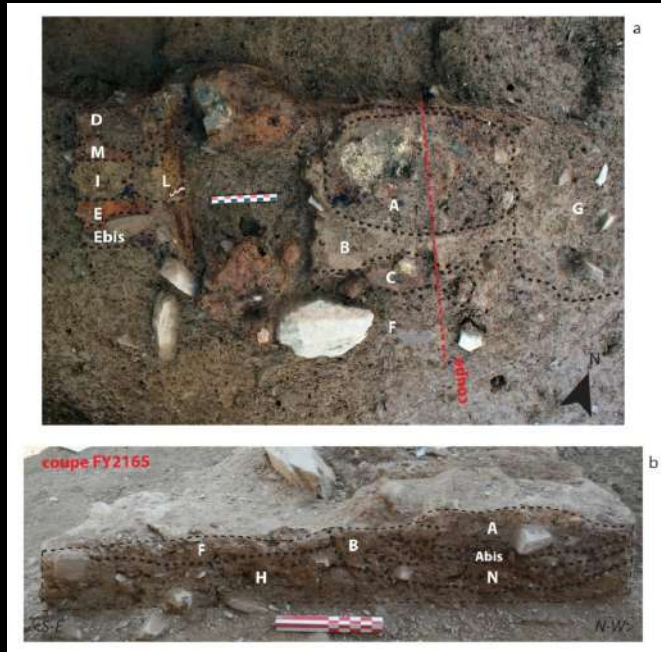
Fy 2065

Etude : M. Laroche, K. Costa

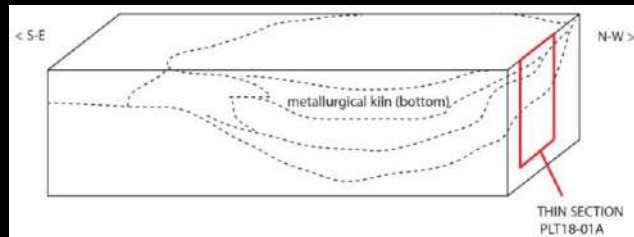


# ANALYSES MICROMORPHOLOGIQUES : PREMIERS RESULTATS

Sampled metallurgical kiln (zenithal view)



Section de l'échantillon du four métallurgique



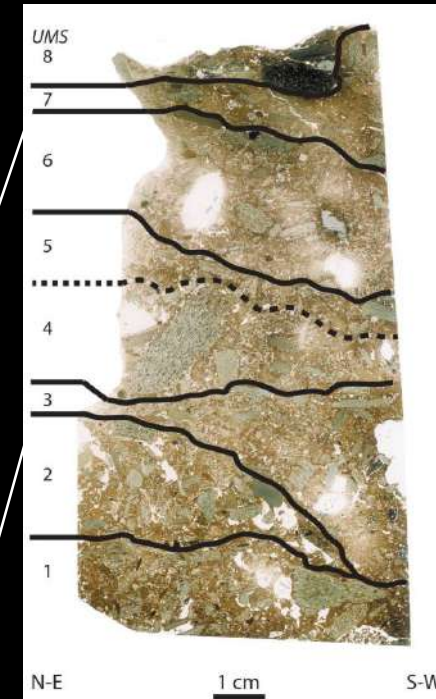
Vue schématique de l'échantillon et position de la première section en bordure de structure

## MICROSTRATIGRAPHY

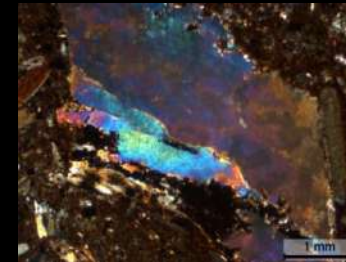
Dernière utilisation (7-8) :  
enduit de terre du fond du  
four, matériaux  
pyrométallurgiques et  
fragments de la structure  
dégradée.

Événements cycliques (3-6)  
de combustion et  
d'entretien (raclage) du fond  
du four : résidus imbrûlés  
mêlés et résidus brûlés  
exposés à des températures  
basses et élevées

(1-2) Surface d'occupation et  
d'aménagement



Fragment de bois exposé à des  
température <200°C



Cu-sulfites (non-processed)  
Sulfure de cuivre

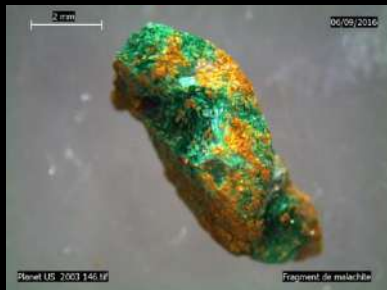
# Minerais découverts sur le site

Minerais de cuivre et de plomb : sulfurés et altérés (carbonates/oxydes)

Malachite : Minerai de cuivre



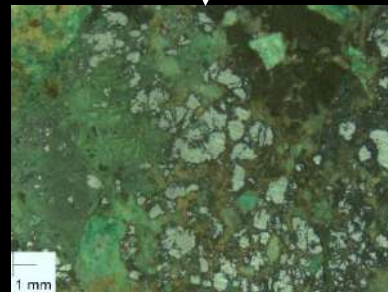
55 à 60% de cuivre



Tétraédrite avec malachite et bindheimite: 140 g



US 2006 Pt 98 - Fouille 2016



27% de plomb et 26% de cuivre +Ag ...

Bournonite avec malachite / bindheimite : 30 g



US 2006 Pt 43 - Fouille 2016

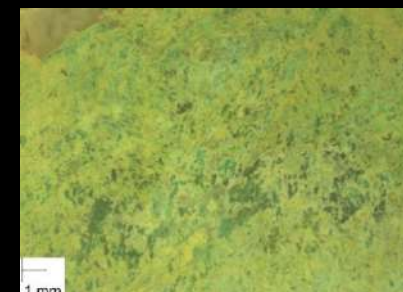


65% de plomb et 10% de cuivre

Malachite/Bindheimite : 99 g



US 2173 Pt 2309 - Fouille 2018



60% de plomb et 14% de cuivre

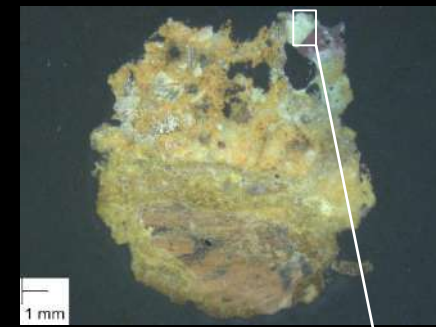


# Les scories

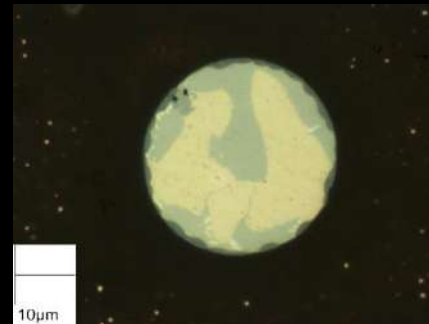
Scories chalcolithiques en section avec des microbilles de metal non corodées



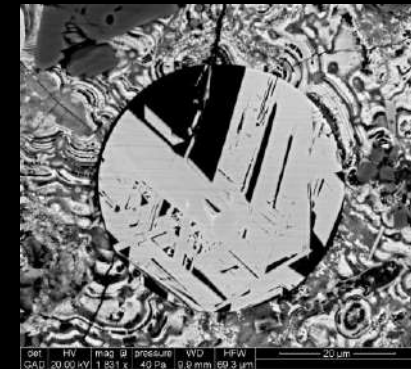
US 2096 Pt 1663



US 2050 Pt 1265



Microstructure d'une goutte de métal cuivre-argent-antimoine et plomb. Présence de sulfure sur les pourtours.



Goutte de métal : plomb  
*Lead metal drop*

# Fragments de métaux



US 2047 Pt 1397 – Excavation 2017

Nodule de plomb métal en section contenant 1% de cuivre et d'antimoine

Photos, analyse MEB : E.Dransart/EMTT



US 2164 Pt 2196 – Excavation 2018

Fragment de cuivre très altéré, avec un peu d'argent et d'antimoine.



Lingot de « plomb » découvert en 2019

Us 4041 ; Pt 3263

Poids 42,369 g



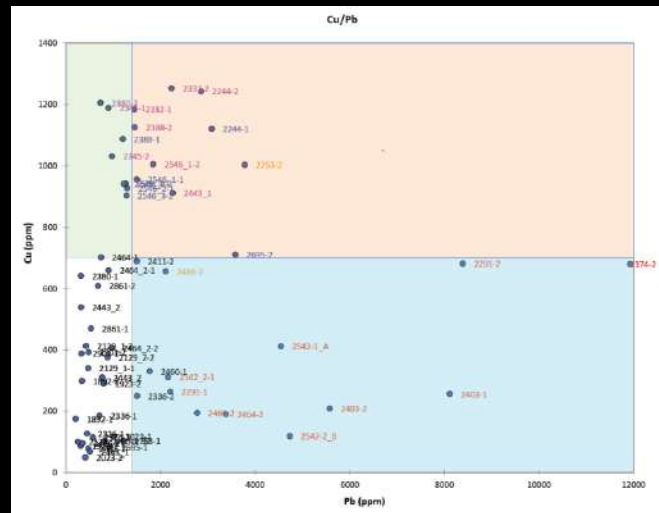
Artéfact en plomb découvert en 2019

US 4146



# Des tessons avec dépôts scoriacés ou fortement chauffés

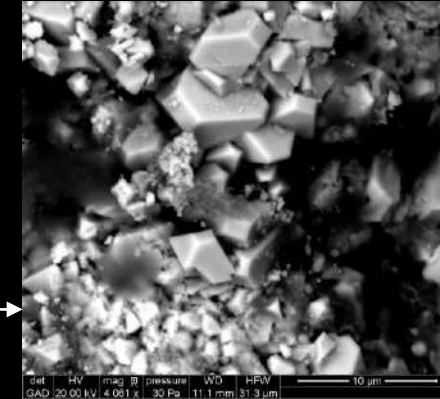
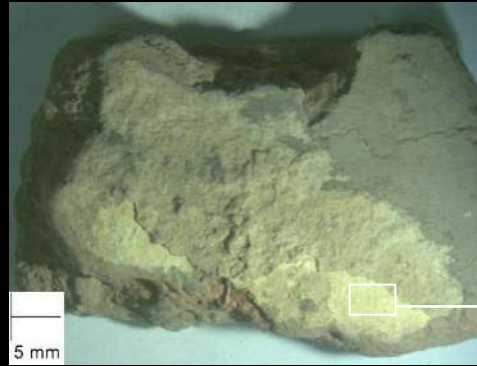
## Analyse Xrf des surfaces



XRF : Mehmet Sha and Kévin Costa,  
statistical study : Kevin Costa

## Examen de tessons avec un dépôt jaunâtre

*Ceramic fragment: examination of thin yellow deposits on inner wall*



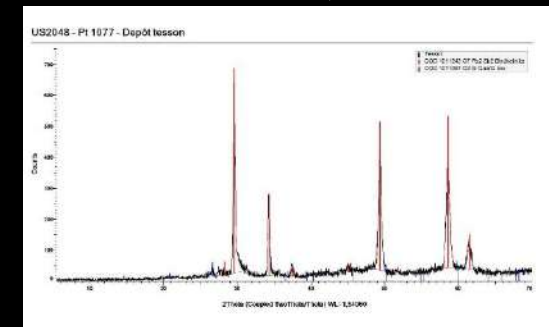
US 2048 Pt 1077 – Fouille 2017

Fin dépôts cristallisé riche en oxyde de plomb/antimoine. La structure cristalline est de la bindheimite. Présence de cuivre et d'arsenic (<3%)

Hypothèse : fin dépôt issu de vapeurs dégagées lors de la fusion du métal contenant cuivre, arsenic, plomb et antimoine dans le creuset

*Fine crystalline deposits of lead / antimony oxide whose crystalline structure is bindheimite  
Presence of copper and arsenic (<3%).*

*Possible hypothesis: fine deposits from vapors emitted during the heating of molten metal containing copper, arsenic, lead, antimony, in a refining crucible.*



Spectre de diffraction X

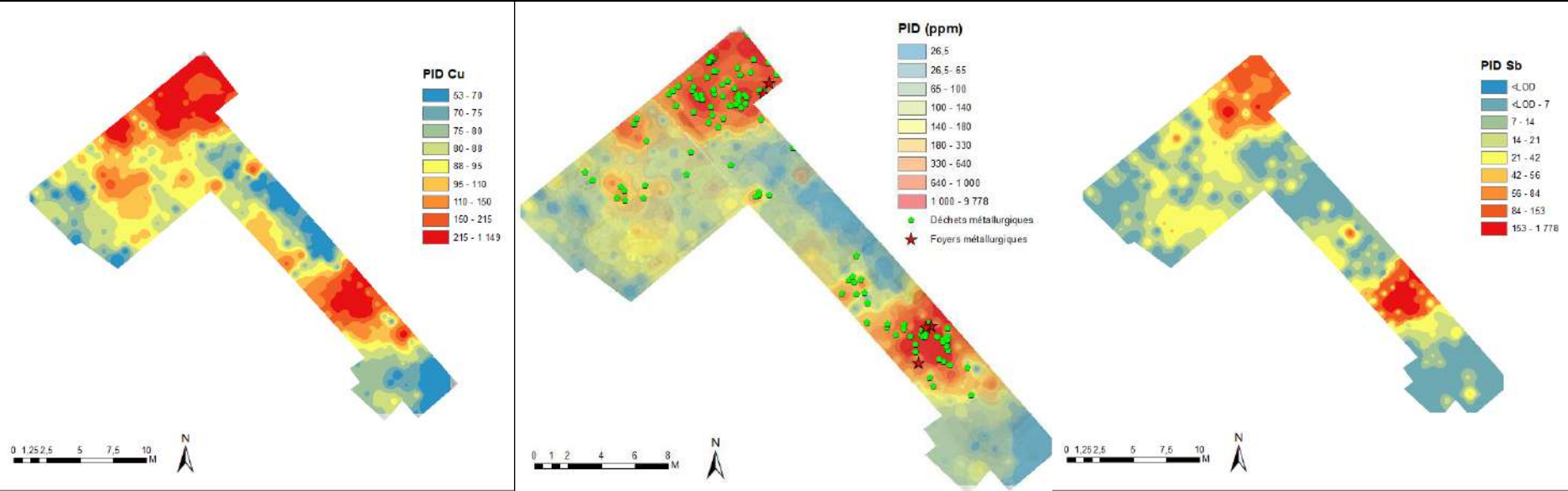
# Analyses géochimiques(XRF)

Etude de la pollution des sols et des sédiments

Cu

Pb

Sb



XRF, Statistical study, GIS : Mehmet Sha, Kevin Costa



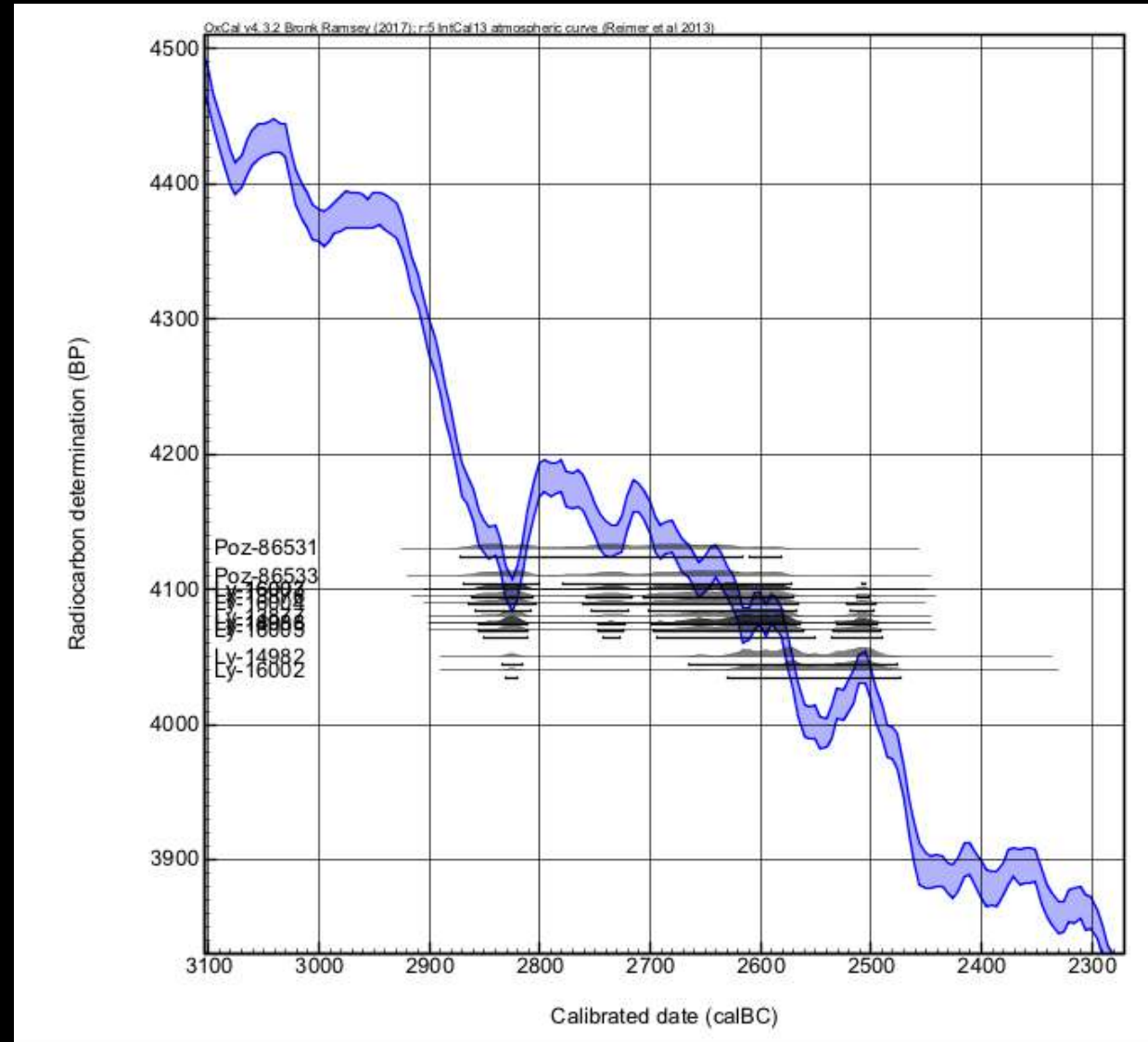
# Datation

**Douze datations  $^{14}\text{C}$  AMS sur carporestes :**

- Phases moyennes et récentes
- Toutes comprises entre 2873-2480 av. J.C.
- Phases anciennes non datées à ce stade

**Archéomagnétisme sur 3 foyers :**  
2900-2500 av. J.C.

**Dendrochronologie :** possible plusieurs bois  
>50 cernes : en cours



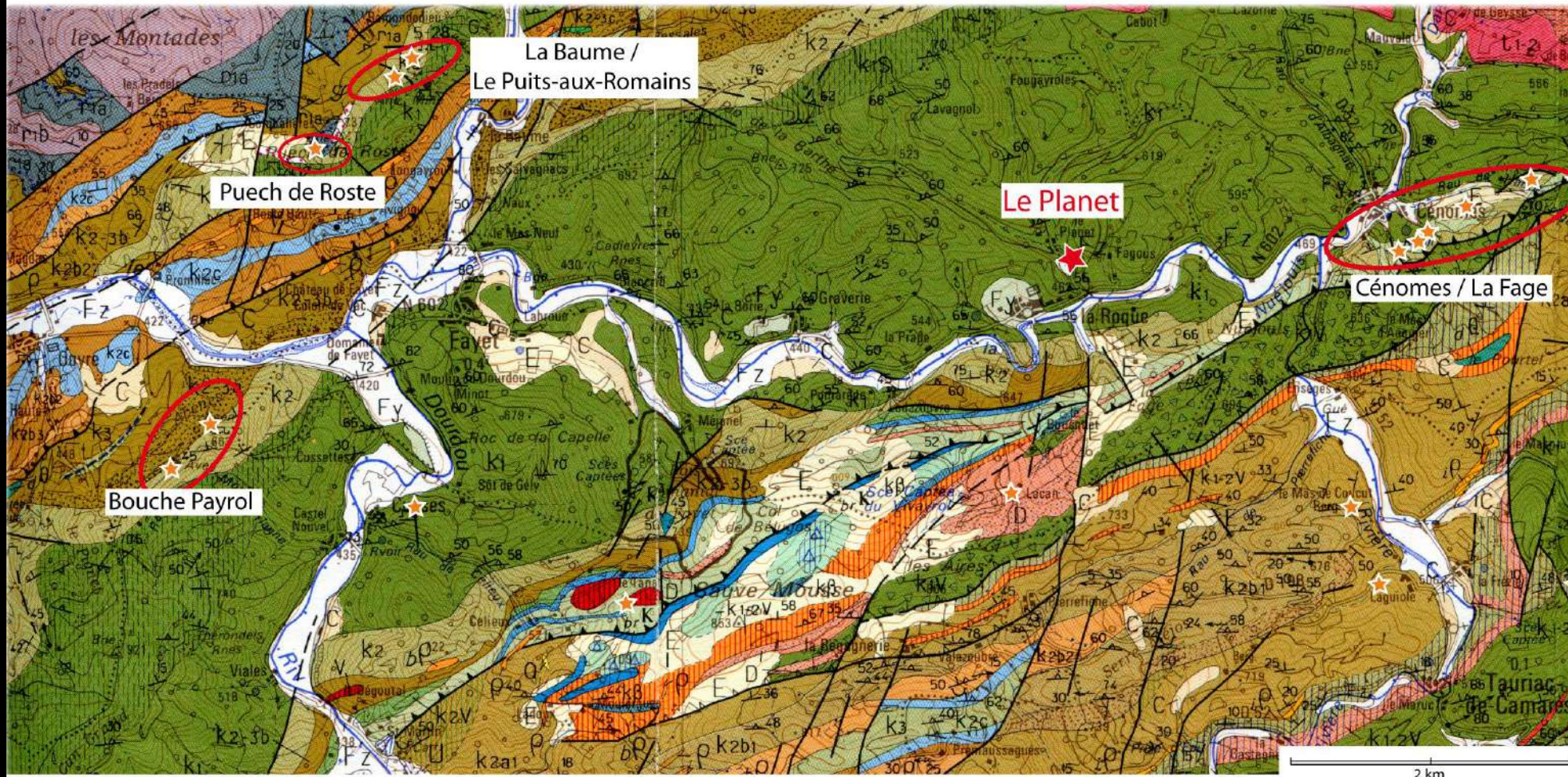
## Site de comparaison : Cabrière-Peret (La capitelle du Broum)



[http://www.prehistoire.org/offres/file\\_inline\\_src/515/515\\_pj\\_090119\\_115533.pdf](http://www.prehistoire.org/offres/file_inline_src/515/515_pj_090119_115533.pdf)

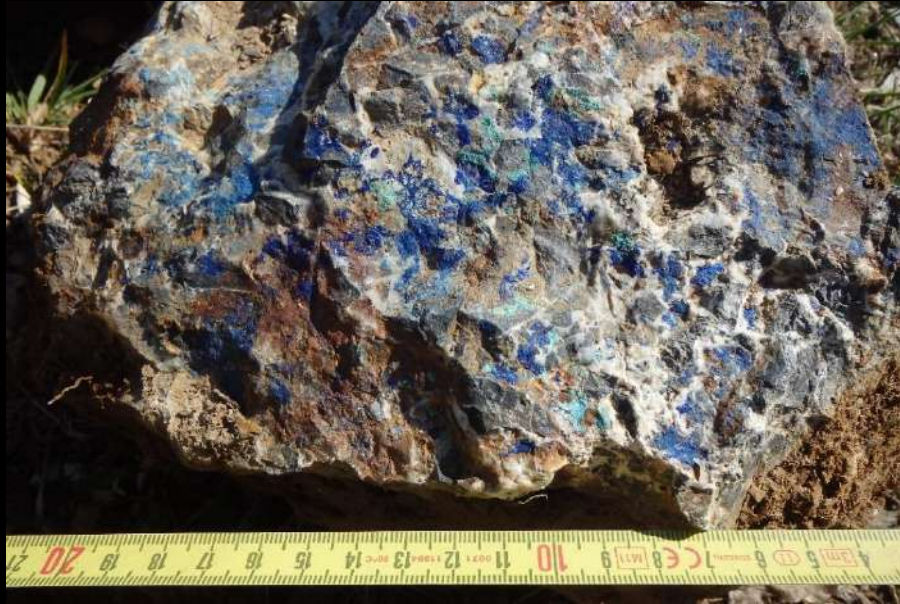


# Contexte minier du district de Fayet





## De nombreux gîtes de minerais divers



Plusieurs types de minerais ont été trouvés en prospection

-Minerais sulfurés : Tétrahédrite et bournonite principalement

- Minerais d'altération oxydés ou carbonatés : Bindheimite (jaune), azurite (bleu) et malachite (verte)





# Un environnement minier très riche



un district de 100 km<sup>2</sup>

protohistoriques

pré ou

Des milliers de marteaux de mineurs en roches magmatiques

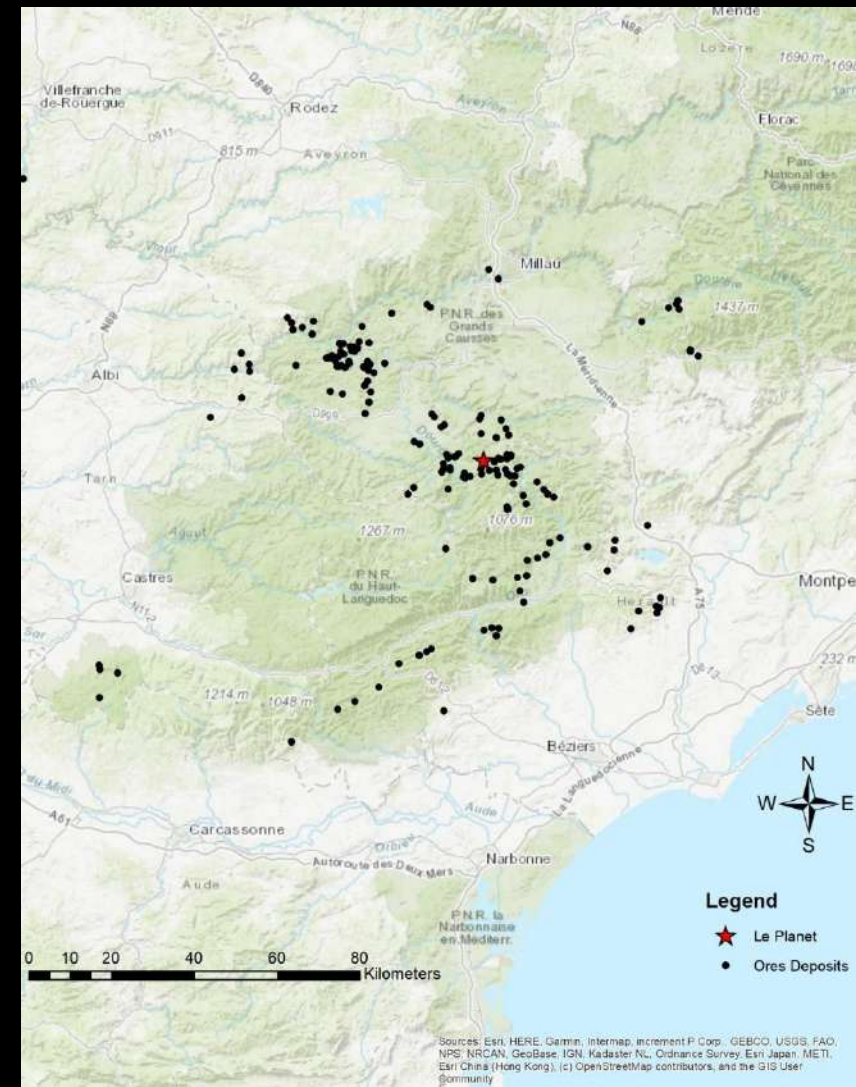


## Programme collectif de recherches : Mines et métallurgies pré et protohistoriques en Occitanie

- Recenser et prospector les gisements de cuivre
- Constituer des bases de données (minerais et objets)
- Réaliser des analyses géochimiques (minerais et objets)
- Constituer un référentiel isotopique (minerais et objets)
- Mener des études environnementales et géomorphologiques
- Approches expérimentales



Petite entrée Bouche-payrol





## Quelques chiffres pour l'Aveyron

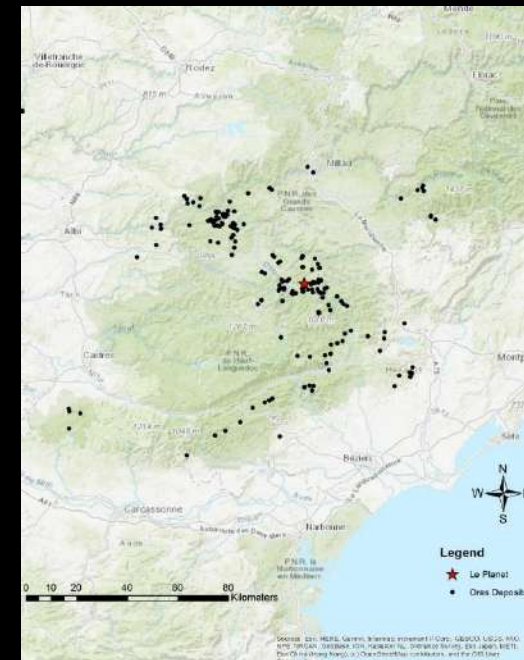
Minéralisation	150
Mines publiées	1 préhistorique, des mentions de travaux médiévaux
Mines référencées en 2019	45 de manière diachronique
Mobiliers archéologiques	900 objets néolithiques en cuivre
Sites métallurgiques pré/protohistoriques	1 en Aveyron, 1 Tarn et Garonne, 2 Tarn





# Quelques exemple de mines

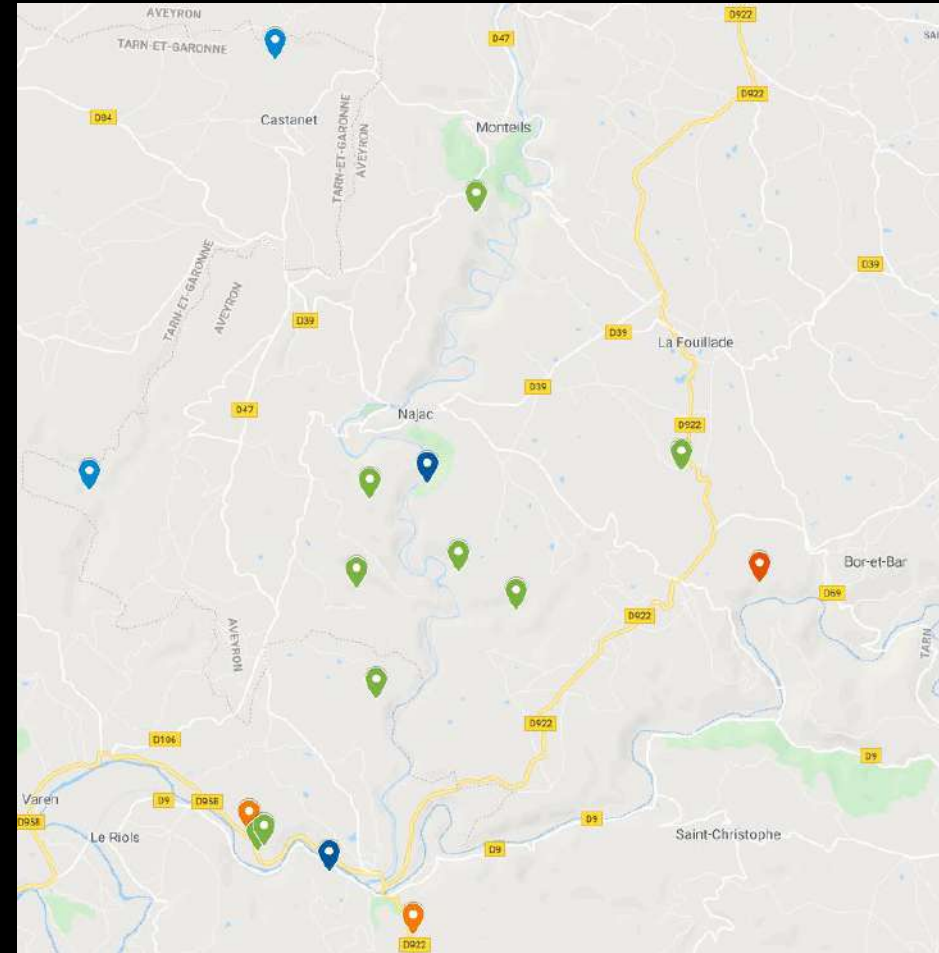
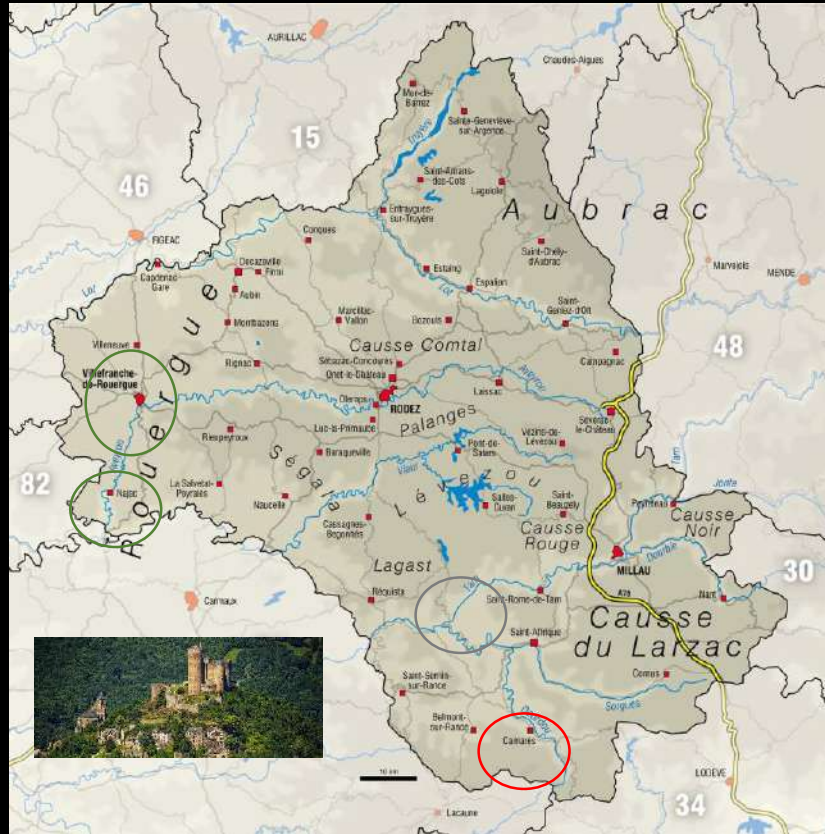
District de Fayet (site du Planet)





## Quelques exemple de mines

District de Najac (site du Al Clauss)





## Quelques exemple de mines

District de Najac (site du Al Clauss)





## Indices environnementaux

Impact géomorphologique

Impact sur les sols et les cours  
d'eau

Déboisement ancien →  
Dynamique érosive





# Expérimentation





PLANCHE N°16

Expérimentation n°6 et n°7

60 % malachite RDC et 40 % minerai de Mourgis

Réduction (25/8/2019) et affinage (27 et 29/08/2019)

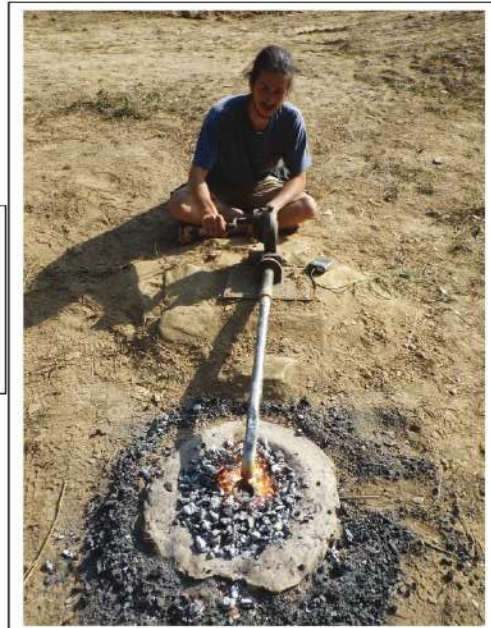
Opération de grillage/réduction : départ de dioxyde de soufre



Masse cuprifère avec scorie



Affinage avec fusion d'un  
morceau de l'éponge  
Manip 7 bis du 29 août  
2019



Obtention d'une éponge  
cuprifère de 523 g après  
éparation des résidus de  
scorie.



Intervenants : L'équipe de Planet





Photo 1

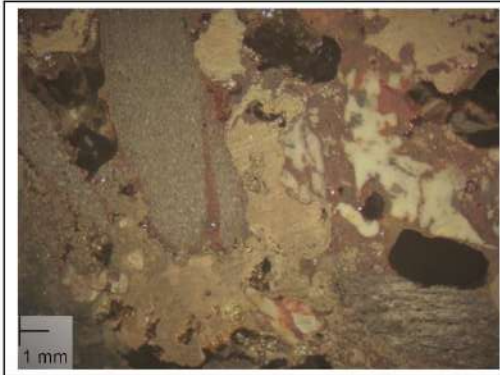


Photo 2

**PLANCHE N°17**  
**Examen binoculaire et**  
**MEB**  
 Expérimentation n°6 et 7 bis

Structure très hétérogène avec nodules de cuivre chargés avec un peu de plomb et antimoine, zone très riche en composés soufre, antimoine, plomb, fragments de roches partiellement chauffés et fondus.

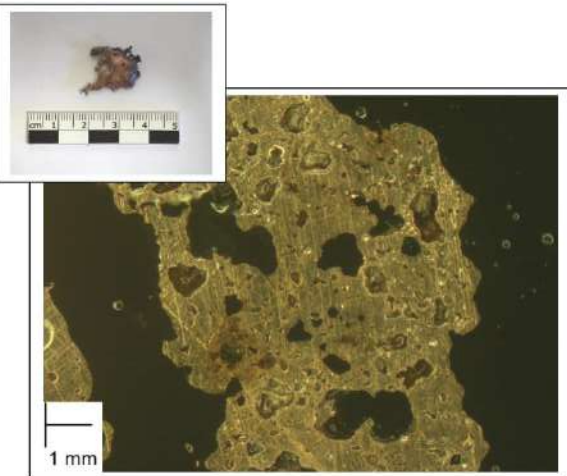


Photo 3

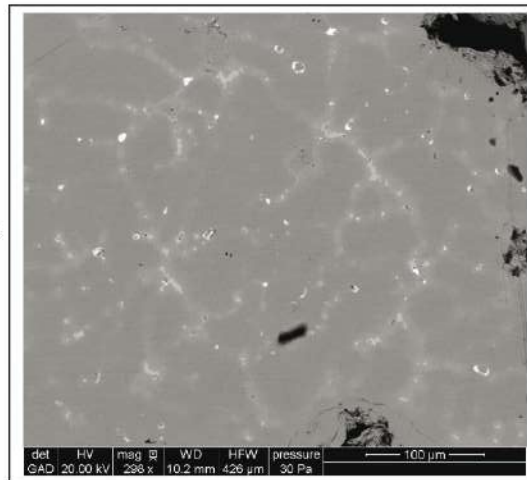
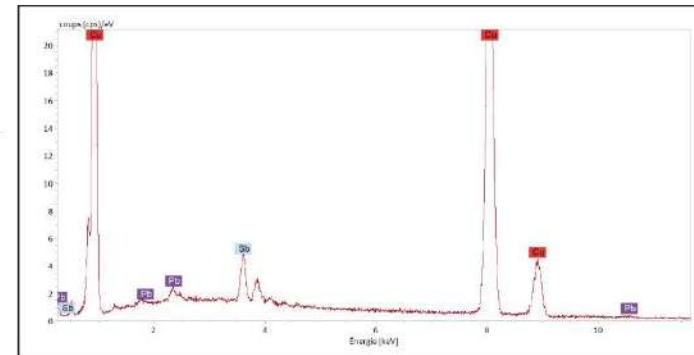


Photo 4

G x 426

Analyse après fusion affinage :  
 1% de plomb et 2,7 % d'antimoine.

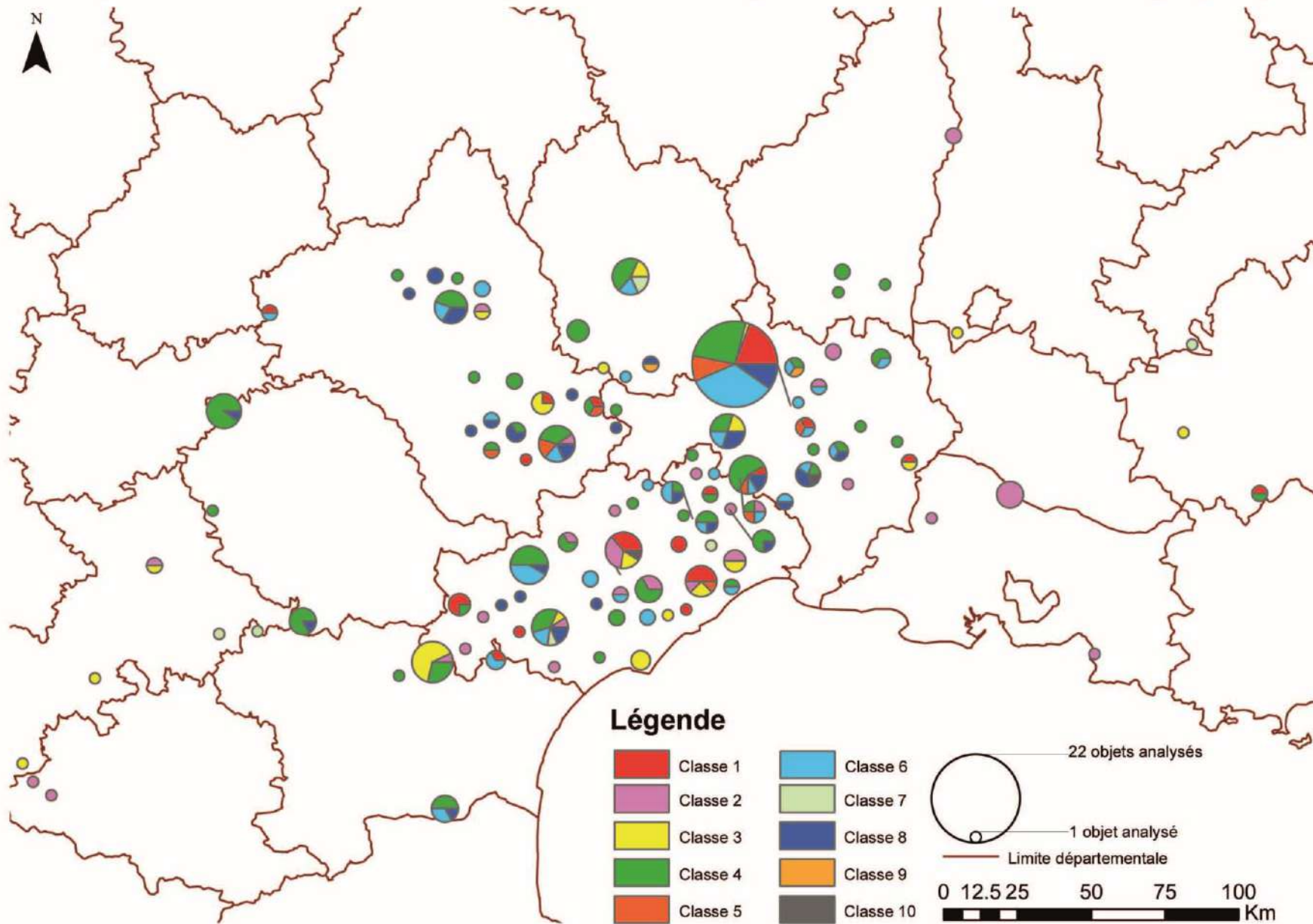




- Accès à des collections locales
  - Matériel de fouilles anciennes
  - Matériel de collection privé (découverte ancienne)
  - Dépôt dans des anciens lieux d'exposition municipaux ou mairie

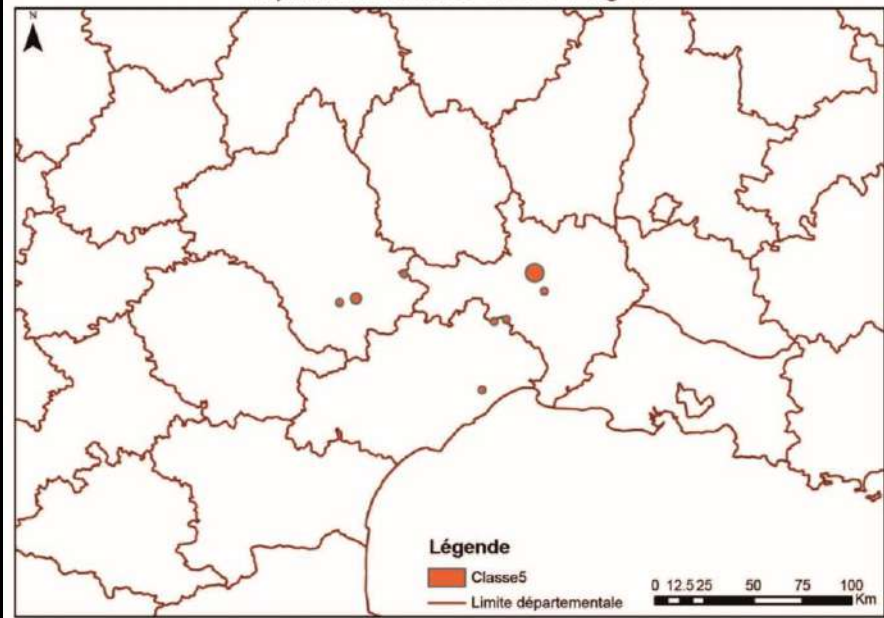


# Répartition des classes statistiques des cuivres (Données issues de la bibliographie)

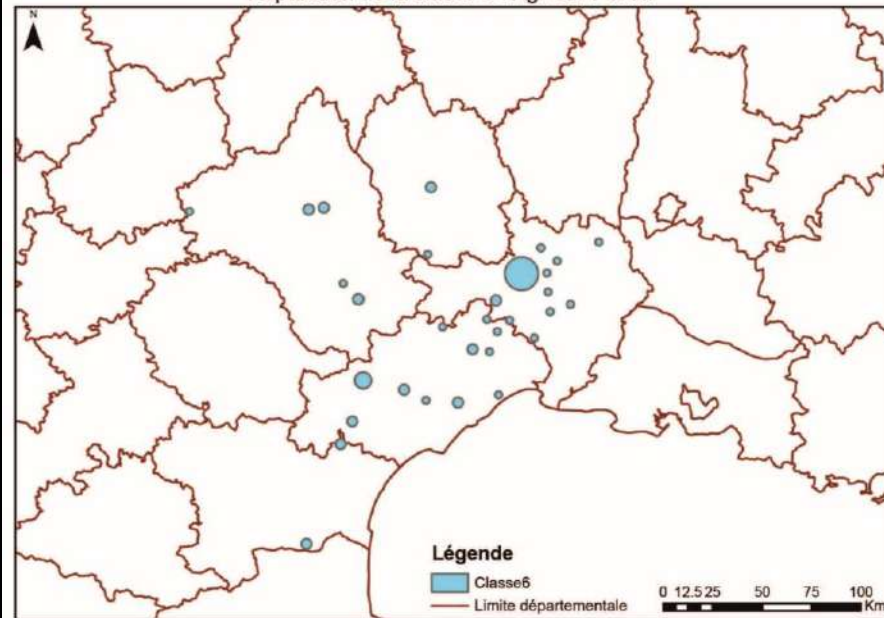




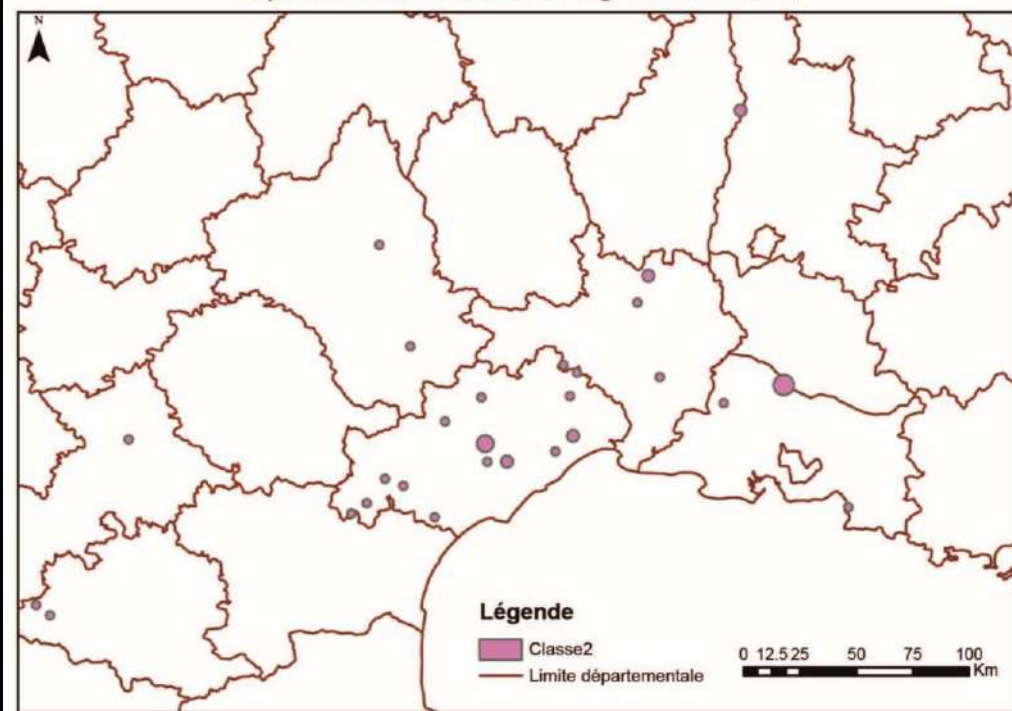
Répartition de la classe 5 : Sb>Pb>Ag>Ni



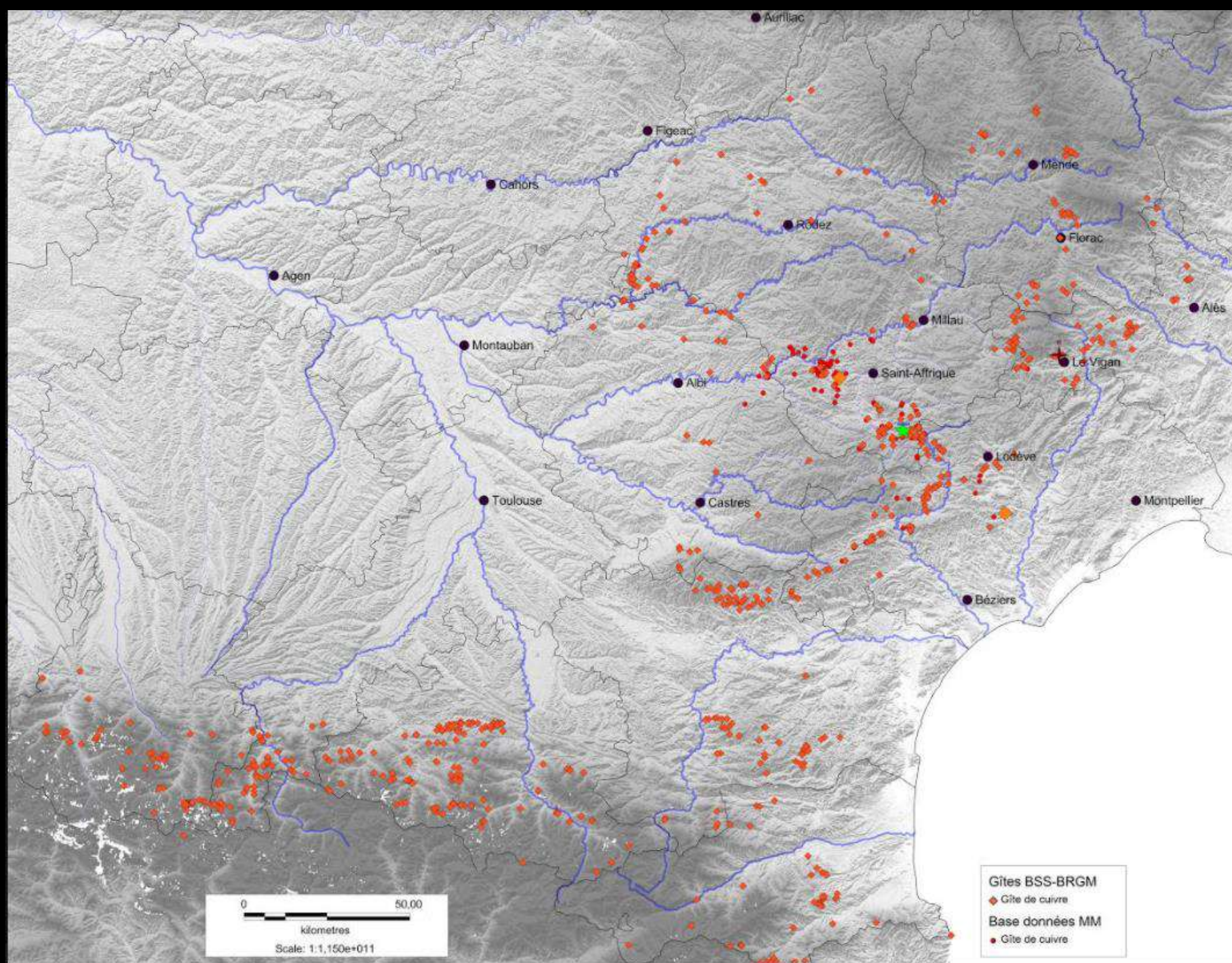
Répartition de la classe 6 : Ag>Sb>Pb>Ni



Répartition de la classe 2 : As>Ag>Ni>Pb>=Sb=Bi

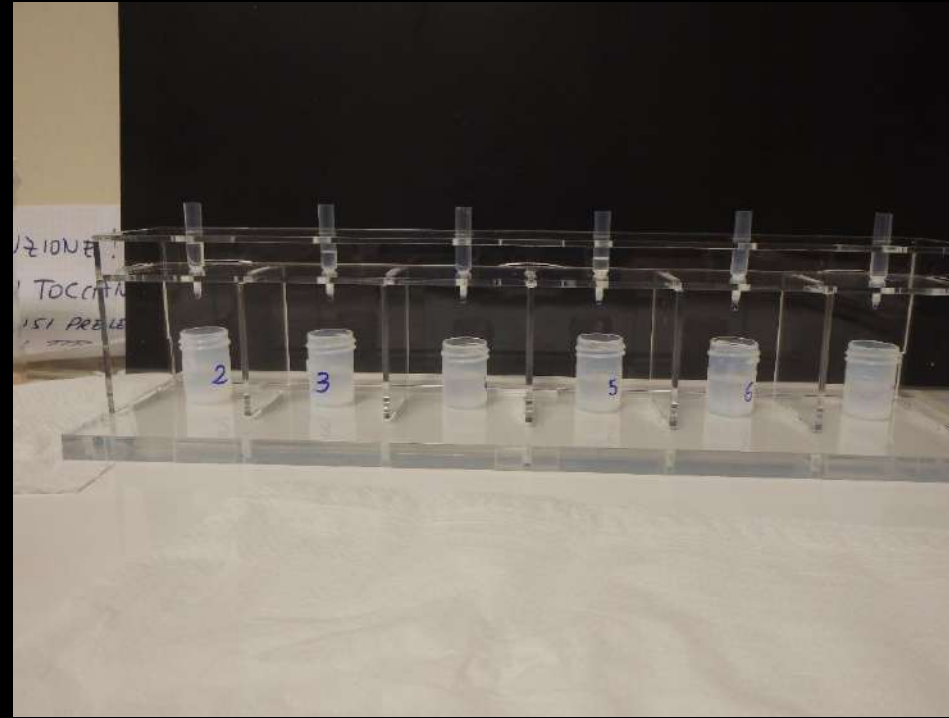


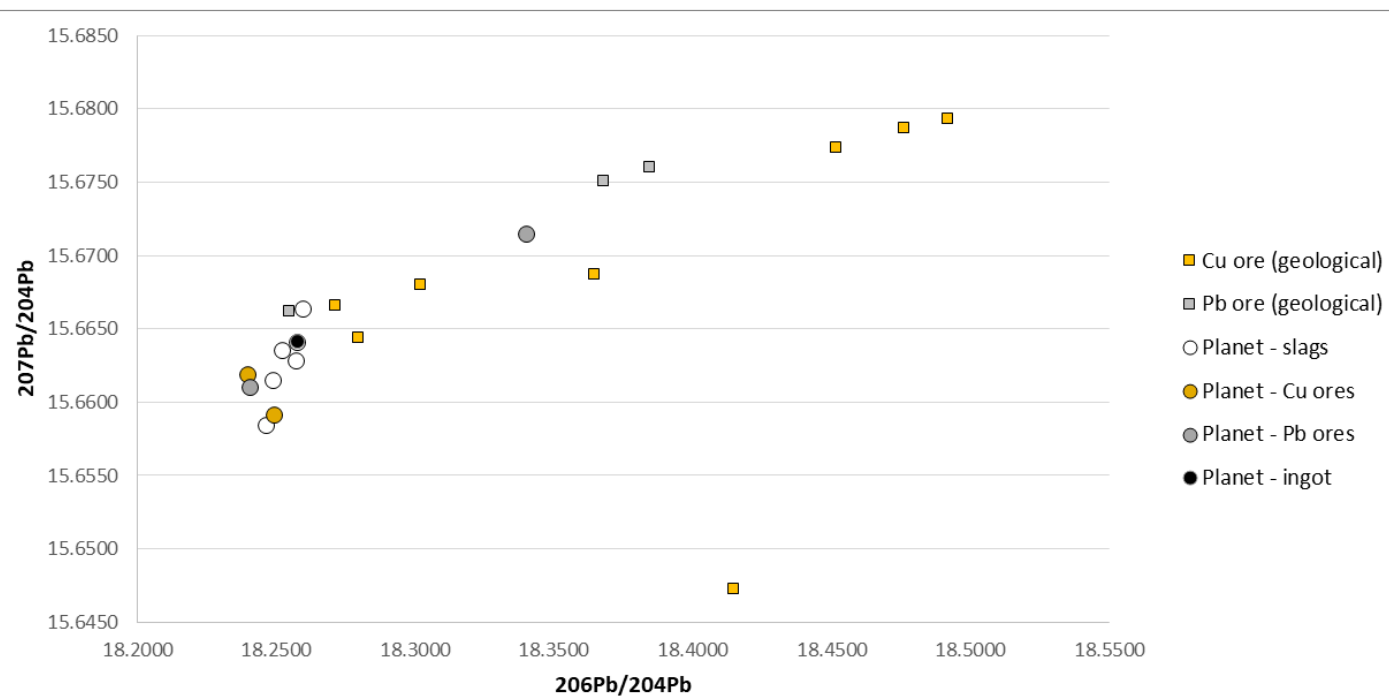
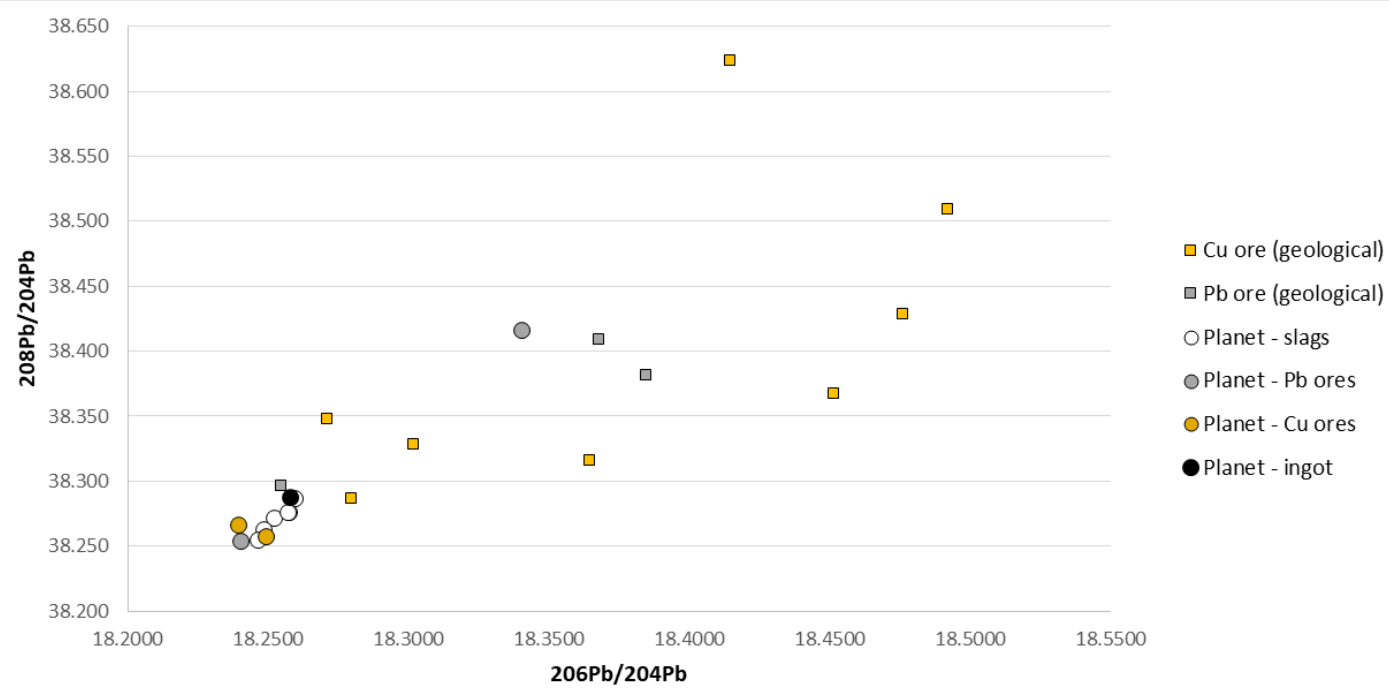




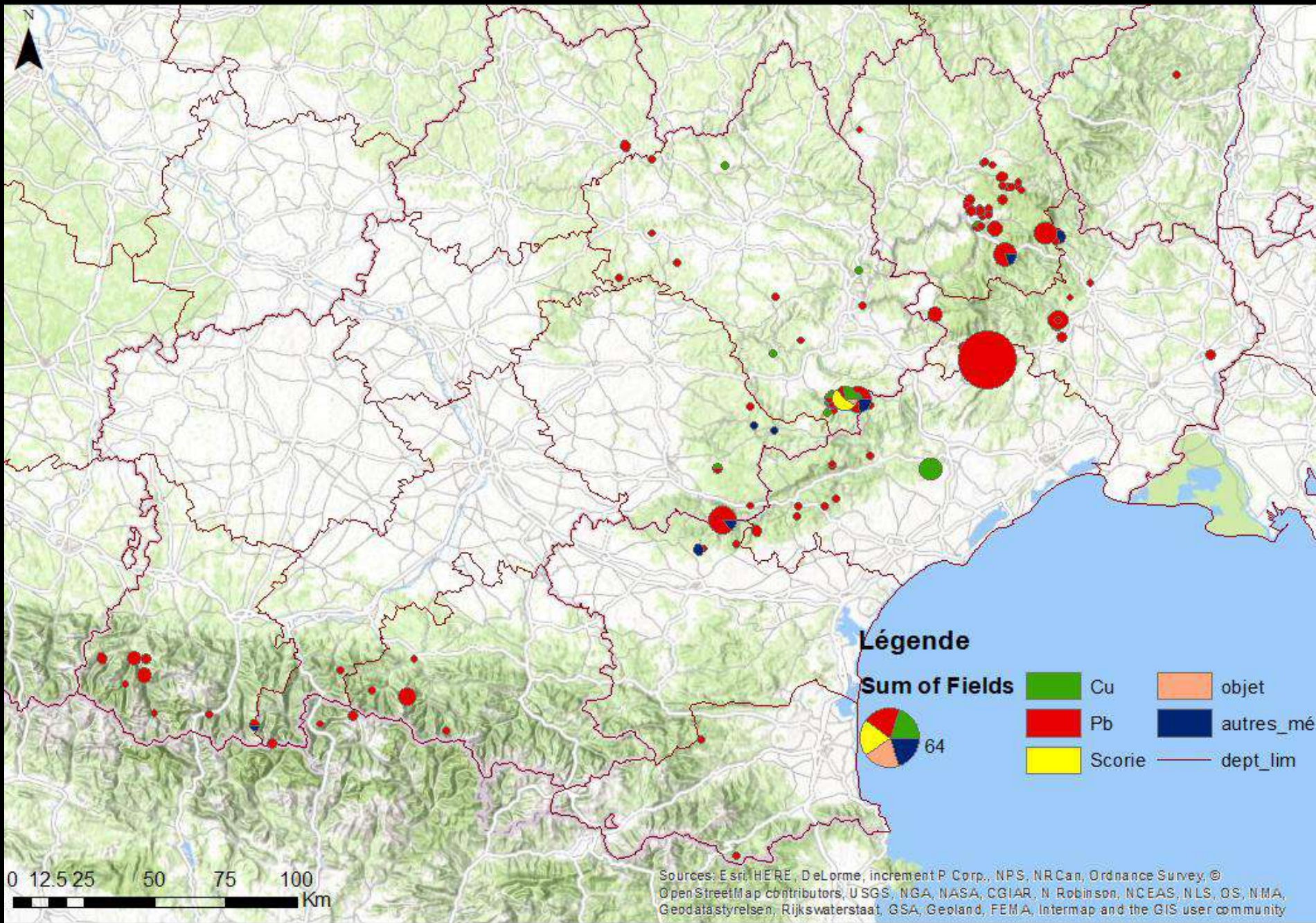


## Analyses en cours

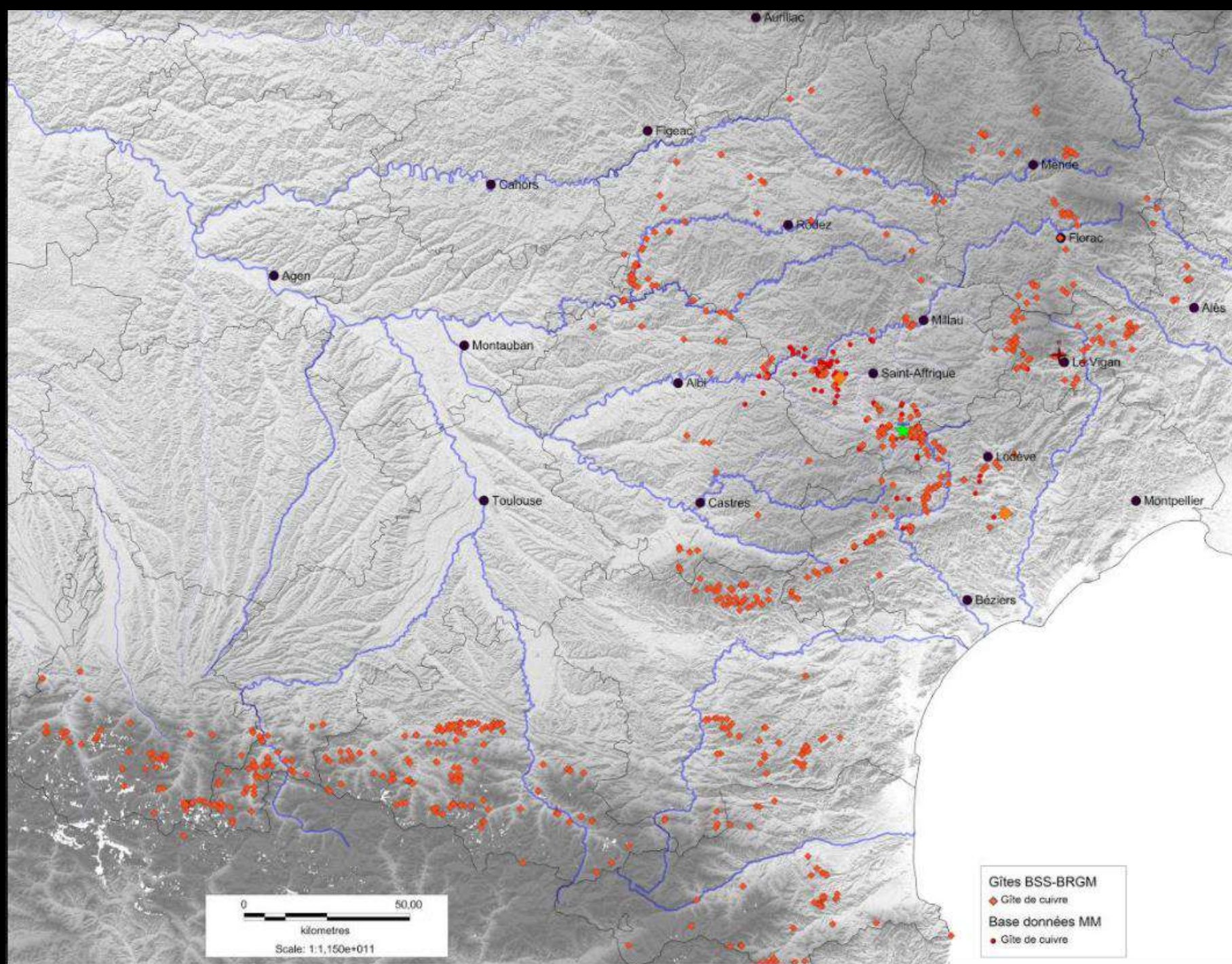






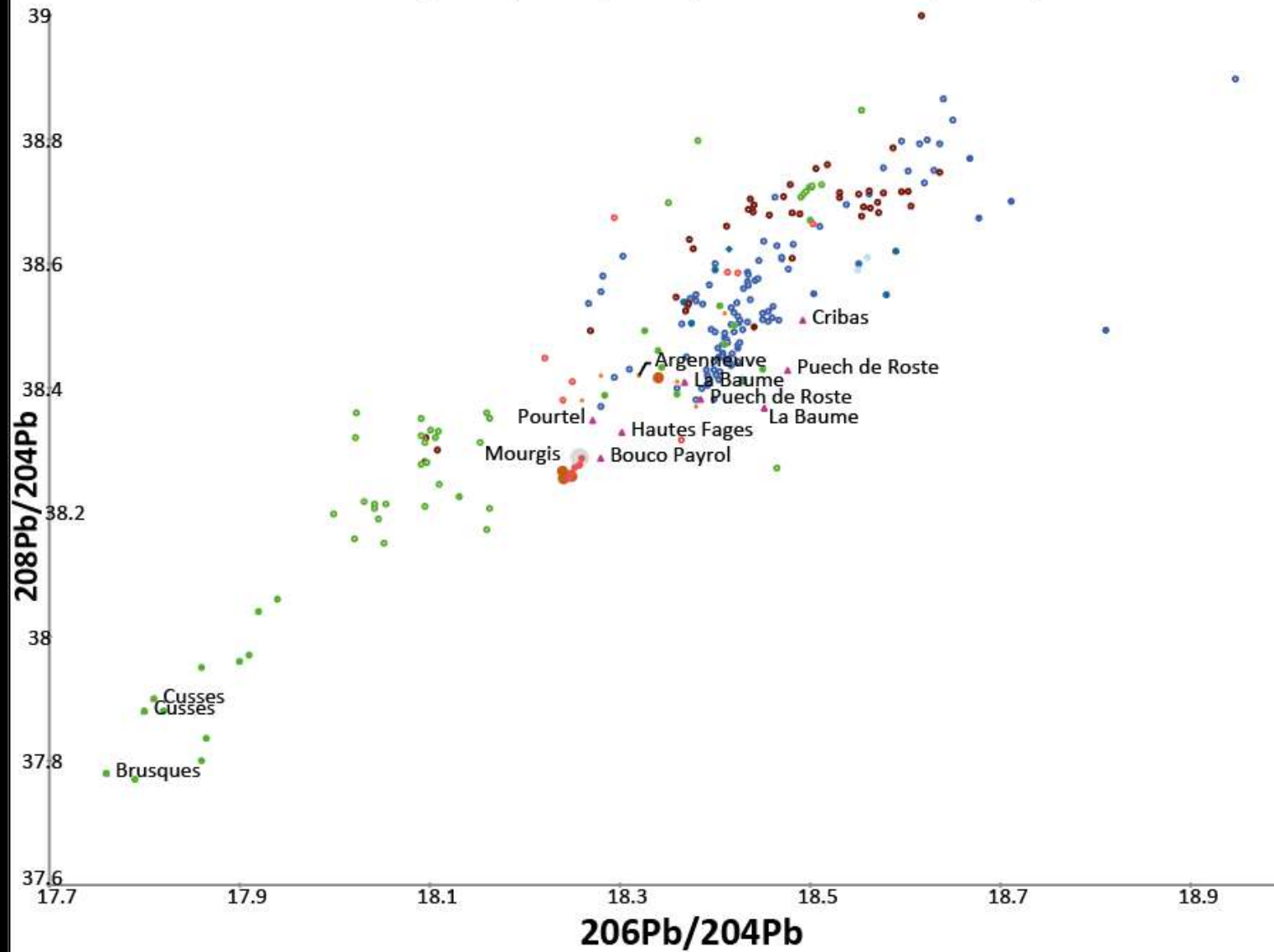






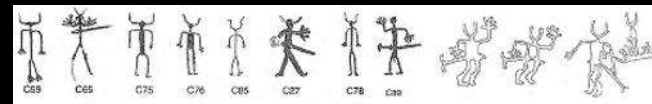
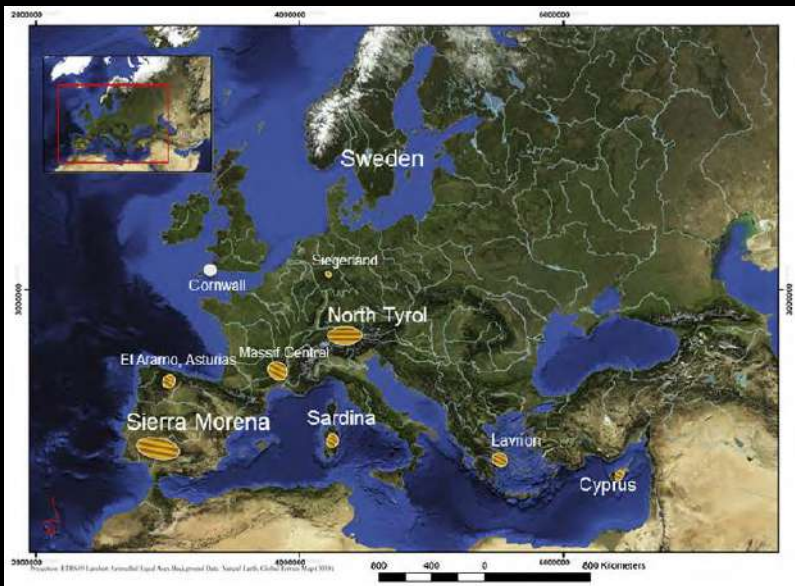
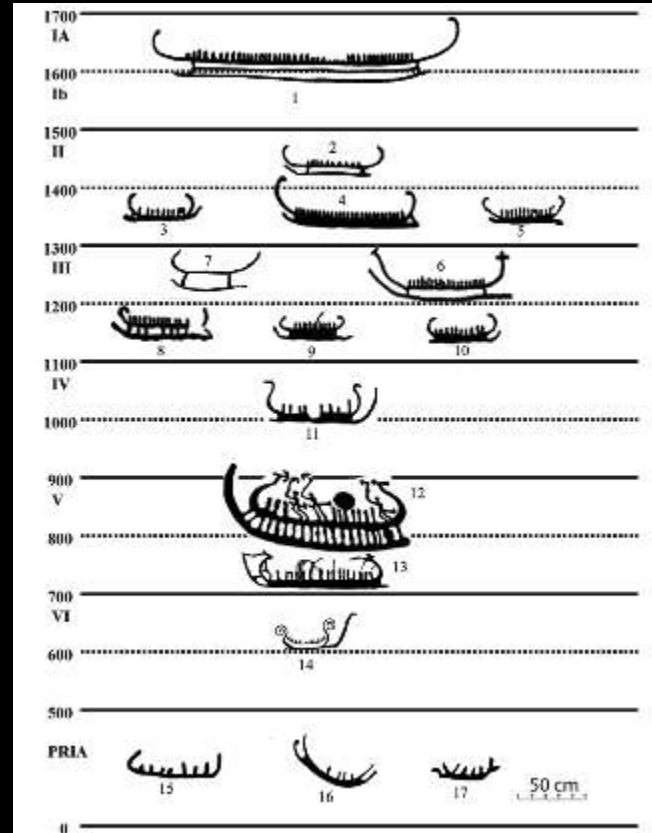
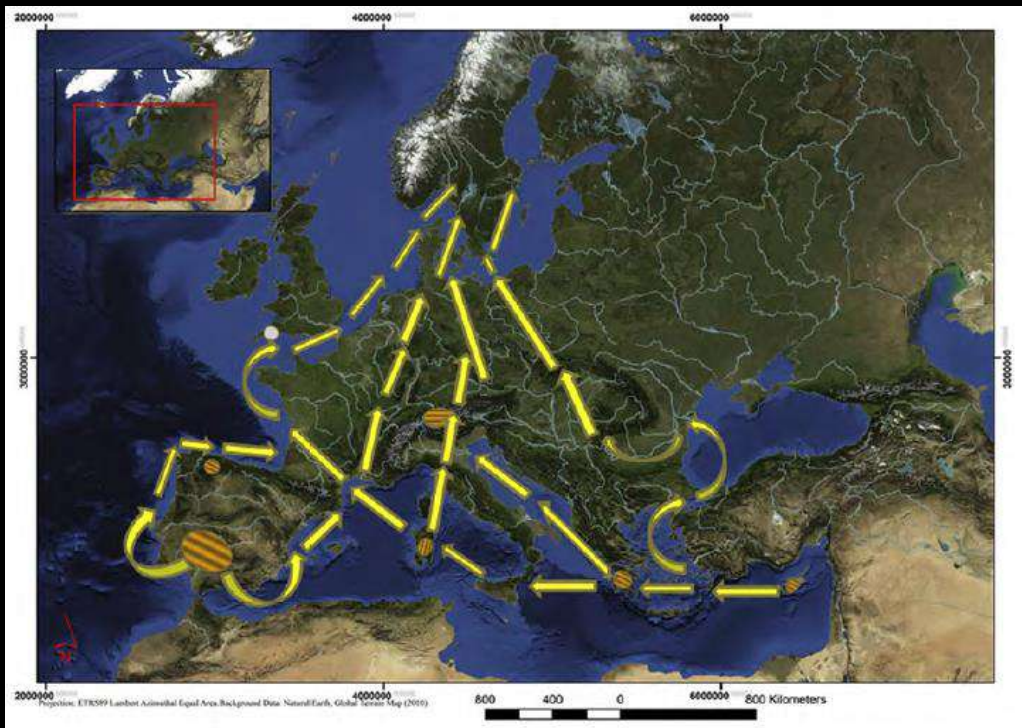


# Nuage de points(208Pb/204Pb vs 206Pb/204Pb)



- |                  |                |                       |                   |
|------------------|----------------|-----------------------|-------------------|
| • Cabrière       | • Millavois    | • Montagne Noire      | • Lingot          |
| • Cévennes       | • Mont Faulat  | • Pyrénées            | • Scorie Planet   |
| • Fayet          | • Mont Lacaune | • Vallée du tarn      | • Minerais Planet |
| • Massif Central | • Mont Lozère  | • Vallée de l'Aveyron |                   |

# Témoignages de transports à longue distance en Europe



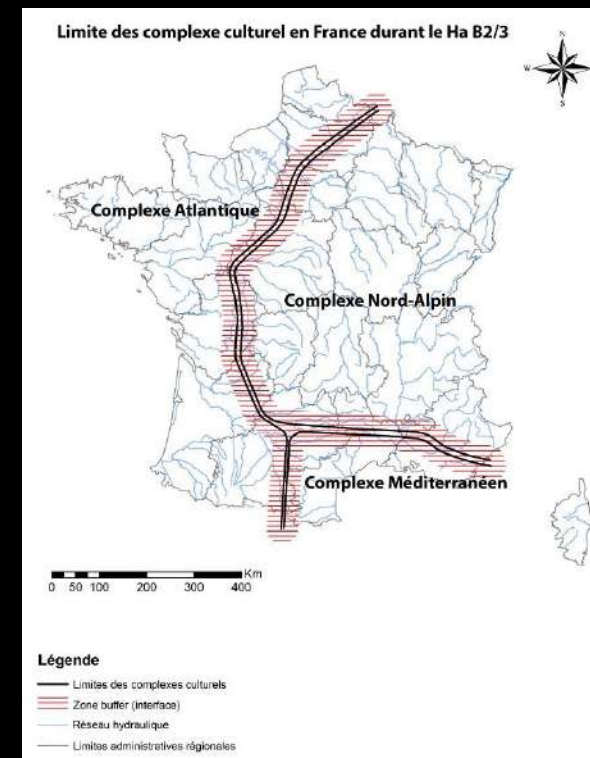
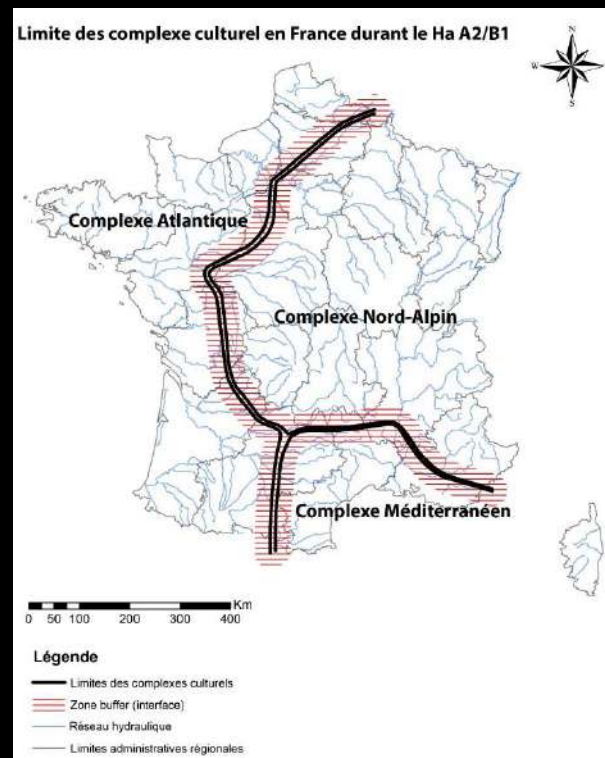
- Peintures rupestres (embarcations, guerriers, lingots de cuivre)
- Transport terrestre
- Lingots de cuivre mycéniens figurés partout en Europe
- Commerce de l'ambre
- Commerce d'objets finis (armements en bronze, parures en or et bronze)



## Cadre chronologique

Age du Bronze			Age du Fer
Bronze Ancien	Bronze moyen	Bronze final	1 <sup>er</sup> Age du Fer
2000 av.	1600 av.	1350 av.	800 av.
			400 av.

## Cadre géographique et culturel



## Corpus et méthode

- **Bases de données** à l'échelle de la France, du dépôt et de l'objet
  - Datations (du site, du mobilier)
  - Typologies des objets
  - Détails des analyses archéométallurgiques réalisées

Période	Nombres de dépôts	Nombre d'objets	Nombres d'analyses disponible
Néolithique récent/final	190	240	-
Bronze Ancien	994	1730	72
Bronze Moyen 1	849	2162	218
Bronze Moyen 2	2466	11375	313
Bronze final I/IIa	980	4149	212
Bronze final IIb/IIIa	726	5998	575
Bronze final IIIb	1706	15423	1270
Ha C	34	93	0
Ha D1	424	33422	Moins de 100
Ha D2/3	79	177	Moins de 10 analyses

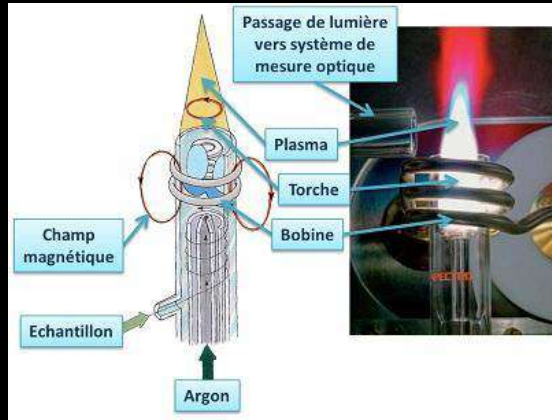


## Objectifs

- Adopter une approche novatrice dans l'étude des dépôts non funéraires à l'échelle d'un territoire comme la France
- Réalisation d'une thèse pluridisciplinaire fondée sur l'archéologie, la géologie, la géochimie, la chimie, les statistiques et la cartographie.
- Déterminer l'importance des facteurs naturels et culturels sur le choix des matières premières et les réseaux d'approvisionnement en cuivre.



## Méthode



Catégorie	Datation	Cu	Sn	Pb	Ag	As	Bi	Fe	Ni	Sb	Zn	Mn
Hache	Bronze Final IIIb	86.21	13.5	0.2	0.02	0.05	0.002	0.001	0.001	0.015	0.0001	0.0001
Hache	Bronze Final IIIb	87.7	10.2	1.9	0.03	0.05	0.001	0.005	0.02	0.07	0	0.001
Hache	Bronze Final IIIb	62.3	10.2	21.2	0.005	0.05	0.001	0.08	0.001	0.01	0	0
Armement	Bronze Final IIIb	86	9	4	0.07	0.07	0.005	0.001	0.01	0.07	0	0
Armement	Bronze Final IIIb	87.3	6.4	1.9	0.05	0.08	0.001	0.001	0.07	0.1	0	0.001
Armement	Bronze Final IIIb	84.5	10.2	4.7	0.07	0.1	0.007	0	0.01	0.2	0	0
Armement	Bronze Final IIIb	88	6.4	1.6	0.07	0.1	0.003	0.001	0.07	0.1	0	0.001
Parure	Bronze Final IIIb	71.2	13.2	10.5	0.1	0.2	0.003	0.001	0.05	0.5	0	0
Armement	Bronze Final IIIb	88.5	8.5	1.7	0.1	0.2	0.1	0.001	0.2	0.3	0	0.001
Armement	Bronze Final IIIb	80.5	9.2	1.4	0.05	0.25	0.002	0.001	0.01	0.15	0	0
Hache	Bronze Final IIIb	85.8	13	1	0.015	0.008	0.001	0.04	0.03	0.1	0.0001	0.001
Parure	Bronze Final IIIb	71.9	4.5	7.15	0.4	0.3	0.08	0.5	0.1	0.25	14.8	0



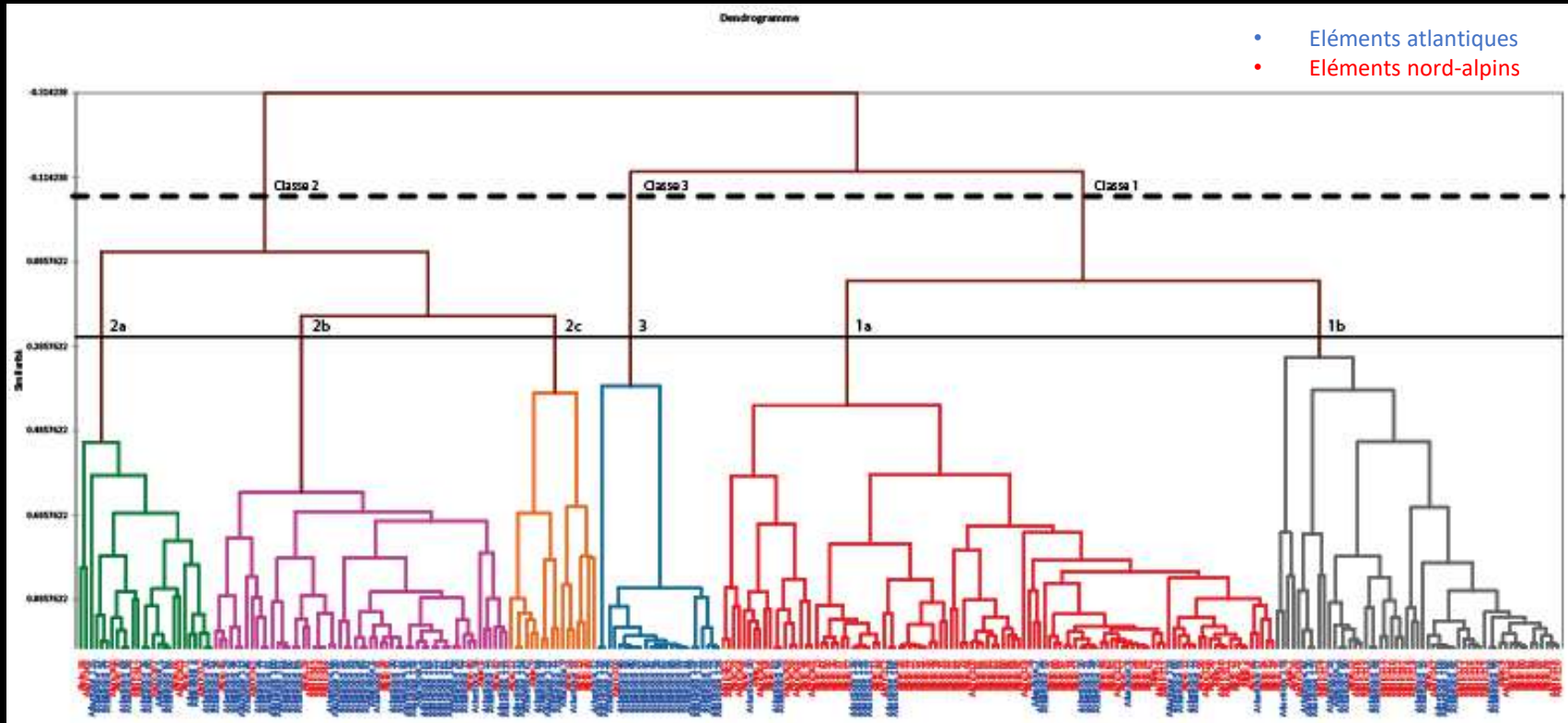
- Analyses de composition élémentaires :
  - Vision sur les éléments issus des minerais réduits : nature, approvisionnement
  - Insuffisant pour des questions de provenances précises
  - Vision sur les pratiques métallurgique : choix anthropique, technique et traitement métallurgique



# Méthode

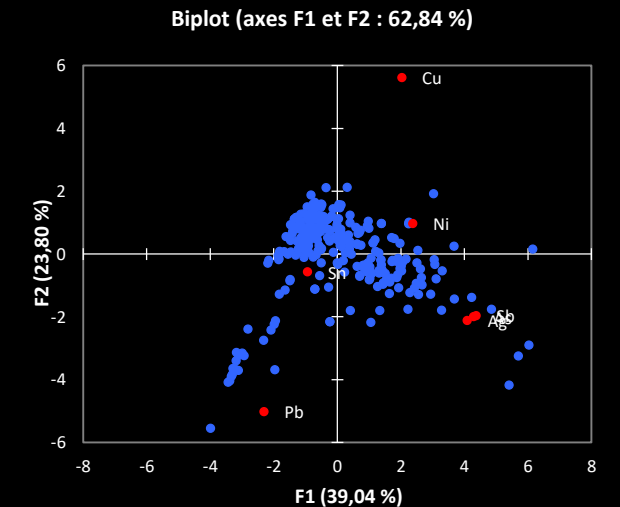
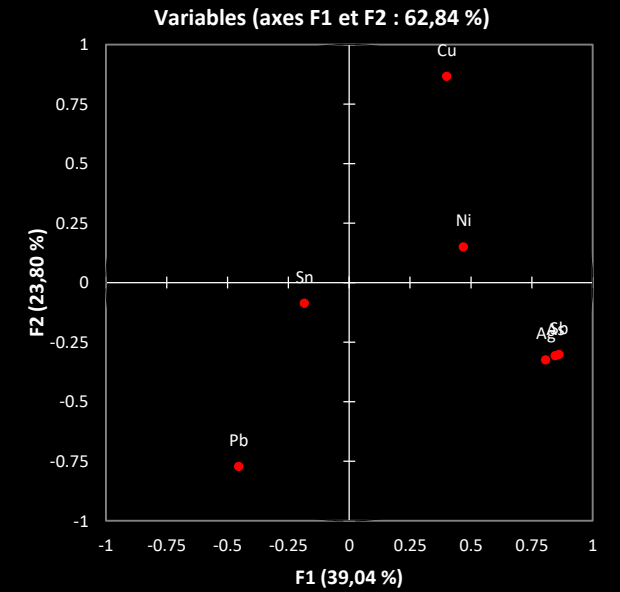
- **Traitements statistiques**

- Normalisation des données archéométallurgiques
- Analyses en composante principale (ACP)
- Classification ascendante hiérarchique (CAH)

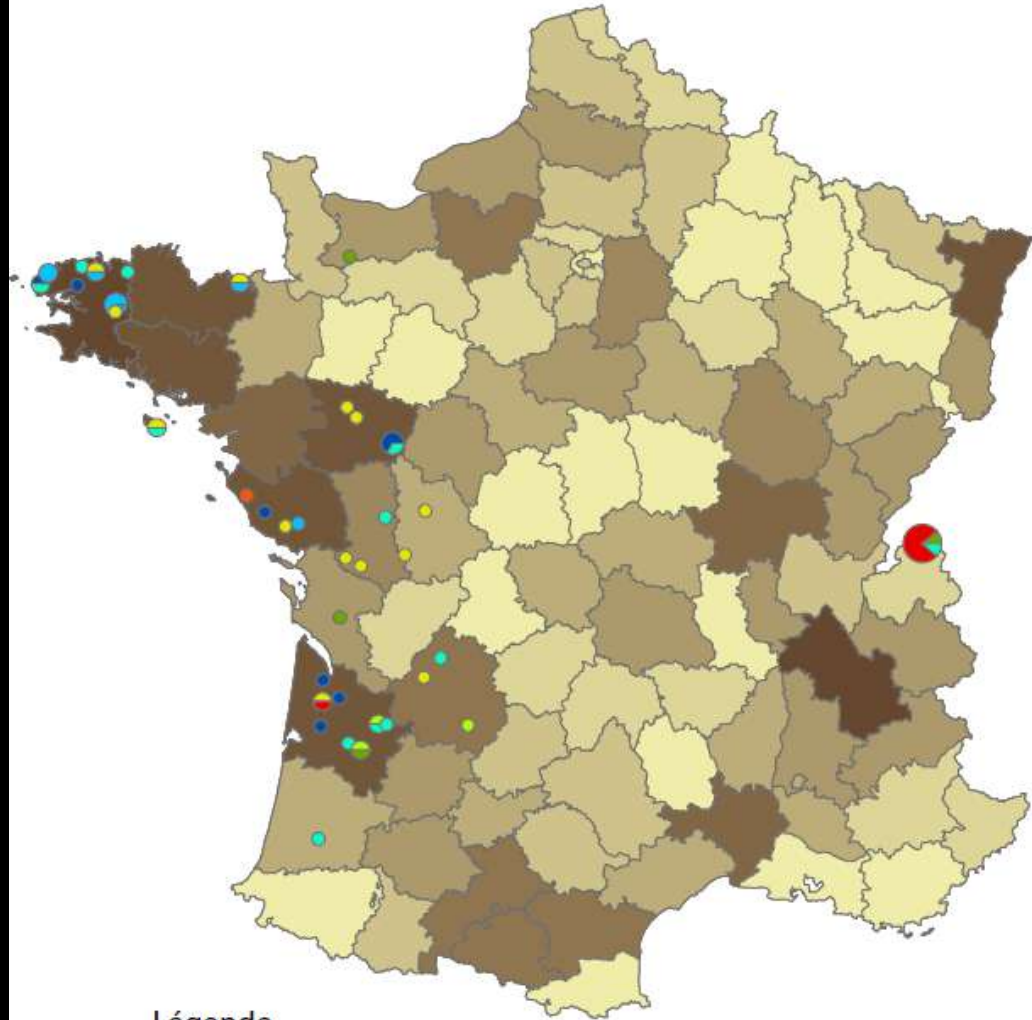


- **Cartographie**

- Report des classes statistiques dans le SIG
- Analyses spatiales de la répartition de ces classes



# Etudes des éléments traces des dépôts de l'âge du Bronze Ancien.



## Légende

### Classes statistiques

Classe1	Classe6
Classe2	Classe7
Classe3	Classe8
Classe4	Classe9
Classe5	Classe10

### Décomptes des dépôts

0 - 2	15 - 18
3 - 4	19 - 21
5 - 7	22 - 25
8 - 10	26 - 31
11 - 14	32 - 44

## Bronze Ancien (2200 – 1600 BCE)

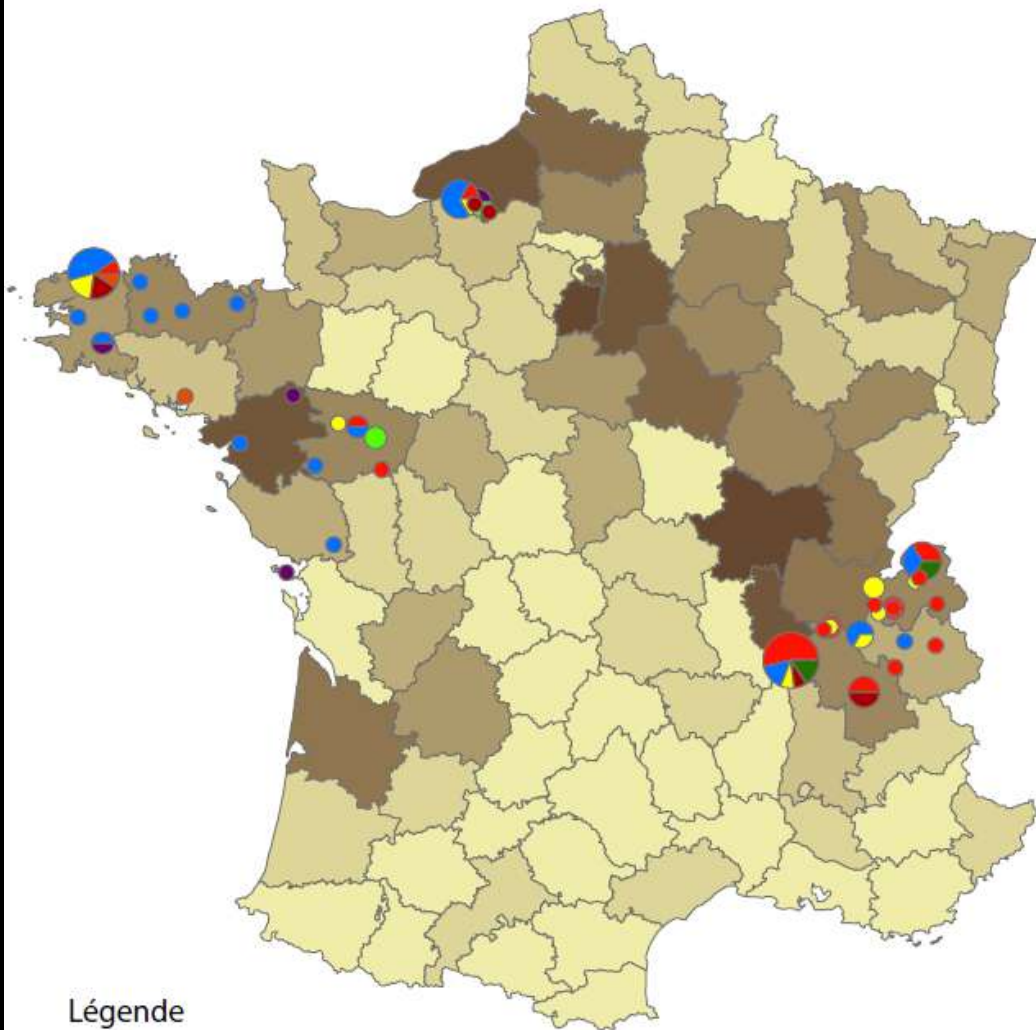
Analyses statistiques des analyses d'éléments traces :

- Différences entre les données alpines et atlantique et différence entre le Centre Ouest et le massif armoricain

Lacunes : Bretagne, Normandie



## Etudes des éléments traces des dépôts de l'âge du Bronze Final 1.



### Légende

#### Classes statistiques

Classe1	Classe6
Classe2	Classe7
Classe3	Classe8
Classe4	Classe9
Classe5	Classe10

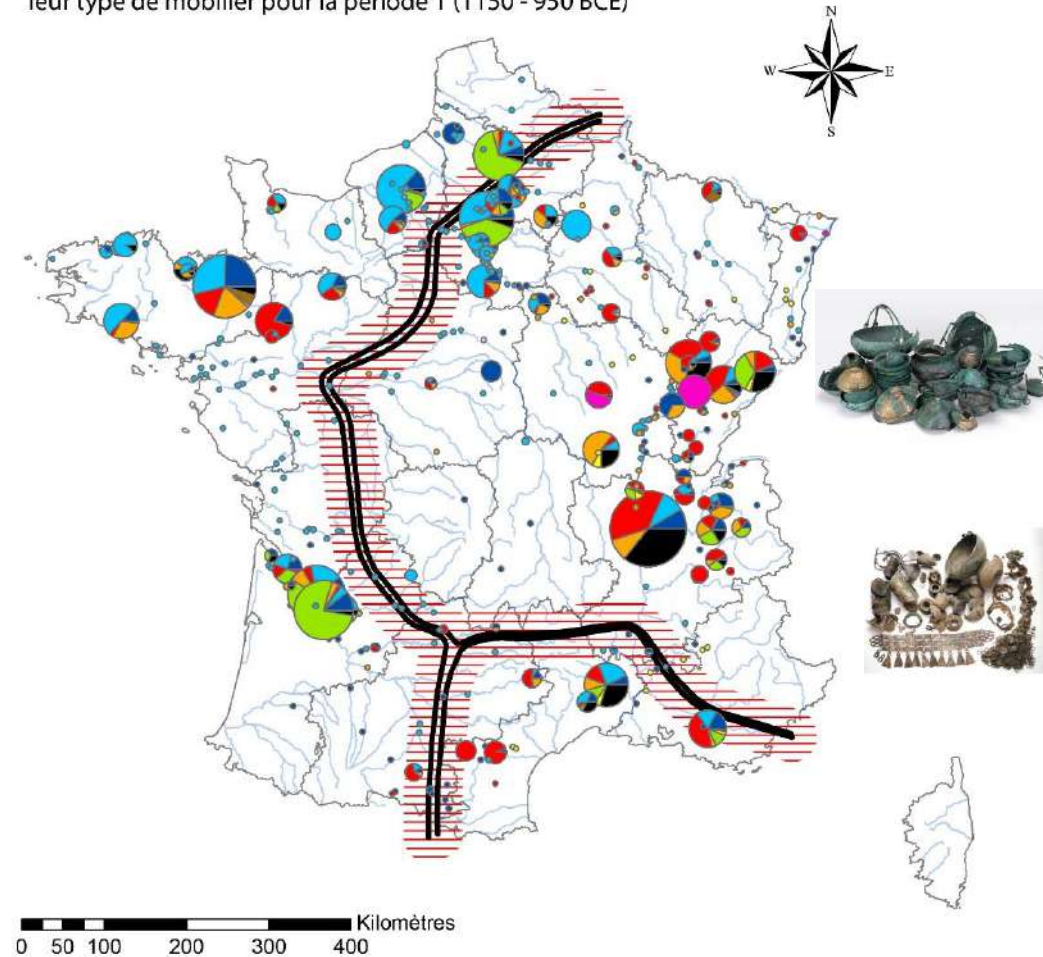
#### Décomptes des dépôts

0 - 2	15 - 18
3 - 5	19 - 25
6 - 8	26 - 35
9 - 11	36 - 42
12 - 14	43 - 70

## Bronze Final 1 (1350 – 1150 BCE)

- Classes statistiques :
  - Spécifiques des Alpes (Classe 1, 5 et 9)
  - Spécifiques du massif armoricain (Classe 2 et 3)
- Lacunes :
  - Centre de la France
  - Bassin parisien
  - Sud Ouest
  - Bourgogne

Répartition spatiale des dépôts non funéraires en France selon leur type de mobilier pour la période 1 (1150 - 950 BCE)

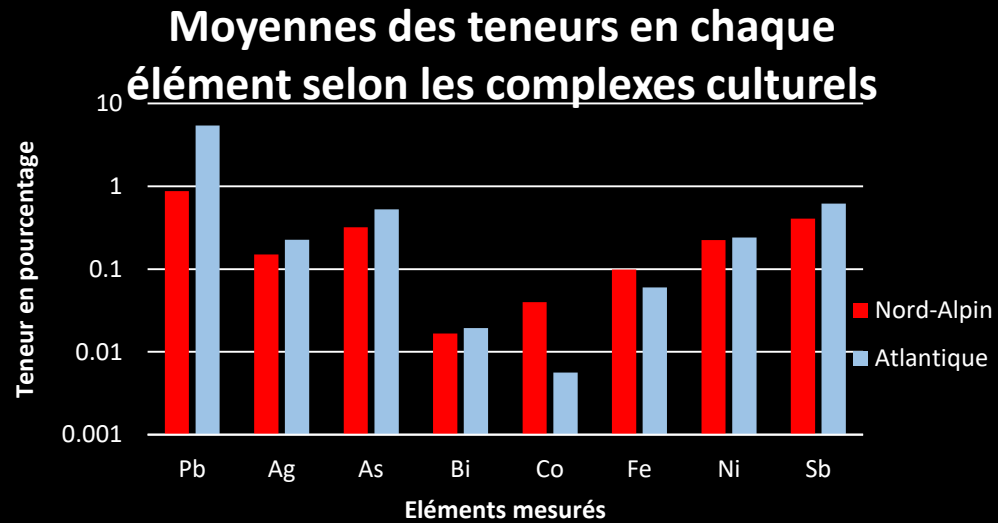


- 726 dépôts
  - 466 dépôts nord-alpins
  - 229 dépôts atlantiques
  - 31 dépôts méditerranéens
- Complexe nord-alpin :
  - Parures
  - Outils
- Complexe atlantique :
  - Armes
  - Haches

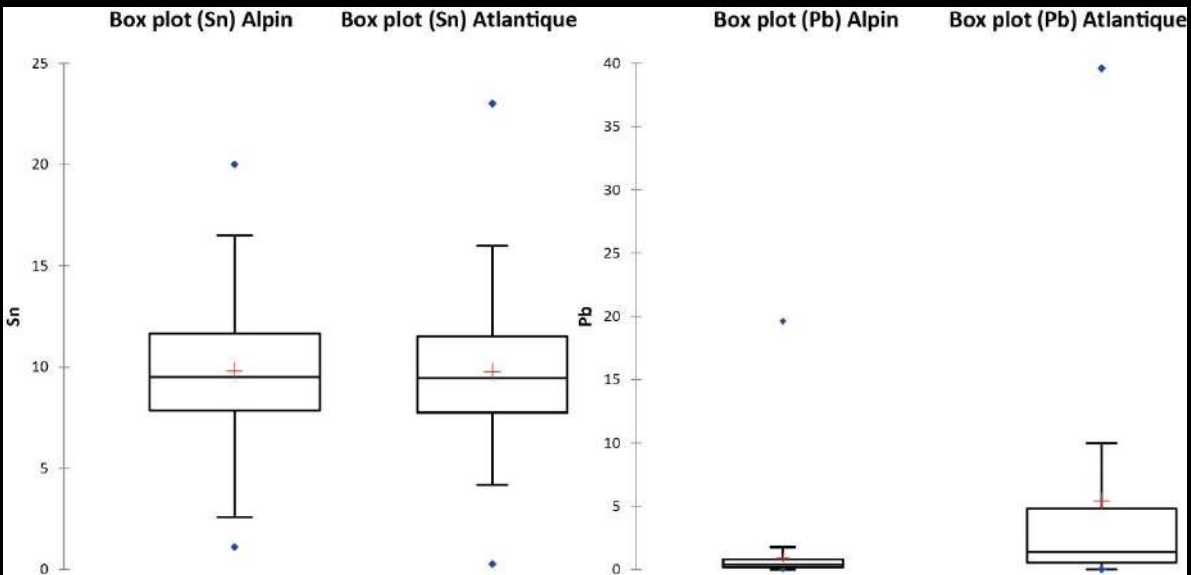


# Résultat

## Période 1 (1150 – 950 BCE)



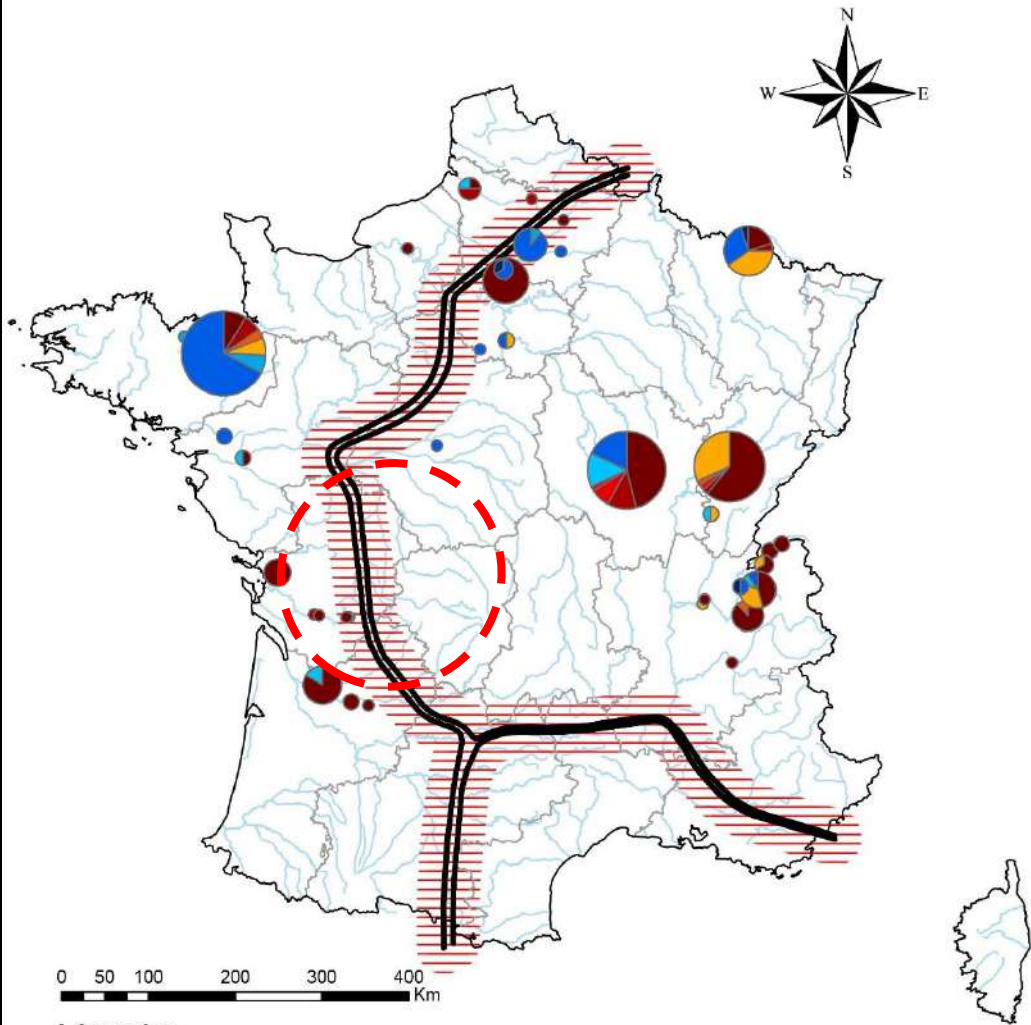
- Teneurs :
  - Atlantique : Pb, Ag, As et Sb
  - Nord-alpin : Co, Fe
- Type de bronze:
  - Atlantique : cuivres riches en éléments traces et ajout de plomb intentionnel
  - Nord-alpin : cuivres plus pauvres en éléments traces



- Variances :
  - Éléments d'alliages : Différence de variance pour le plomb
  - Éléments traces : variances semblables
- Atlantique : composition hétérogène à l'échelle du complexe culturel au niveau des éléments d'alliages

# Résultat

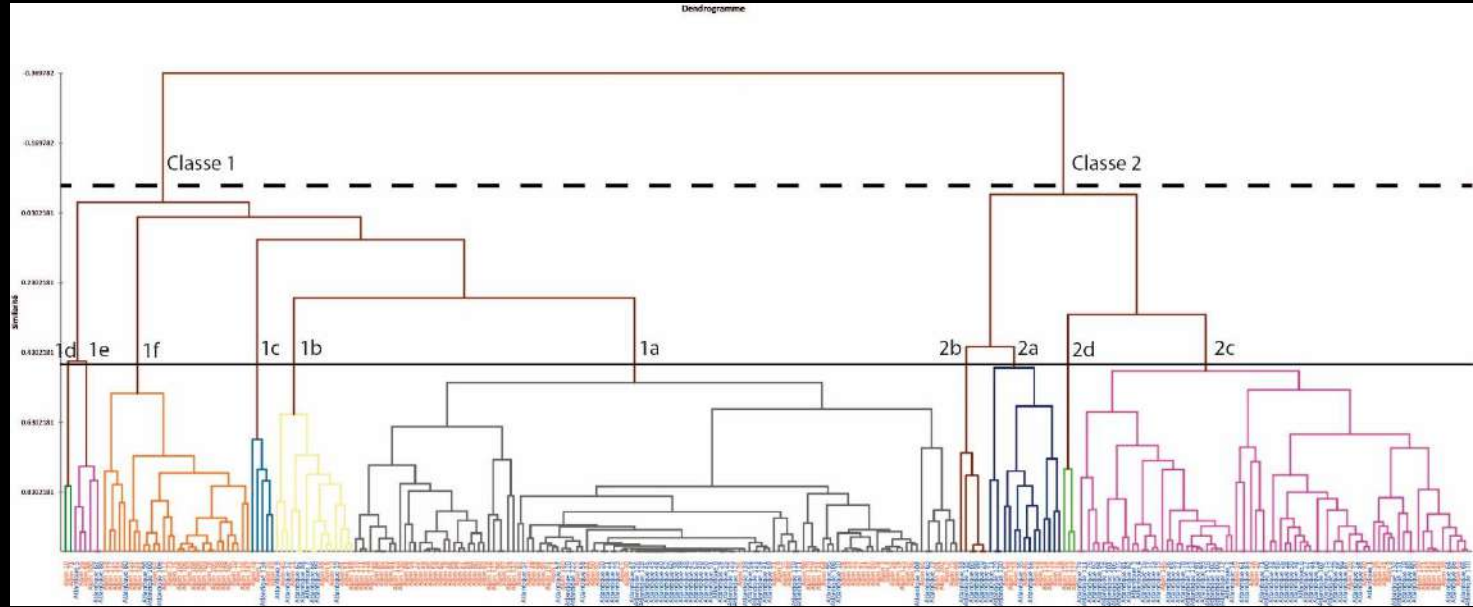
Répartition des classes statistiques déterminées par CAH pour l'ensemble des éléments traces durant la périodes du Ha A2/B1



## Légendes

### Classes statistiques (CAH)

Classe1a	Classe1f	Limites des complexes culturels
Classe1b	Classe2a	Limites administratives régionales
Classe1c	Classe2b	Zone buffer (interface)
Classe1d	Classe2c	Réseau hydrographique
Classe1e	Classe2d	



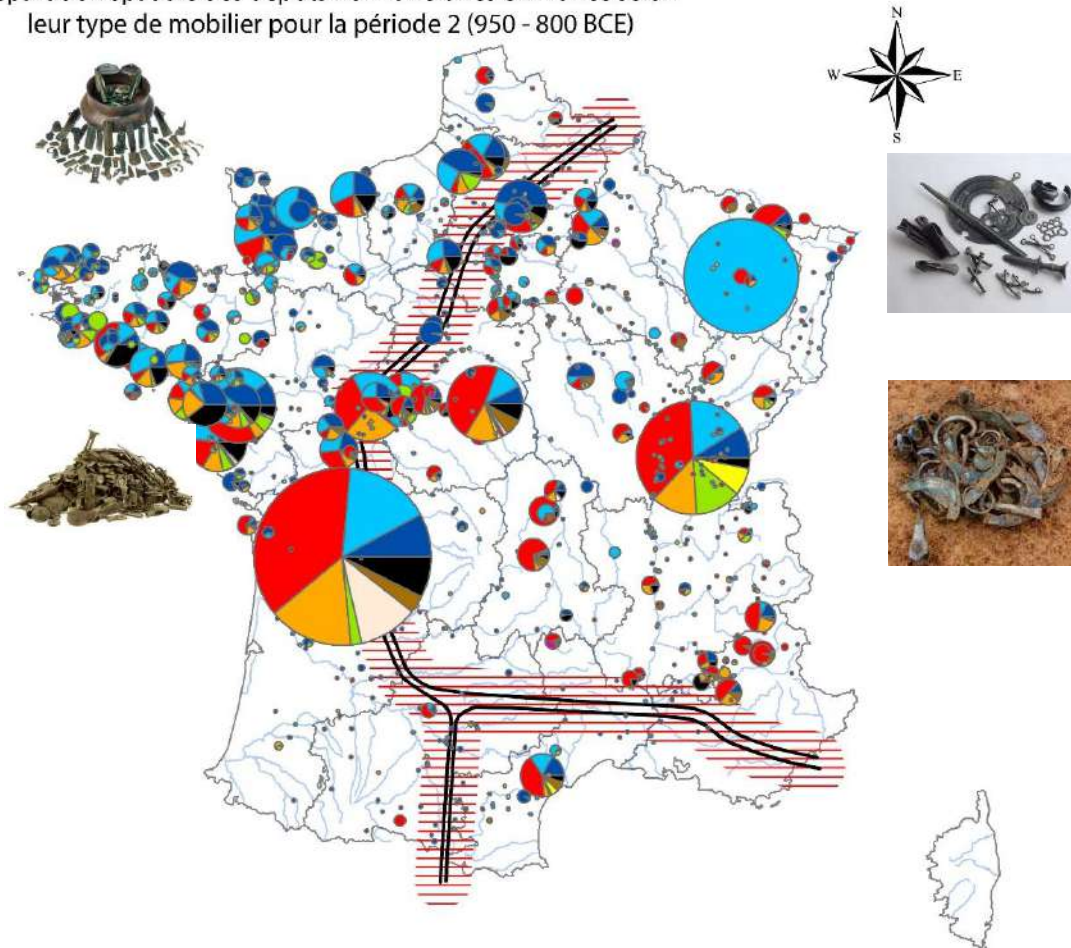
## Période 1 (1150 – 950 BCE)

- Classes statistiques :
  - Classe 1 et 2a : Est et Centre-Ouest
  - Classe 2 : Ouest



# Corpus

Répartition spatiale des dépôts non funéraires en France selon leur type de mobilier pour la période 2 (950 - 800 BCE)



0 50 100 200 300 400 Km

## Légende

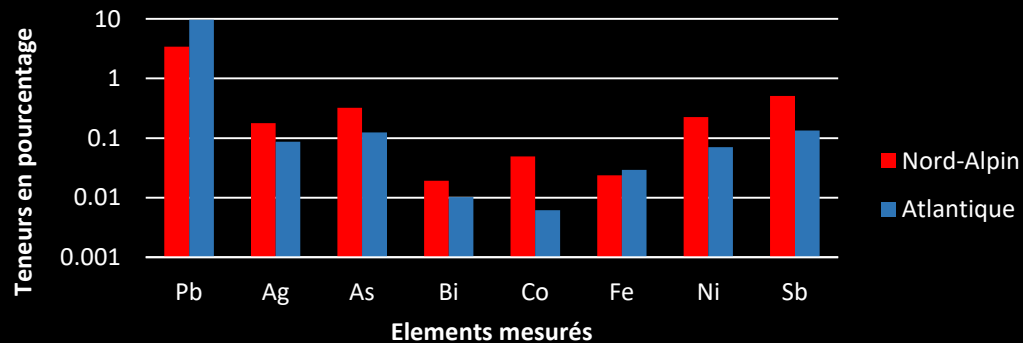
Haches	Produits intermédiaires	Instruments toilette	Limites des complexes culturels
Armes	Couteaux	Figurines	Zone buffer (interface)
Parures	Instruments de musique	Charharnachements	Réseau hydrographique
Outils	Services de banquets	Divers_Indéterminés	Limites administratives régionales

- 1706 dépôts
  - 1051 dépôts nord-alpins
  - 603 dépôts atlantiques
  - 52 dépôts méditerranéens
- Complexe nord-alpin :
  - Parures
  - Outils
- Complexe atlantique :
  - Armes
  - Haches

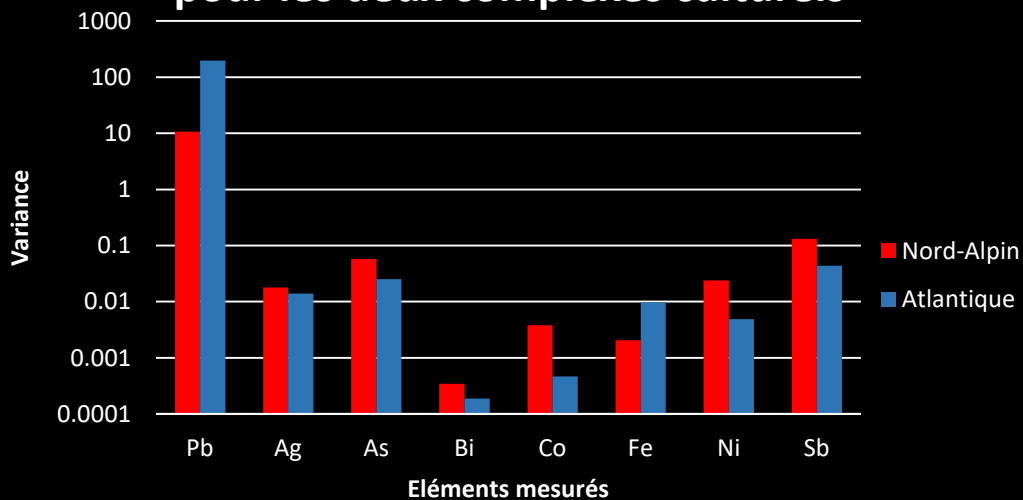
# Résultat

## Période 2 (950 – 800 BCE)

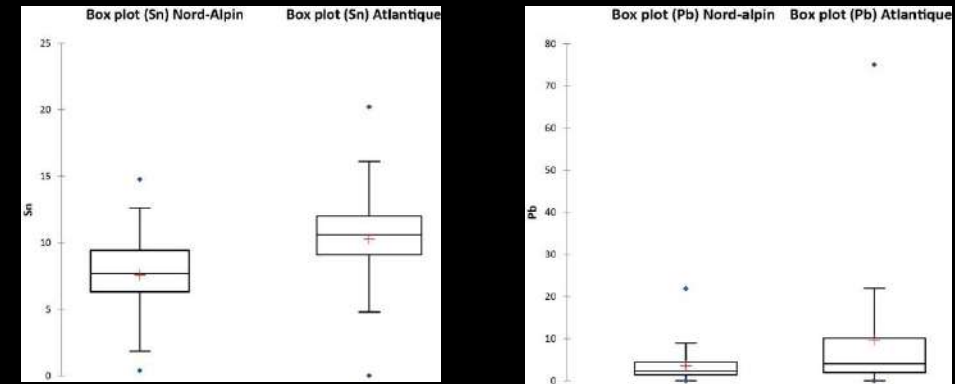
### Moyennes des teneurs en chaque élément pour les deux complexes culturels



### Variances des teneurs en chaque élément pour les deux complexes culturels



- Teneurs :
  - Atlantique : Pb
  - Nord-alpin : Ag, As, Bi, Co, Ni, Sb
- Type de bronze:
  - Atlantique : cuivres pauvres en éléments traces et riches en éléments d'alliages (étain et plomb)
  - Nord-alpin : cuivre riche en éléments traces et teneur plus faible en éléments d'alliages

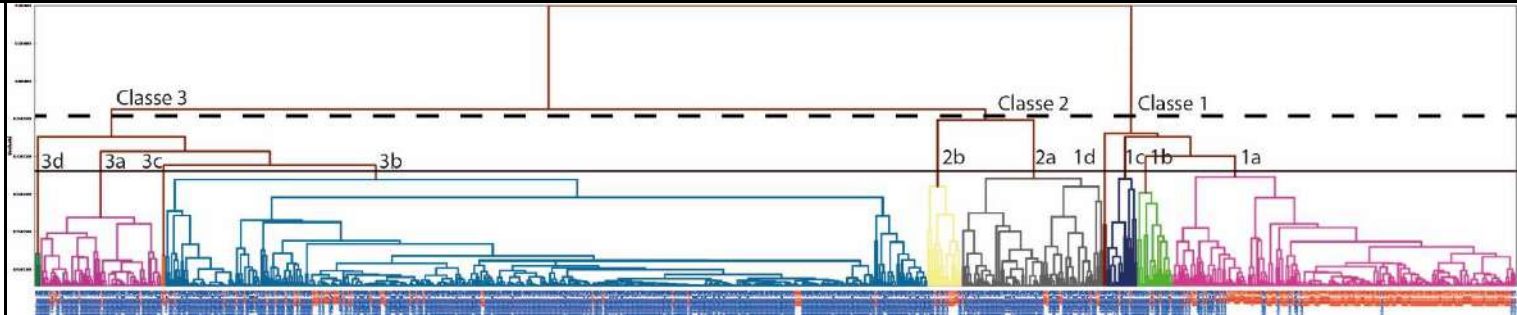
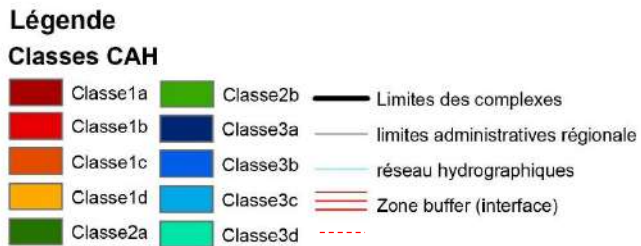
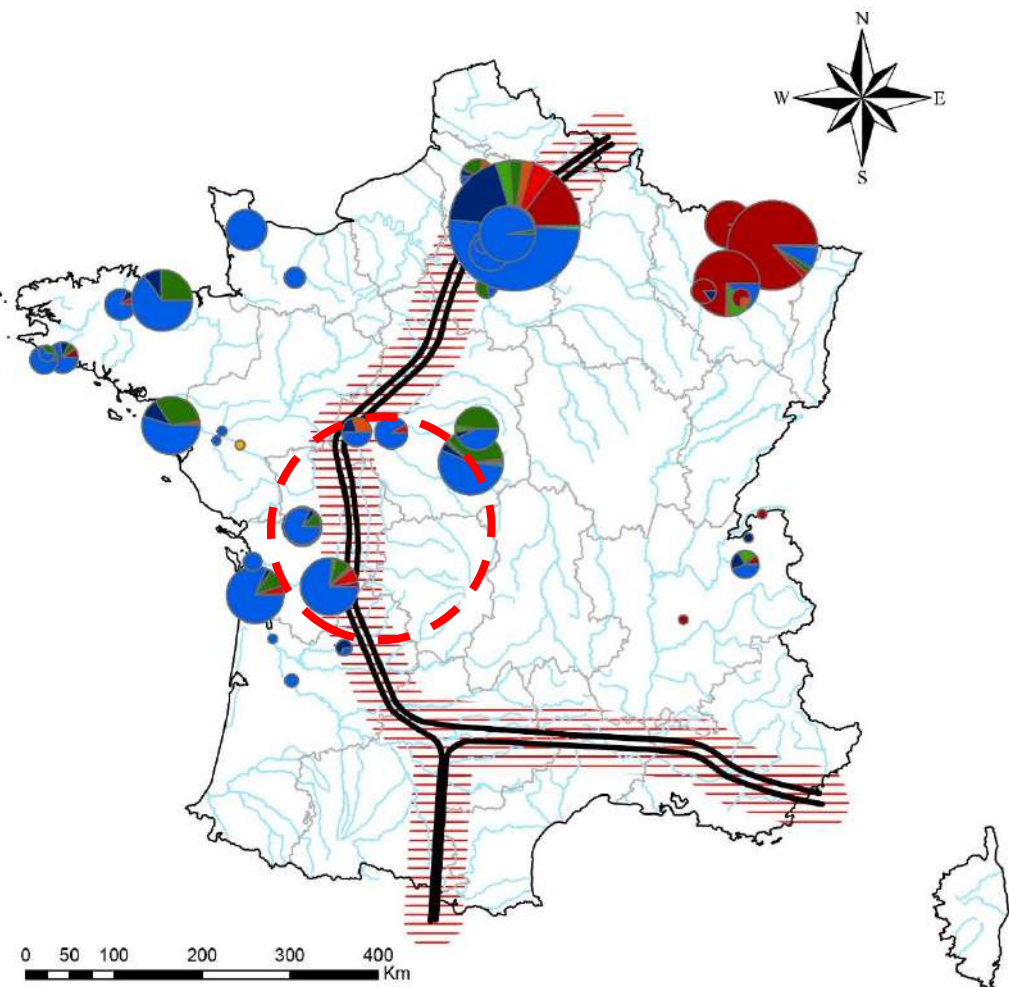


- Variances :
  - Éléments d'alliages : le plomb a une plus grande variabilité dans le complexe atlantique
  - Éléments traces : variances supérieures dans le complexe Nord-alpins



# Résultat

Répartition des classes statistiques déterminées par CAH pour l'ensemble des éléments traces durant la périodes du Ha B2/3



## Période 2 (950 – 800 BCE)

- Classes statistiques :
  - Classe 1a : Est et Centre-Ouest
  - Classe 1b et c : zone limitrophe
  - Classe 2a : Ouest et zone limitrophe
  - Classe 2b : Zone limitrophe
  - Classe 3 : Ouest



Merci pour votre attention

