

IMPACTS DE LA PRÉSENCE DE DÉCHETS SIDÉRURGIQUES ANCIENS SUR LA CONTAMINATION DES SOLS EN MÉTAUX

Q. Petitjean ⁽¹⁾, A-V. Walter-Simonnet ⁽¹⁾, F. Choulet ⁽¹⁾, A-L. Mariet ⁽¹⁾, P. Goncalves ⁽¹⁾, H. Laurent ⁽²⁾, P. Rosenthal ⁽¹⁾, A. de Vaufleury ⁽¹⁾, F. Gimbert ⁽¹⁾

frederic.gimbert@univ-fcomte.fr

(1) UMR 6249 Chrono-Environnement, CNRS USC INRA, Université de Bourgogne Franche-Comté, 16 route de Gray, 25030 Besançon Cedex.

(2) DRAC Bourgogne-Franche-Comté - site de Besançon, 7 rue Charles Nodier, 25043 Besançon Cedex.

INTRODUCTION

Les activités d'exploitation minière et métallurgique des métaux tels que le plomb (Pb), l'argent (Ag) ou le fer (Fe) ont joué un rôle important dans le développement socio-économique des populations humaines [1]. Cependant, elles ont dans le même temps engendré une contamination significative de l'environnement via des émissions atmosphériques et le stockage des déchets miniers et sidérurgiques [2].

En Franche-Comté, l'ancien district sidérurgique (Fe) de Berthelange (Doubs et Jura) a été actif (réduction directe) durant tout le Moyen-Âge [3]. Cependant, les impacts environnementaux potentiels n'ont, à notre connaissance, jamais été évalués.

OBJECTIFS

Évaluer l'impact de la présence de déchets de réduction du minerais de fer (scories organisées en ferrier) datés autour du XI^{ème} siècle sur :

- ✓ la contamination totale du sol en métaux
- ✓ leur disponibilité environnementale
- ✓ leur biodisponibilité

MATÉRIEL & MÉTHODES

MINÉRALOGIE

- Cartographie élémentaire des Scories : Microscopie électronique à balayage + spectroscopie à énergie dispersive (MEB-EDS)
- Diffraction à Rayon X (DRX) : Minerai – Scories – Sol

CHIMIE

- Concentrations totales : aqua regia et ICP AES
- Disponibilité environnementale : acétate d'ammonium 1M + chlorhydrate d'hydroxylamine 2 g.L⁻¹ [4]

BIOLOGIE

- Test d'écotoxicité 28 jours [5] :
 - *Cantareus aspersus* (juvéniles)
 - 4 modalités (T, 10, 8, 4)
 - 5 réplicats
 - 5 escargots par réplicat

- Suivi de croissance
 - Masse fraîche totale
 - Diamètre de coquille
- Bioaccumulation (viscères et pied, 28 jours)



Figure 1. Site d'étude et position du ferrier.

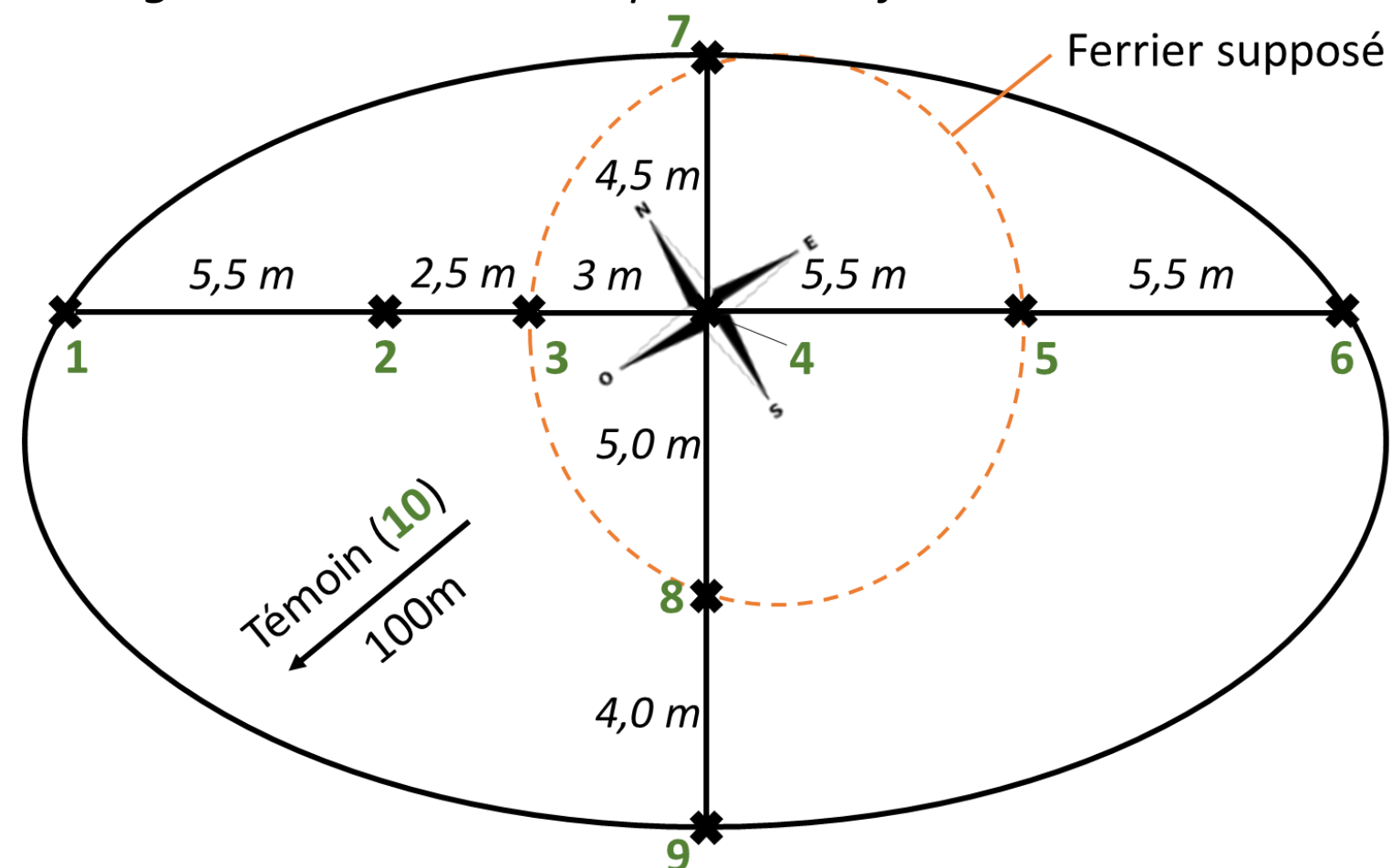


Figure 2. Plan d'échantillonnage des sols (tarière, profils 0-1m).

RÉSULTATS & DISCUSSION

Du minerai aux scories

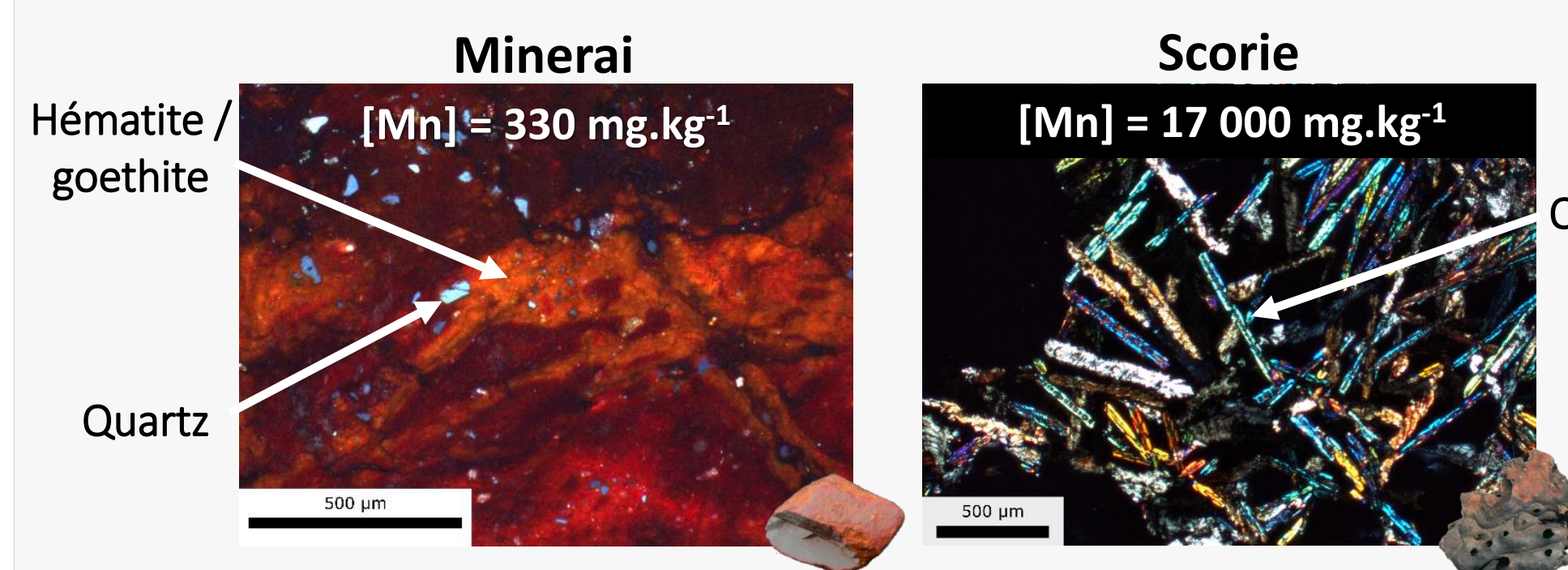


Figure 3. Lames minces de minerai (G) et de scorie (D) observées en microscopie optique et présentant les phases minéralogiques majoritaires.

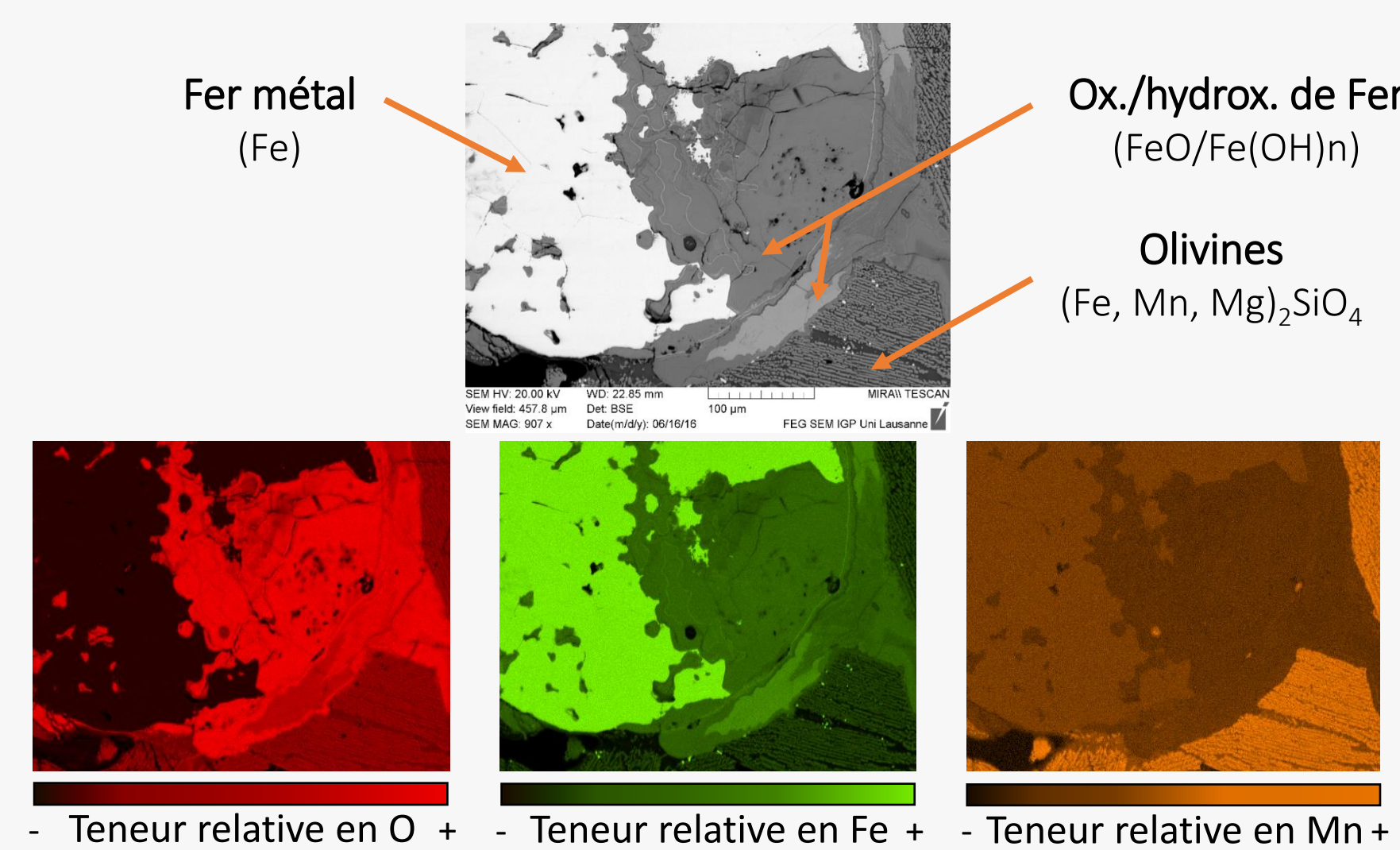


Figure 4. Cartographies élémentaires (MEB-EDS) des phases minéralogiques présentes au sein des scories.

→ Le procédé sidérurgique employé permettait bien de réduire les formes oxydées du minerai en Fe métal et a conduit, par ailleurs, à la formation d'olivines ((Fe,Mn,Mg)₂SiO₄).

Dans les scories, cette phase minéralogique est la plus représentée avec, de plus, des concentrations élevées en certains métaux comme le Mn, dont la teneur relative peut atteindre 4%.

Des scories au sol

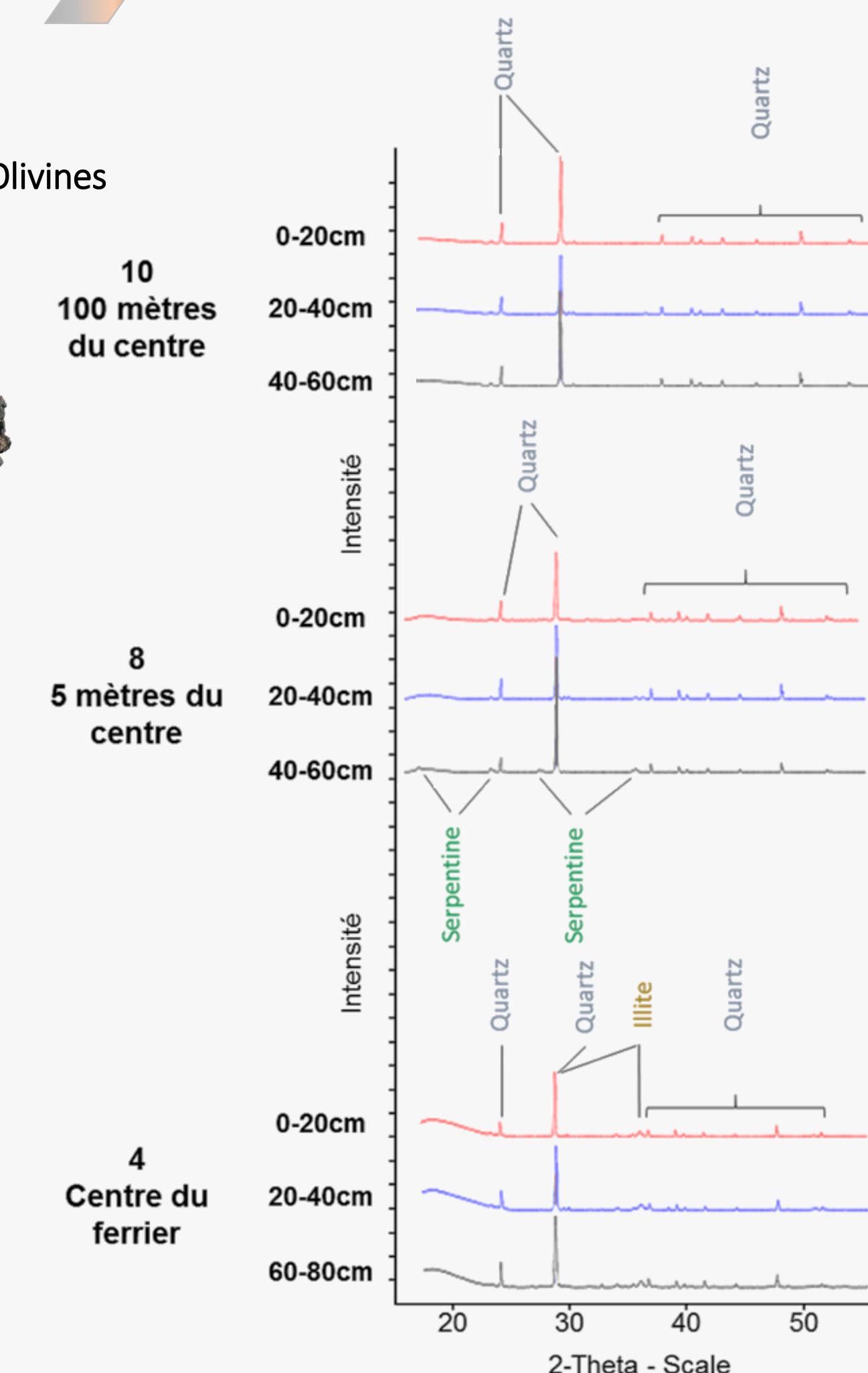


Figure 5. Diffractogrammes (DRX) des sols de trois profils choisis en fonction de leur distance au centre du ferrier.

→ La présence de serpentine, produit de dégradation des olivines, confirme une altération chimique des scories et la libération de produits secondaires dont le Mn. Ainsi, la contamination des sols augmente avec la quantité de scories (i.e., vers le centre du ferrier) avec une fraction disponible importante (jusqu'à 2900 mg_{Mn}.kg⁻¹).

Du sol au biote

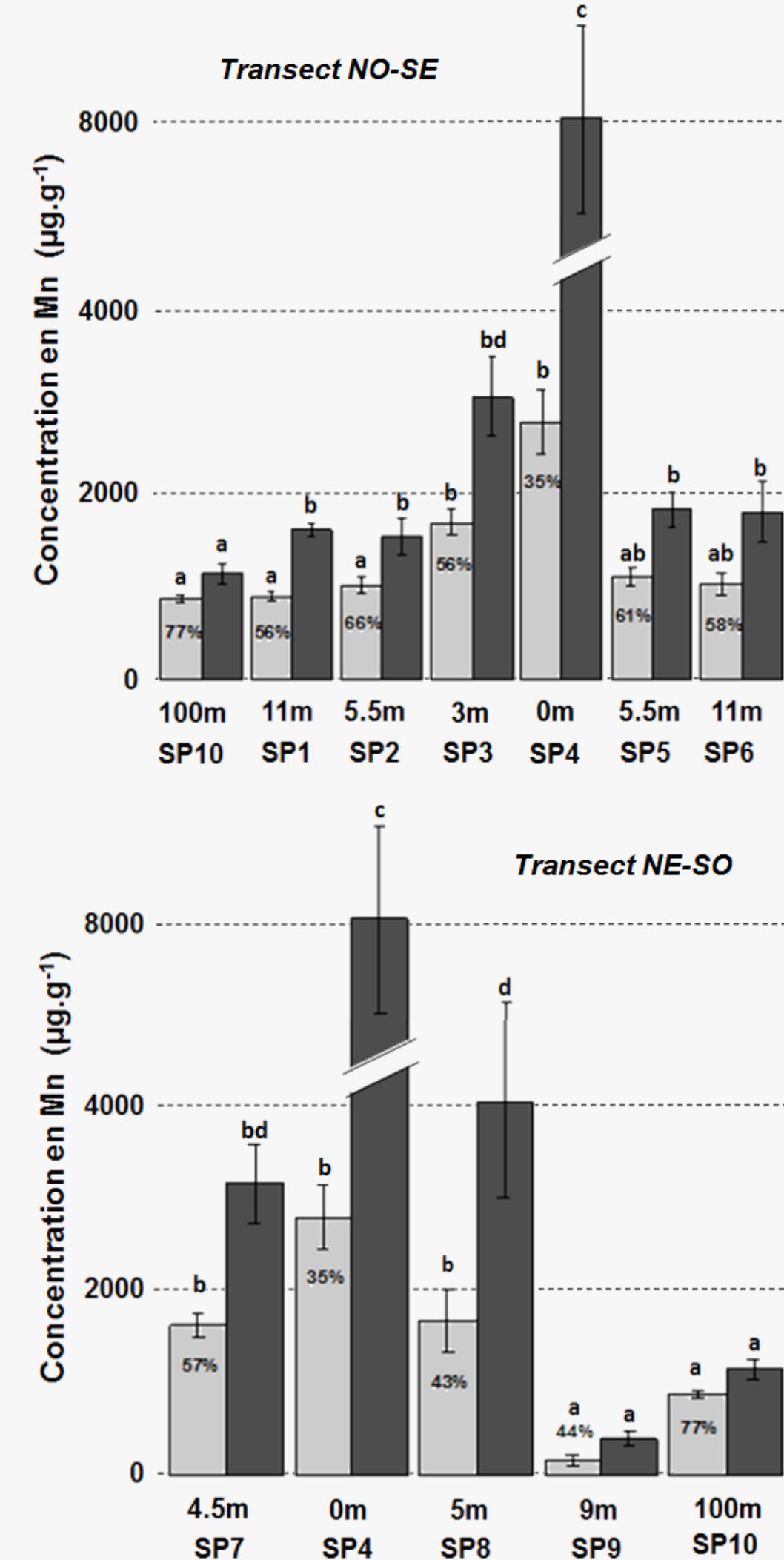


Figure 6. Concentrations totales (noir) et disponibles (gris) en Mn dans les sols au voisinage du ferrier.

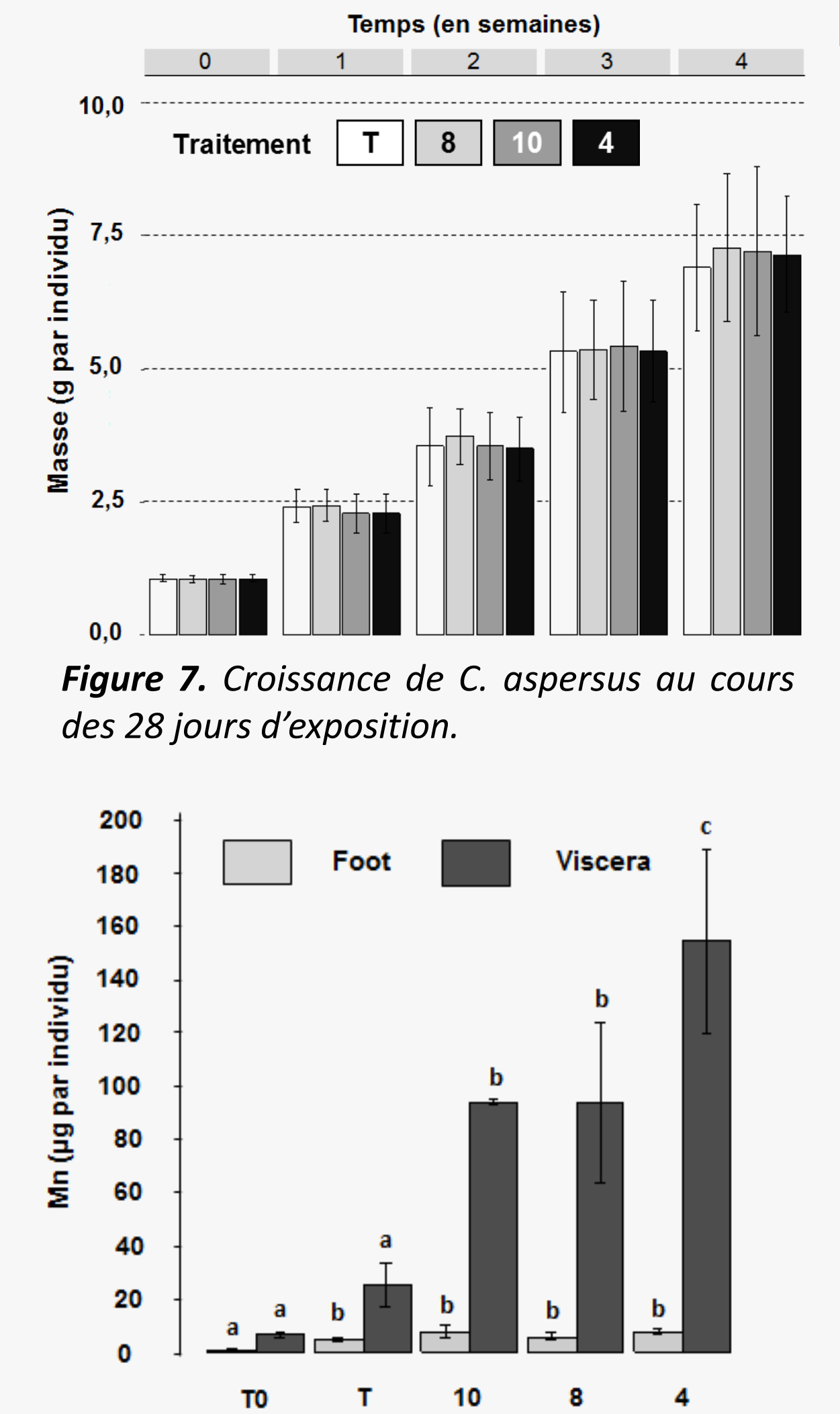


Figure 7. Croissance de *C. aspersus* au cours des 28 jours d'exposition.

→ Si la croissance de *C. aspersus* n'est pas affectée par l'exposition aux sols, même les plus contaminés, les escargots accumulent de fortes quantités de Mn dans leurs tissus.

CONCLUSION : 1000 ans après leur dépôt, les déchets métallurgiques représentent encore une source de contamination diffuse et chronique pour les sols et les organismes terrestres et donc un risque potentiel pour l'environnement (compartiments aquatiques, chaînes trophiques,...).

Références

[1] Tylecote R.F., 1987. The Early History of Metallurgy in Europe. Ed. Longman, Yearbook 2014, 197-217.

[2] Mariet et al., 2016. Environmental Pollution 214, 575-584.

[3] Forlin P. and Laurent H., 2014. IES

[4] AFNOR NF-X-31-108.

[5] ISO 15952, 2006.

Remerciements

• Financements : Conseil Régional de Franche-Comté et programme national EC2CO du CNRS.
• Aspects techniques : N. Crini, C. Amiot, M. Perrey et D. Convert