

Dynamique des éléments traces métalliques (Zn, Cd et Pb) sur un petit bassin versant contaminé par des déchets miniers : cas du bassin versant amont du Lez (Ariège, Pyrénées)

Rabia Badreddine, Célia Brunel

▶ **To cite this version:**

Rabia Badreddine, Célia Brunel. Dynamique des éléments traces métalliques (Zn, Cd et Pb) sur un petit bassin versant contaminé par des déchets miniers : cas du bassin versant amont du Lez (Ariège, Pyrénées). Rapport Scientifique INERIS, 2005, 2004-2005, pp.21-23. ineris-01868970

HAL Id: ineris-01868970
https://ineris.hal.science/ineris-01868970

Submitted on 6 Sep 2018

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.

Dynamique des éléments traces métalliques (Zn, Cd et Pb) sur un petit bassin versant contaminé par des déchets miniers

Cas du bassin versant amont du Lez (Ariège, Pyrénées).

RABIA BADREDDINE, CÉLIA BRUNEL

PHOTO 1.



Vue des résidus de flottation sur la rive droite du Lez – site de Bentaillou (Sentein, Ariège).

Importants réservoirs de métaux, les déchets miniers représentent un risque de contamination pour les rivières. À partir d'un ancien site d'extraction de plomb et de zinc représentatif des Pyrénées, une recherche fondée sur une démarche couplant l'étude sur le terrain et l'étude au laboratoire (approches expérimentale, géochimique et minéralogique) a montré que, plus que les eaux de rivière, ce sont les sédiments qui portent la contamination métallique et les particules en suspension qui en assurent la dispersion et particulièrement à l'occasion des crues. Le relargage des métaux sous forme dissoute est limité dans le contexte carbonaté du site. Il est contrôlé par la précipitation des phases secondaires.

Problématique et objectifs

Les déchets miniers constituent d'importantes sources de contamination métallique pour les eaux de surface et les sols. En effet, ils contiennent des résidus de minerai, généralement des sulfures, qui s'oxydent dans les conditions de surface, génèrent de l'acidité et libèrent des métaux.

À ce jour, la gestion des anciens sites miniers est devenue un enjeu environnemental majeur. Dans l'objectif de prévenir ou de minimiser les effets et les risques négatifs sur l'environnement et la santé, le Parlement et le Conseil européens ont établi un projet de directive concernant la gestion des déchets de l'industrie extractive. Dans ce contexte, ce projet vise la caractérisation de la contamination liée aux anciennes activités minières à l'échelle d'un bassin versant amont et à identifier les principaux mécanismes géochimiques et/ou minéralogiques qui contrôlent le transfert des métaux des déchets jusqu'aux milieux récepteurs.

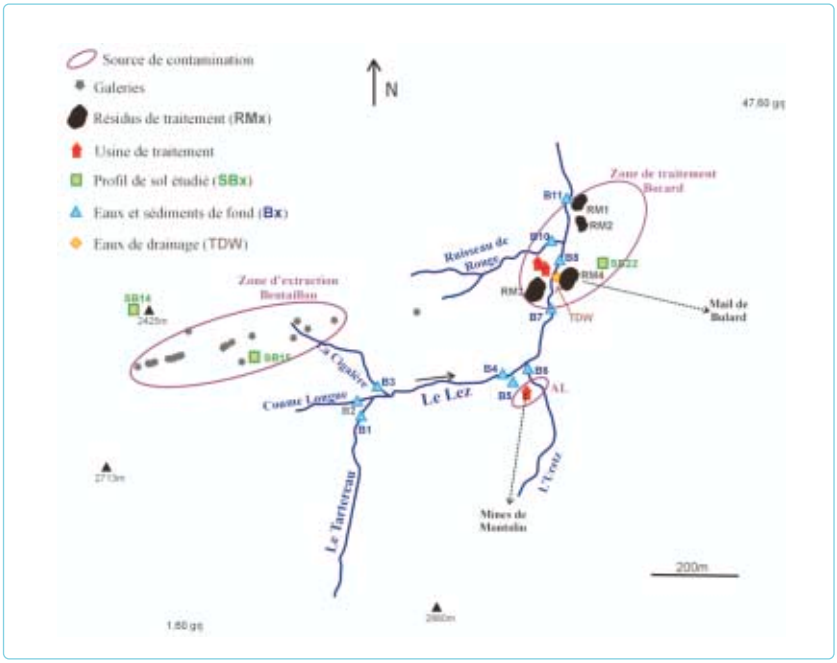
Synthèse des résultats

Cette étude a concerné le site des anciennes mines de Bentaillou, secondes mines de plomb (Pb) et zinc (Zn) des Pyrénées. Pendant un siècle, ont été exploitées, sur le bassin versant amont du Lez (1 000 – 2 400 m d'altitude), 25 000 tonnes de Pb et 75 000 tonnes de Zn à partir d'une minéralisation à galène (PbS) et à sphalérite ($Zn_{(1-x)}Cd_xS$), associée à une gangue carbonatée. Après la fermeture de l'exploitation, plusieurs milliers de tonnes de résidus ont été abandonnées sur le site. Il s'agit principalement de résidus d'extraction. En aval, à proximité de l'ancienne usine, plus de 200 000 tonnes de résidus de flottation demeurent sur les berges du Lez (Photo 1). Pour évaluer l'impact des résidus miniers, l'étude a concerné plusieurs compartiments : les résidus de traitement, les sols, les eaux et les sédiments de fond (Fig. 1).

▶ ▶ ▶ *suite page 22*

FIGURE 1.

Localisation des sources potentiellement contaminantes (résidus de traitement, sols, eaux et sédiments de fond)



L'activité minière, et notamment l'extraction du minerai, a dû contribuer à la dispersion des métaux sur le bassin. En particulier, les résidus de flottation, caractérisés par de fortes teneurs en métaux (17,8 g.kg^{-1} Zn, 7,5 g.kg^{-1}Pb et 50 mg.kg^{-1}Cd) et fortement érodables, représentent une source de contamination majeure du milieu récepteur.

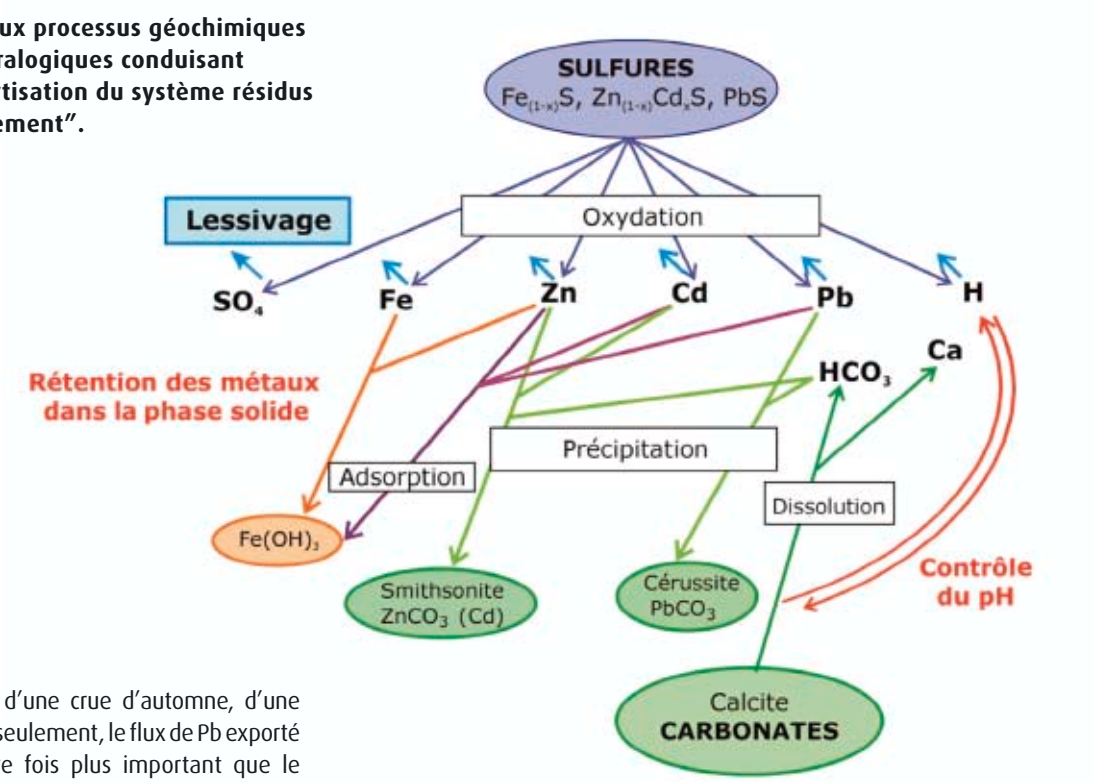
À l'échelle du bassin versant, les sols contaminés constituent un compartiment de stockage des métaux. Parmi les profils de sols étudiés, ce sont les sols développés sur la roche encaissante portant la minéralisation qui présentent les plus fortes teneurs en métaux. Dans la zone de traitement, bien qu'ils soient contaminés en surface, les sols présentent des teneurs en métaux inférieures.

À l'exutoire du bassin, les résidus de flottation constituent la principale source de contamination. Malgré l'oxydation des sulfures, qui génère de l'acidité, les eaux de drainage des résidus (naturelles ou expérimentales) sont neutres. En effet, la minéralisation étant incluse dans une gangue carbonatée, les résidus contiennent environ 40 % de calcite qui, par dissolution, maintient des conditions neutres (effet tampon). Dans ce contexte, la majorité des métaux libérés en solution est piégée sous forme solide dans des minéraux secondaires à l'équilibre (Fig. 2). Il s'agit principalement des (oxy)hydroxydes de fer ($Fe(OH)_3$) et des carbonates ($ZnCO_3$, $PbCO_3$). Ainsi, parce que les résidus sont fortement carbonatés, le risque de contamination lié à l'érosion chimique est faible. On estime qu'il faudrait plusieurs milliers d'années pour oxyder la totalité des sulfures. Néanmoins, non consolidés, les résidus sont fortement érodables. L'érosion mécanique est ainsi le principal vecteur de la dispersion des métaux.

Les eaux de surface présentent de faibles concentrations en métaux (42 µg.l^{-1} Zn, 0,3 µg.l^{-1} Cd, 0,6 µg.l^{-1}Pb, phase < 0,2 µm) à l'exutoire. En revanche, les sédiments de fond sont fortement contaminés. En aval des résidus, leurs concentrations en Zn, Cd et Pb atteignent respectivement 11,5 g.kg^{-1}, 30 mg.kg^{-1} et 6,5 g.kg^{-1} (< 2 mm) et représentent un enrichissement d'un facteur 5, 4 et 13 par rapport à l'amont. Dans ce contexte carbonaté, les sédiments sont les vecteurs efficaces de la dispersion des métaux vers l'aval. À l'exutoire du bassin versant, le transfert des métaux a été étudié en conditions hydrologiques variées. En particulier, deux crues, contrastées par leur amplitude et leur durée, ont été suivies. Malgré leurs différences, les deux crues correspondent à une remobilisation des métaux à la fois dans la phase dissoute et dans la phase particulaire. Dans la phase particulaire, l'augmentation des flux de métaux résulte des augmentations du débit et de la charge en suspension, mais surtout de la remobilisation de particules contaminées.

FIGURE 2.

Principaux processus géochimiques et minéralogiques conduisant à "l'inertisation du système résidus de traitement".



Au cours d'une crue d'automne, d'une semaine seulement, le flux de Pb exporté est quatre fois plus important que le flux total de Pb annuel en périodes de récession. De même, le flux de Zn exporté représente un cinquième de la quantité totale transférée annuellement en périodes de récession. Ainsi, les crues sont des périodes efficaces de dispersion des métaux vers l'aval. Bien qu'elles soient limitées dans le temps, les crues contribuent significativement à la charge totale de métaux exportée annuellement, et par conséquent, doivent être considérées dans les études environnementales. ●

Références

■ Brunel C., Badreddine R., Munoz M., Probst A.
Geochemical and mineralogical study of Pb, Zn and Cd fate in flotation tailings: experimental approach and modeling.
International Symposium of Environmental Geochemistry (ISEG, Edinburgh, 2003).

■ Brunel C., Badreddine R., Munoz M., Probst A.
Impact des déchets miniers sur le milieu environnant : méthodologie d'évaluation et résultats.
First International symposium on the management of liquid and solid residues (Malisore, 2004).

■ Brunel C., Probst A., Munoz M., Badreddine R.
Dispersion of Pb and Zn from an orphan mining site - Importance of storm events.
Réunions des Sciences de la Terre (RST, Strasbourg, septembre 2004).

■ Brunel C., Munoz M., Probst A., Badreddine R.
Impact de l'activité minière sur les concentrations en Pb, Zn et Cd des sols du bassin versant amont du Lez (Ariège) - Rôle de ce compartiment dans le stockage et le transfert des métaux.
Journées Nationales d'Étude du Sol (JNES, Bordeaux, octobre 2004).

■ Brunel C., Probst A., Munoz M., Badreddine R.
Remobilisation of Zn, Pb and Cd on a small catchment contaminated by mining wastes during two contrasted rain events - impacts on the metal dispersion downstream. Soumis à Applied Geochemistry.