

Thèse soutenue le 24 mars 2005

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

Célia BRUNEL

Directeurs de Thèse : Marguerite MUNOZ et Anne PROBST, Laboratoire des Mécanismes de Transfert en Géologie - CNRS / Université Paul Sabatier TOULOUSE,

Correspondants INERIS : Rabia BADREDDINE et Hafid BAROUDI, Direction des Risques Chroniques, Déchets et sites Pollués

Anciens ou en activité, les sites miniers constituent des sources potentielles de contamination métallique. En particulier, les déchets miniers représentent un risque de contamination majeur pour les sols et les eaux de surface. Ils contiennent en effet des résidus de minerai, généralement des sulfures, instables dans les conditions de surface. Leur oxydation génère de l'acidité et libère des métaux en solution. Les études traitant de l'impact des activités minières sont nombreuses, réalisées dans différents compartiments (résidus, sols, cours d'eau) et selon différentes approches. Cependant, à l'échelle des sites miniers, les mécanismes de dispersion des métaux restent mal compris, notamment en milieu carbonaté. Dans ce contexte, cette étude vise à caractériser la contamination liée aux anciennes activités minières à l'échelle d'un bassin versant carbonaté et à identifier les principaux mécanismes géochimiques, minéralogiques et hydrochimiques qui contrôlent le transfert des métaux.

Cette étude est basée sur le site à Pb-Zn orphelin de Sentein. Jusqu'en 1953, les anciennes mines de Bentaillou étaient les secondes mines à Pb et Zn des Pyrénées. Sur le bassin versant amont du Lez (1000 - 2400 m), le minerai était extrait à partir d'une minéralisation à galène (PbS) et sphalérite ($Zn(1-x)Cd_xS$), associées dans une gangue carbonatée, elle-même encaissée dans une formation carbonatée. Le caractère carbonaté du site de Sentein le rend représentatif de la majorité des sites à Pb-Zn des Pyrénées.

A partir de la minéralisation, source primaire de contamination, l'activité minière a redistribué les métaux en plusieurs sources secondaires : résidus d'extraction et de traitement, sols et sédiments contaminés. A l'échelle du bassin versant amont, les résidus de flottation constituent la principale source de métaux à la fois en termes de stock de métaux (1300 t Pb, 3100 t Zn et 9 t Cd) et de réactivité. Malgré l'oxydation des sulfures, les eaux de drainage (naturelles ou expérimentales) des résidus sont neutres. Par dissolution, la calcite (environ 20 %) tamponne le pH. Dans ce contexte, la majorité des métaux libérés en solution est piégée sous forme de carbonates et d'(oxy)hydroxydes de fer secondaires. L'exportation des métaux sous forme dissoute est limitée. On estime, à partir du flux de sulfates, qu'il faudrait quelques dizaines de milliers d'années pour que l'oxydation des sulfures soit complète. Sur ce site, l'érosion mécanique est le mécanisme efficace de dispersion des métaux, les résidus étant non consolidés et déposés en terrils.

Bien qu'elles soient contaminées, les eaux du Lez présentent de faibles concentrations en métaux à l'exutoire du bassin. En revanche, les sédiments de fond sont fortement contaminés (6,5 g.kg⁻¹ Pb ; 11,5 g.kg⁻¹ Zn ; 30 mg.kg⁻¹ Cd). Parce qu'ils engendrent une remobilisation des métaux à la fois dans la phase dissoute (< 0,2 m) et la phase particulaire (matières en suspension) du Lez, les événements hydrologiques (crues) correspondent à des périodes préférentielles de transfert vers l'aval. Dans la phase particulaire, l'augmentation des flux de Pb, Zn et Cd résulte des augmentations du débit et de la charge en suspension, mais aussi et surtout de la remobilisation de particules à partir des sources les plus contaminées. Dans ce contexte carbonaté, Pb, Zn et Cd se comportent différemment : alors que Pb est majoritairement exporté sous forme particulaire (95 %), Zn et Cd sont principalement transférés sous forme dissoute (65 et 75 %, respectivement). A partir des flux de métaux estimés, la contribution du site minier de Sentein et des autres sites Pb-Zn au flux de métaux transportés par la Garonne est évaluée.