

MODÉLISATION THERMODYNAMIQUE DE LA DÉGRADATION DE DÉCHET : PRÉVISION DU DEVENIR A LONG TERME

M. Azaroual, P. Piantone, J. Barbier, Ph. Vieillard
BRGM - Université de Poitiers

Le stockage ou la banalisation de déchets contenant (cendres stabilisées, produits vitrifiés) pose le problème de la stabilité dans le temps des structures minérales assurant la stabilisation ou le piégeage des éléments toxiques. Ainsi, à ce jour, en France comme dans tous les pays européens, une réflexion ayant pour thème le devenir à long terme des résidus de l'incinération est en cours. Elle devrait aboutir à l'élaboration d'une batterie de tests (lixiviation, neutralisation acido-basique, soxhlet...) susceptibles de fournir les paramètres nécessaires à la prédiction de l'évolution chimique de produits soumis à des conditions physico-chimiques données. Malheureusement ce type de démarche, ne s'appuyant que sur la mesure de phénomènes immédiats, ne pourra apporter qu'une interprétation imparfaite quant au devenir à long terme. A travers la modélisation thermodynamique de la dégradation des déchets il est possible de proposer une démarche complémentaire à l'approche purement analytique. Les travaux présentés ici font état d'une démarche menée autour d'un vitrifiat de Refiom.

SYSTÈME MODÉLISÉ ET CONTRAINTES D'ENTRÉE

Le vitrifiat de Refiom pris pour cette modélisation était constitué de méllilite (89 %), de sphène (9 %), de spinelles (2 %), de mattes sulfurées (0,07 %), d'apatite (0,05 %) auxquels 0,01 % d'arsenic métallique ont été rajouté *a priori* pour tester la mobilité de cette espèce au cours du calcul. Les valeurs thermodynamiques nécessaires à l'établissement de la base d'entrée du calcul pour les minéraux ont été estimées à partir de données existantes dans la littérature par le biais de solutions solides ou à partir de modèles basés sur la cristalochimie des minéraux. La composition de l'eau initiale est celle d'une eau de pluie et les calculs ont été faits pour les conditions standards (25 °C et 1 bar de pression).

RÉSULTATS DE LA MODÉLISATION

Les résultats de la modélisation montrent que plusieurs minéraux peuvent précipiter et se succéder à différents stades de dégradation du vitrifiat. Pour des rapports soli-

de/eau faible la ferrite zincifère et l'oxyde de titane précipitent (pH ≈ 5.5)~ Ensuite avec l'augmentation du rapport solide/eau (pH ≈ 7-9) apparaîtront la pyromorphite, la fluorapatite, la goethite, la gismondite et le chrysotile alors que la ferrite zincifère disparaît. Enfin pour des pH de 10 à 12 apparaissent successivement la préhnite, les carbonates, l'oxyde de chrome et de zinc et la chalcocite alors que la pyromorphite et la gismondite disparaissent. Enfin pour des pH > 12 apparaissent l'hydroxylapatite et la portlandite.

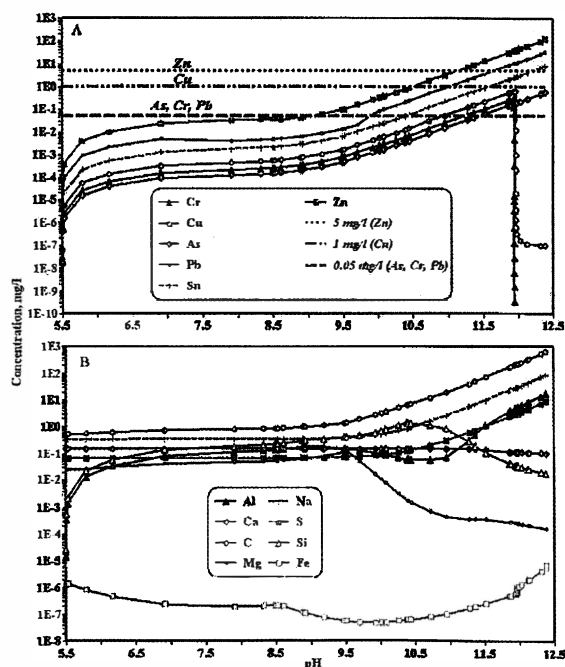


Figure 1 : Évolution des concentrations en phase aqueuse de différents métaux polluants en fonction de l'avancement de la réaction d'altération du vitrifiat de Refiom


La figure 1A représente l'évolution des concentrations en différents éléments chimiques en fonction de l'avancement de l'altération du vitrifiat. Zn, As, Cr et Pb ont tous des concentrations au-dessus de la limite de potabilité (LP) de l'eau. Cu

à une concentration légèrement au-dessus de LP. Au-delà des valeurs 12 (pH) et -3 (pe) les teneurs en Cu et Cr chutent brutalement à cause des précipitations de minéraux secondaires. En revanche, les concentrations en As, Pb et Zn restent supérieures aux LP de l'eau dans les conditions de l'état métastable et extrême du système. La figure 1B montre l'évolution des concentrations en phase aqueuse de 8 éléments chimiques du système. A part le carbone et le magnésium dont les concentrations finales ont baissé les concentrations de tous les autres éléments augmentent avec l'avancement de la réaction (augmentation du pH).

Finalement les concentrations en métaux (As, Sn, Cu, Pb, Cr) dans les eaux, n'atteignent des seuils de non potabilité que pour des pH > 10. Le cuivre fait exception à la règle, le seuil n'est jamais atteint car ce dernier est fortement contrôlé par la chalcocite et le chrome verra sa concentration très fortement réduite pour des pH > 12 lors de l'apparition de l'oxyde de chrome et de zinc.

CONCLUSION

Cette modélisation préliminaire montre la complexité des phénomènes intervenant lors de la dégradation d'un déchet. Elle permet de toucher du doigt le rôle que peut jouer un minéral dans le contrôle d'une concentration d'un élément dans l'eau (Cu, Cr). Elle montre également que par la détermination des chemins réactionnels il est possible de prévoir dans une certaine mesure la nature la plus probable du minéral apte à précipiter pour des conditions physico-chimiques données. L'extension de telles modélisations à des systèmes plus complexes, déchets-fluides-sols, faisant intervenir des bases de données plus complètes adaptées aux déchets, prenant en compte des modèles physico-chimiques plus élaborés (adsorption, sorption...) paraît nécessaire devant l'importance des enjeux concernant l'impact dans le temps d'un déchet sur l'environnement.



Rapprocher déchet et design peut paraître singulier. Pourtant, le déchet intervient comme mécanisme de rappel ; au-delà, il interpelle les designers, et plus largement les créateurs. De plus en plus, ils devront avoir une démarche prospective, anticipatrice, préventive, remettre en cause la conception des produits pour mieux tenir compte de l'après-usage et des préoccupations environnementales, qui constituent des valeurs d'avenir.

Et puis, une fois n'est pas assez. Réemploi, réutilisation, recyclage, boucles et cascades, les produits doivent devenir des re-produits, les créateurs des re-créateurs.

Enfin, le produit doit être efficace dans sa mission, ainsi que dans sa démission. Pour les déchets ultimes (à réduire autant que possible), leur concours peut là encore être précieux. Pour libérer l'avenir, le design doit investir le champ du déchet nous dit Gérard Bertolini, économiste, directeur de recherche au CNRS et spéculateur sur l'avenir des déchets.

Format 15,5*24 - 204 pages - 179 F TTC franco de port - (169,67 F HT - TVA 5,5 % : 9,33 F)

Société Alpine de Publications
7, chemin de Gordes - 38100 Grenoble
Tél. : 04 76 43 28 64 - Fax : 04 76 56 94 09 - E.et.T@wanadoo.fr