

Résumé

De nos jours, les industries cimentière et chaufournières, doivent faire face à des défis majeurs pour réduire drastiquement leurs émissions de CO_2 . Ces émissions résultent majoritairement de la décarbonatation du carbonate de calcium ; elles sont inhérentes au procédé et sont inévitables . Dans ce contexte, cette thèse propose et analyse une voie alternative de production d'hydroxyde de calcium reposant sur l'utilisation d'un réacteur électrochimique innovant qui utilise de l'électricité verte.

La technologie étudiée repose sur le couplage électrochimique de la dissolution du carbonate de calcium en milieu acide, générant un flux gazeux riche en dioxyde de carbone et en oxygène, avec la précipitation d'hydroxyde de calcium et la production d'hydrogène en milieu alcalin. Cette dissociation spatiale (dans les compartiments anodique et cathodique du réacteur) des fonctions réactionnelles permet de contourner les contraintes thermodynamiques des procédés conventionnels, tout en facilitant la gestion des flux réactionnels.

Un modèle multiphysique détaillé est ici développé afin de décrire de manière cohérente les phénomènes électrochimiques, les transferts de matière et les équilibres thermodynamiques en milieu électrolytique concentré. Le transport ionique est modélisé à l'aide d'une approche de type Nernst-Planck sous contrainte d'électroneutralité, intégrant diffusion, migration et convection. Les réactions chimiques, incluant la dissolution du carbonate de calcium et la précipitation de l'hydroxyde de calcium, sont couplées aux conditions opératoires du système.

Le modèle est validé à partir de données expérimentales issues de la littérature ainsi que de résultats obtenus en collaboration avec des partenaires universitaire et industriels. Il est ensuite exploité pour mener des études paramétriques permettant d'identifier l'influence des conditions opératoires (densité de courant, concentration électrolytique, hydrodynamique), des paramètres géométriques (distance inter-électrodes, épaisseur de membrane) et des propriétés physicochimiques sur les performances du procédé. Les résultats mettent en évidence des compromis structurants entre pertes ohmiques, limitations de transport, efficacité de séparation ionique et gestion des phases solides.

Enfin, la thèse aboutit à la conception préliminaire d'un réacteur pilote industriel de 15 kW permettant la mise en œuvre continue du procédé, dans des conditions visant à assurer la stabilité du réacteur électrochimique et à optimiser ses performances énergétiques.