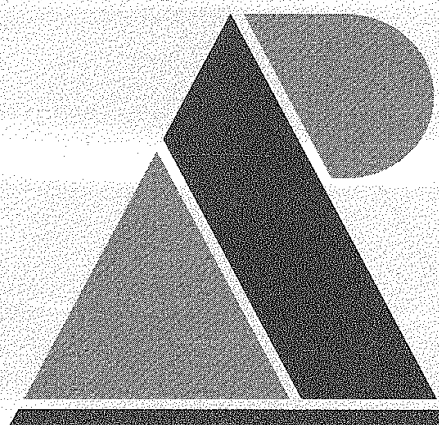


Patrick Duverneuil Bernard Fenouillet Christiane Chaffot

Récupération des métaux lourds dans les déchets et boues issues des traitements des effluents

État de l'art



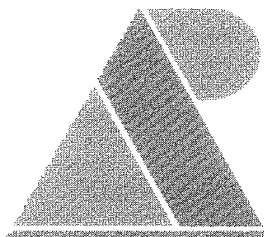
ASSOCIATION RE.CO.R.D.

lavoisier
TEC
&
DOC

2-628-189-2



2-628-189-1



ASSOCIATION RE.CO.R.D.

RÉCUPÉRATION DES MÉTAUX LOURDS DANS LES DÉCHETS ET BOUES ISSUES DES TRAITEMENTS DES EFFLUENTS

ÉTAT DE L'ART

Étude réalisée sous la direction et pour le compte de l'association RE.CO.R.D.

par

P. Duverneuil

Professeur à l'École Nationale Supérieure d'Ingénieurs
de Génie Chimique de Toulouse

B. Fenouillet

C. Chaffot

Ingénieurs

LONDRES



NEW YORK

PARIS

11, rue Lavoisier
F 75384 Paris cedex 08

Table des matières

Avant propos	VII
Synthèse de l'ouvrage	IX
Introduction	XVII
1. Techniques physiques de séparation des solides	1
1.1. Préparation mécanique des solides	2
1.2. Séparations mécaniques	2
1.2.1. Séparation de deux phases à l'aide de la force de pesanteur	2
1.2.1.1. Sédimentation	3
1.2.1.2. Séparateurs cycloniques	6
1.2.2. Classification	7
1.2.2.1. Granulométrie	8
1.2.2.2. Classification par liquide dense	8
1.2.2.3. Sédimentation différentielle	9
1.3. Séparations magnétiques	10
1.4. Séparations par induction magnétique	13
1.5. Flottation	14
1.5.1. Flottation classique	14
1.5.2. Flottation chimique	14
1.6. Application des techniques minières	17
2. Récupération des métaux à partir de liquides	21
2.1. Procédés de transfert liquide-solide	22
2.1.1. Précipitation	23
2.1.1.1. Précipitation aux hydroxydes	23
2.1.1.2. Précipitation aux carbonates	24
2.1.1.3. Précipitation aux sulfures	26
2.1.1.4. Techniques de précipitation récentes	28
2.1.2. Cémentation	31
2.1.3. Échange d'ions	31
2.1.3.1. Résines polymériques synthétiques	31
2.1.3.2. Xanthate d'amidon insoluble	34
2.1.3.3. Les celluloses greffées	34
2.1.3.4. Zéolites naturelles	35
2.1.4. Adsorption	35
2.1.4.1. Technologie DeVoe-Holbein	36
2.1.4.2. Charbons actifs	36
2.1.5. Electrolyse	37
2.2. Procédés de transfert liquide-liquide	40
2.2.1. Extraction par solvant	40
2.2.2. Membranes liquides	40
2.2.3. Application de l'extraction liquide-liquide sur des solutions industrielles	44
2.2.3.1. Récupération du zinc à partir des solutions de décapage	44
2.2.3.2. Extraction du zinc contenu dans les eaux résiduaires de l'industrie textile	44
2.2.3.3. Récupération du zinc cyanuré des bains de galvanoplastie	45
2.2.3.4. Récupération du cuivre des bains de galvanisation et de décapage	46
2.2.3.5. Récupération à partir des bains de nickelage	46
2.2.3.6. Récupération du chrome des bains de chromage	47
2.2.3.7. Récupération du mercure des effluents de production de chlore et de soude	47

2.2.4. Performances des procédés d'extraction liquide-liquide	47
2.3. Procédés de transfert membranaire	48
2.3.1. Filtration et microfiltration	48
2.3.2. Ultrafiltration	49
2.3.3. Filtration à l'échelle moléculaire	51
2.3.3.1. L'osmose inverse	51
2.3.3.2. Électrodialyse	52
2.3.3.3. Dialyse Donnan	53
2.4. Les procédés biologiques (Crine)	54
2.4.1. Biosorption	54
2.4.2. Accumulation intracellulaire	56
2.4.3. Accumulation exocellulaire	57
2.4.3.1. Précipitation biologique du phosphate	57
2.4.3.2. Sulfato-réduction biologique	58
2.4.4. Mise en œuvre des traitements biologiques	58
2.4.4.1. Boues activées	59
2.4.4.2. Digestion anaérobie ou méthanisation	59
2.4.4.3. Biodégradation par les algues	60
2.4.4.4. Prétraitements et traitements de finition	61
2.4.4.5. Applications des traitements biologiques	61
3. Traitements thermiques	63
3.1. Incinération	64
3.1.1. Exploitation et performances des incinérateurs	65
3.1.2. Incinération des ordures ménagères	65
3.2. Pyrométallurgie	66
3.3. Évaporation	68
3.3.1. Pompe à chaleur	69
3.3.2. Compression mécanique de vapeur	69
3.4. Cristallisation	70
4. Traitement des effluents gazeux	73
4.1. Procédés humides	73
4.2. Procédés secs	75
5. Récupération de métaux à partir de déchets multimétaux	77
5.1. Lixiviation	78
5.1.1. Lixiviation des boues d'hydroxydes	81
5.1.1.1. Amax Extractive Res. & Dev. Inc. (Turner)	81
5.1.1.2. Lixiviation par une solution de carbonate d'ammonium	81
5.1.2. Traitement des boues de sulfate de zinc	82
5.1.2.1. Procédé développé par American Enka Co	82
5.1.2.2. Procédé FMC Corp. (fibres de rayone)	82
5.1.3. Traitement de solides broyés contenant du plomb	83
5.1.4. Viabilité et développement de ces procédés	83
5.2. Procédés de traitement des boues d'hydroxydes	83
5.2.1. Procédé du Montana College	83
5.2.2. Programme öFZS	84
5.2.3. Procédé développé par Bend Research	85
5.2.4. Procédé Recontek	86
5.2.5. Évaluation économique des procédés de lixiviation	88
5.3. Élimination des métaux des boues urbaines	90
5.4. Décontamination des boues de hauts-fourneaux	91
5.5. Poussières d'aciéries	92
5.5.1. Nature des poussières	92
5.5.2. Traitements industriels de recyclage des poussières	93
5.5.2.1. Aciers au carbone	93
5.5.2.2. Aciers alliés et inoxydables	95
5.5.3. Autres procédés	95
5.6. Récupération des métaux à partir des catalyseurs usagés	98
5.7. Traitement des résidus d'usinage	100
Conclusion générale	101
Bibliographie	105

Cet ouvrage dresse un panorama complet des techniques de récupération des métaux lourds dans les déchets (liquides, solides ou pâteux) et les boues (minérales, organiques ou biologiques) issues des traitements des effluents. Il regroupe les techniques minières de séparation des solides, les procédés de transfert (liquide-solide, liquide-liquide, membranaires et biologiques), les traitements thermiques et les techniques d'épuration des gaz et des fumées. Caractérisé par une présentation accessible de ces techniques, il s'appuie sur les travaux de recherche les plus récents.

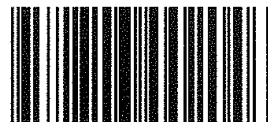
Réalisée sous la direction et pour le compte de l'association Record*, cette étude est le fruit des travaux menés depuis plusieurs années par l'équipe de recherche à laquelle appartiennent les auteurs :

- Patrick Duverneuil, ingénieur et professeur Ensigc* ;
- Bernard Fenouillet, doctorat 3^e cycle et ingénieur de recherche Ensigc ;
- Christiane Chaffot, ingénieur ENSC Rennes, ingénieur au laboratoire Lara (Toulouse).

* Record : Réseau coopératif de recherche sur les déchets.

Ensigc : École nationale supérieure d'ingénieurs de génie chimique de Toulouse.

2-7430-0204-2



9782743002046

