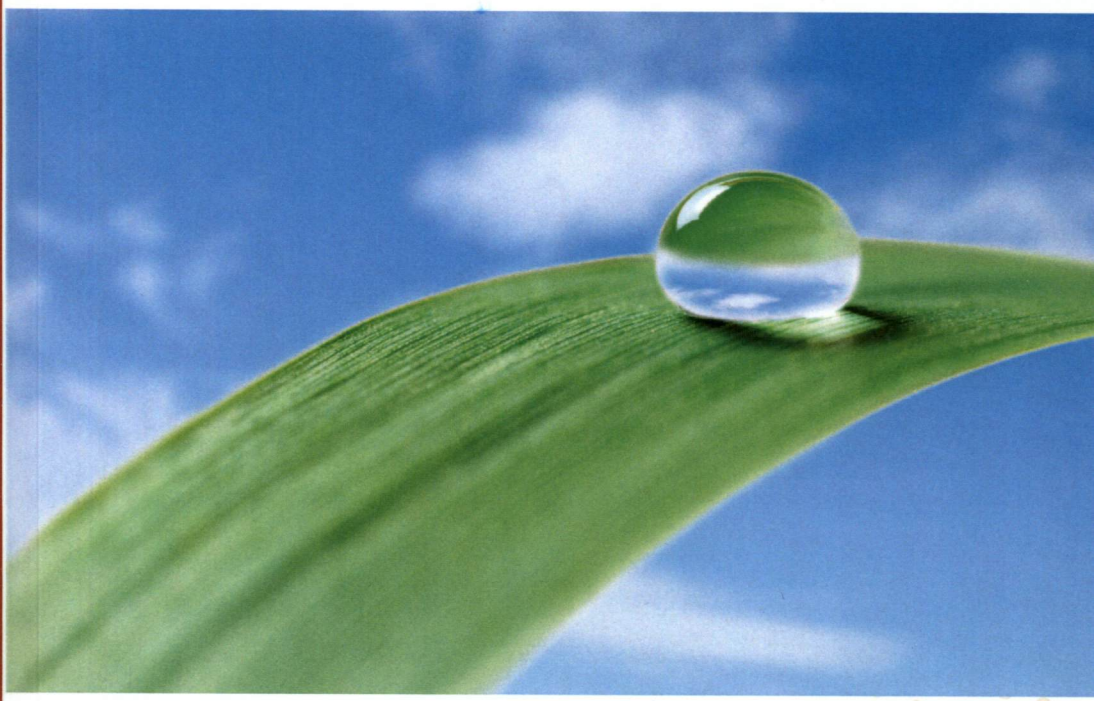
ÉDITIONS
UNIVERSITAIRES
EUROPÉENNES



Henriette Zangue Adjia
Frédéric Villieras
Richard Kamga

Dépollution des eaux usées par les argiles alluviales

جامعة أمحمد بوقرة - بومرداس
المكتبة الجامعية
Université M'hamed Bougara - Boumerdes

Henriette Zangue Adjia
Frédéric Villieras
Richard Kamga

Dépollution des eaux usées par les argiles alluviales

جامعة أمحمد بوقرة - بومرداس
Université M'hamed Bougara - Boumerdes
المكتبة الجامعية
رقم الجرد: 0115801

جامعة أمحمد بوقرة - بومرداس
Université M'Hamed Bougueira - BOUMERDES
المكتبة الجامعية
رقم: 628.31/ADJ

Éditions universitaires européennes

Dédicace 1
Remerciements 2
Table des matières 9
Liste des abréviations 15
Liste des figures 16
Liste des photos 19
Liste des tableaux 20
Introduction générale **23**
CHAPITRE 1 : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE **28**
1.1 Pollution des eaux 28
1.1.1 Généralités sur la pollution des eaux 28
1.1.2 Pollution industrielle 31
1.1.2.1 Textile / Teinture 33
1.1.2.1.1 Colorants 34
1.1.2.1.2 Caractéristiques des effluents d'industries textiles 35
1.1.2.2 Tanneries 37
1.1.3 Pollution agricole 41
1.1.4 Pollution des ménages 42
1.1.5 Pollution des eaux en Afrique 43
1.1.5.1 Contexte général 43
1.1.5.2 Contexte Camerounais 44
1.2 Métaux lourds : Origines et Conséquences **47**
1.2.1 Définition des métaux lourds 47
1.2.2 Sources de contamination 51
1.2.2.1 Sources naturelles 51
1.2.2.2 Sources anthropogènes 52
1.2.3 Bioaccumulation des métaux lourds 52
1.2.4 Impacts des métaux lourds sur la santé 53

1.2.5 Quelques exemples des métaux lourds 57
1.2.5.1 Mercure 57
1.2.5.2 Plomb 60
1.2.5.3 Chrome 62
1.2.5.4 Cuivre 64
1.3 Procédés de dépollution des eaux 67
1.3.1 Généralités 67
1.3.2 Différentes méthodes de dépollution 69
1.3.2.1 Méthodes d'oxydations 69
1.3.2.2 Méthodes microbiologiques 71
1.3.2.3 Méthodes physicochimiques 73
1.4 Argiles et leurs utilisations 82
1.4.1 Minéralogie, structure et propriétés chimiques des argiles 82
1.4.1.1 Minéralogie et cristallochimie des argiles 82
1.4.1.2 Types structuraux et classification des argiles 84
1.4.1.3 Espaces interfoliaires et capacité d'échange cationique 87
(CEC)
1.4.2 Organisation texturale des matériaux argileux 91
1.4.2.1 Organisation de la phase solide 92
1.4.2.2 Empilements 94
1.4.3 Organisation des espaces poreux 97
1.4.4 Différents types d'eau 98
1.4.5 Effet des contraintes sur la texture 99
1.4.6 Hydratation des matériaux argileux 99
1.4.6.1 Hydratation interfoliaire, gonflement et dispersion des 100
feuillets
1.4.6.2 Rôle des cations échangeables 102
1.4.7 Propriétés macroscopiques 103
1.4.7.1 Classement des matériaux argileux selon les propriétés 103
macroscopiques

1.4.7.2 Phénomènes de transfert dans les argiles 105
1.4.8 Rétention des métaux lourds par les argiles 106
1.4.8.1 Affinité des métaux lourds 107
1.4.8.2 Modèles de représentation par isotherme d'adsorption 109
1.4.8.3 Modèle d'échange ionique: aperçu général 113
1.4.8.4 Modèle de complexation de surface 115
1.4.9 Modification des argiles : préparation et application 117
1.4.9.1 Traitement chimique et thermique 117
1.4.9.2 Frittage des argiles 119
1.4.9.2.1 Définition 119
1.4.9.2.2 Comportement d'une argile à la cuisson 120
1.4.10 Application industrielle des argiles 122
CHAPITRE 2 : MATERIEL ET METHODES 125
2.1 Argiles: Echantillonnage, Fractionnement et Activation acide 125
2.1.1 Echantillonnage 125
2.1.2 Fractionnement 130
2.1.2. 1 Fraction 2µm 132
2.1.2. 2 Fraction 50µm et fraction 200µm 133
2.1.3 Activation acide 134
2.2 Technique de fabrication des boulettes 135
2.2.1 Méthodes de formulation des **boulettes** 135
2.2.2 Caractérisation des **boulettes** 137
2.2.3 Tenue des **boulettes** dans la solution à dépolluer 138
2.3 Analyse des propriétés structurales, superficielles et morphologiques 139
2.3.1 Diffraction des rayons X 139
2.3.1.1 Principe de la diffraction des rayons X 139
2.3.1.2 Conditions expérimentales 140
2.3.2 Spectroscopie infrarouge 142
2.3.2.1 Principe de la Spectroscopie infrarouge 142

2.3.2.2 Conditions expérimentales 142
2.3.3 Analyses thermiques 143
2.3.4 Analyses chimiques élémentaires 145
2.3.5 Mesure de la capacité d'échange cationique 146
2.3.6 Microscopies électroniques 148
2.3.6.1 Microscopie électronique à balayage 148
2.3.6.2 Microscopie électronique à transmission 150
2.3.7 Granulométrique 150
2.3.7.1 Principe de mesure 151
2.3.7.2 Conditions expérimentales 152
2.3.8 Mesures électrocinétiques 153
2.3.8.1 Principe de la mesure du potentiel zêta 155
2.3.8.2 Conditions expérimentales 155
2.4 Analyse des propriétés texturales 159
2.4.1 Evaluation de la surface spécifique 159
2.4.2 Techniques expérimentales 167
2.5. Méthode d'étude de l'adsorption des cations métalliques 168
2.5.1 Expérience d'adsorption 168
2.5.2 Méthodes d'analyses des cations 173

CHAPITRE 3 : MINERALOGIE ET PROPRIETES PHYSICOCHIMIQUES D'UNE ARGILE ALLUVIALE DE L'EXTRÊME-NORD CAMEROUN 175

3.1 Granulométrie 175
3.2 Distribution en masse des fractions 177
3.3 Dissolution de l'attaque acide 178
3.4. Minéralogie de l'argile alluviale 179
3.5 Phases superficielles 182
3.6 Morphologie et structure des phases 186
3.7 Evolution aux chauffages thermiques 190

3.8 Composition chimique 192
3.9 Capacité d'échange cationique (CEC) 196
3.10 Mobilité électrophorétique 197
3.11 Propriétés texturales 199
3.12 Analyse minéralogique quantitative 202
3.13 Conclusion partielle 207
CHAPITRE 4 : ADSORPTION DES METAUX LOURDS PAR LES ARGILES ALLUVIALES 209
4.1 Cinétique d'adsorption des métaux lourds 209
4.2 Isothermes d'adsorption des métaux lourds 210
4.3 Effet de la température et du pH sur l'adsorption des cations métalliques 213
4.4 Influence de l'activation acide sur l'adsorption des cations métalliques 215
4.5 Co-adsorption des métaux lourds 219
4.6 Modélisation des isothermes 220
4.7 Interprétations et discussion 221
CHAPITRE 5: ADSORPTION DES METAUX LOURDS PAR LES BOULETTES D'ARGILES ALLUVIALES 225
5.1 Caractérisation des boulettes d'argile 225
5.1.1 Diffractogrammes X des boulettes d'argile naturelle 225
5.2 Suivi de la perte de masse au cours de la cuisson 227
5.3 Stabilité de boulettes frittées 230
5.4 Capacité d'adsorption des métaux lourds par les boulettes d'argile naturelle 238
5.4 1 Cuivre 238
5.4 2 Plomb 239
5.4 3 Chrome 240
5.4 4 Etude comparative de capacité d'adsorption entre les boulettes non broyées et les boulettes broyées 241

5.5 Interprétations des résultats 242

CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES **246**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES **250**

Annexe 1.1 : normes camerounaises métaux lourds (la loi n° 96/12 du 05 août 1996) **285**

Annexe 1.2 Mécanismes de biodégradation de colorants azoïques sulfoniques par P chrysosporium et S chomofuscus (Goszczynski et al., 1995) **296**

Annexe 1.3: Comparaison des méthodes d'adsorption **297**

Annexe 1.4: Caractéristiques de quelques métaux lourds **298**

Annexe 1.5: Principaux critères permettant de distinguer l'adsorption physique de l'adsorption chimique (Sarrazin et al., 2000) **298**

Annexe 1.6: Etablissement de l'équation du modèle de Langmuir en considérant une adsorption solide-gazeuse **299**

Annexe 1.7: Différents types d'isothermes (Lowell., 1979) **300**

Annexe 1.8 : Schéma illustrant la mobilité des métaux lourds (D'après Shallari, 1997) **301**

Annexe 1.9 : Liaisons du mercure et dérivés mercureux et mercuriques (Picot, 2002) **302**

Annexe 2.1 : Localisation lieu d'échantillonnage **303**

Annexe 2.2 : four tubulaire monobloc de marque Carbolite **304**

Annexe 3.1 : Pourcentages atomiques des éléments obtenus des analyses EDS couplés au MET (a) A02 & b)A02A) **304**

Annexe 5.1 : Photo Intérieur d'une boulette d'argile naturelle cuit à 600°C **306**

RESUME **307**

ABSTRACT **308**